

- Climat :
un témoin objectif
du réchauffement

- Le brevet
de pilote
à 15 ans !

QUAND LES ASTROLOGUES REDESSINENT LE CIEL



M 2578 - 887 - 20,00 F



Gillette® Sensor®



***Le seul rasoir capable de sentir chaque nuance
de votre visage et de s'y adapter automatiquement.***

Gillette Sensor : pour chaque homme, l'assurance d'un rasage personnalisé.

Ses deux lames 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.



La technologie est partout : découvrez-la dans

les stries et l'équilibre du manche, dans le système simplifié de recharge des lames et dans la praticité du kit de rasage.

Même le rincage est facilité. Les nouvelles lames sont deux fois plus étroites que celles présentes sur le marché : l'eau circule librement entre elles.

Rincage et nettoyage se font en un tour de main.



Toutes les innovations technologiques de Sensor s'associent pour vous donner un rasage personnalisé. Le plus précis, le plus doux, le plus sûr et le plus agréable des rasages... un rasage à la perfection.



Gillette

La Perfection au Masculin™

SCIENCE & VIE

• DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : PAUL DUPUY
Directeur général : JEAN-PIERRE BEAUVLET
Directeur général adjoint : FRANÇOIS FAHYS
Directeur financier : JACQUES BEHAR
Directeur commercial publicité : PATRICIA BRAULT
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 : FRANÇOISE SERGENT,
NADINE RAGUET
Rédacteurs : MICHEL EBERHARDT, RENAUD DE LA TAILLE,
ALEXANDRE DOROZYNSKI, PIERRE ROSSION, JACQUES
MARSAUT, PIERRE COURBIER, CHRISTINE MERCIER,
JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR, MARIE-LAURE MOINET,
ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER, DIDIER DUBRANA,
HENRI-PIERRE PENEL, MARC MENNESSIER
Secrétaires : MARIE-ANNE GUFRAY, PAULE DARCONNAT

• ILLUSTRATION

ANNE LÉVY

Photographe : MILTON TOSCAS

• DOCUMENTATION

EMMANUELLE BILLON-BERNHEIM

• CONCEPTION GRAPHIQUE

TOTEMA, ANTONIO BELLAVITA

• MAQUETTE

CHRISTINE VAN DAEL,
LIONEL CROOSEN

• RELATIONS EXTÉRIEURES

MICHELE HILLING

Assistée de : NATHALIE HAPILLON

Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.
Capital social : 11 100 000 F - durée : 99 ans
1 rue du Colonel Pierre-Avia - 75503 Paris Cedex 15
Tél. (1) 46 48 48 48 - FAX : (1) 46 48 48 67
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS
Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY,
PAUL DUPUY

• SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements : PATRICK-ALEXANDRE SARRADEIL
Assisté de BRIGITTE CROUZAT
Vente au numéro : JEAN-CHARLES GUEREAULT
Assisté de : MARIE CRIBIER
téléphone vert : 05 43 42 08 réservé aux dépositaires
Belgique : A.M.P. 1 rue de la Petite-Isle 10.70 Bruxelles

• CORRESPONDANTS

New York : SHEILA KRAFT, PO Box 1860 - Hemlock Farms -
Hawley PA 18428 - USA
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) 44 35 12 08
Directeur de la publicité : RICHARD TZIPINE-BERGER
Chef de publicité : KARINE PARENT

• A NOS LECTEURS

Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT
Commande de reliures et d'anciens numéros :
CHANTAL POIRIER - Tél. (1) 46 48 47 18
Relations abonnés : Service Abonnements 1 rue du Colonel Pierre-Avia
75503 Paris Cedex 15-Tél. (1) 46 48 47 08 (de 9h à 12h)

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoiez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Chaque abonnement d'abonné : veuillez joindre à votre correspondance 2,30 F en timbres-poste français complément à votre correspondance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

LES MANUSCRITS NON INSÉRÉS NE SONT PAS RENDUS
COPYRIGHT 1989 SCIENCE & VIE



BVP



BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner à SCIENCE & VIE

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

OUI, je souhaite m'abonner à SCIENCE & VIE

CHEE 1 AN + 4 hors série : 16 N°
272 F au lieu de 340 F*

CHEF 2 ANS + 8 hors série : 32 N°
500 F au lieu de 680 F*

CHEB 1 AN/12 N° : 200 F au lieu de 240 F*

CHEC 2 ANS/24 N° : 380 F au lieu de 480 F*

Cochez la case de votre choix - *Prix de vente au N°

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

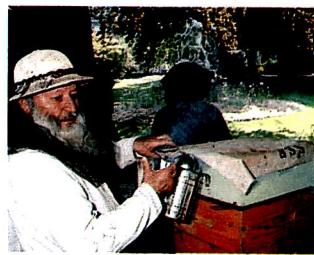
Code Postal _____ Ville _____

Ci-joint mon règlement à l'ordre de SCIENCE & VIE-BRED
OFFRE RESERVÉE À LA FRANCE METROPOLITAINE VALABLE JUSQU'AU 31/12/91
RC PARIS B 572 134 773

S&V 887



L'ULM réinvente l'aviation de l'époque héroïque et fait redécouvrir le plaisir de voler. Un brevet (dès l'âge de 15 ans) coûte 7 000 F. p. 72



Les abeilles parisiennes sont plus heureuses que leurs sœurs campagnardes, elles "butinent" moins d'insecticide et font un miel excellent.

p. 40

Un divorce mortel. Au-dessus de 30°C, le corail "divorce" d'avec sa très vieille compagne, une algue microscopique, l'expulse de ses tissus et meurt. Le drame vient d'être observé dans plusieurs mers du monde, preuve sans doute que la Terre se réchauffe.

p. 30



S

O

M

M

A

SAVOIR

Forum

La relativité générale au bord du gouffre ?

Jean-François Robredo

4

Echos de la recherche
Dirigés par Gerald Messadié

55

L'astrologie déguisée en astronomie

Michel Rouzé

18

Les volcans d'Auvergne peuvent-ils se réveiller ?

Roger Bellone

24

Le corail témoigne : la terre se réchauffe

Bernard Salvat

30

La fin du mérou ?

Patrice Francour

34

Le sous-gelé ressuscité

Pierre Lambert

38

Les abeilles ne se plaignent pas de Paris !

Jacques Marsault

40

Les oiseaux migrateurs voyagent à l'aide de cartes génétiques

Pierre Rossion

46

Un test pour détecter les femmes-hommes

François Boissier

50

POUVOIR

La nanotechnologie

Michel Barba

62

L'ULM réinvente le plaisir de voler

Germain Chambost

72

Winkel enlève les Vingt-Quatre Heures du Mans

Renaud de La Taille

80

L'auto n'ira plus au cimetière

Didier Dubrana

86

Sous les déchets, la plage

Didier Dubrana

88

Le carburant en grain

Marc Mennessier

90

Un coup d'épée dans l'eau

Jacqueline Denis-Lempereur

94

Les échos de l'industrie

Dirigés par Gérard Morice

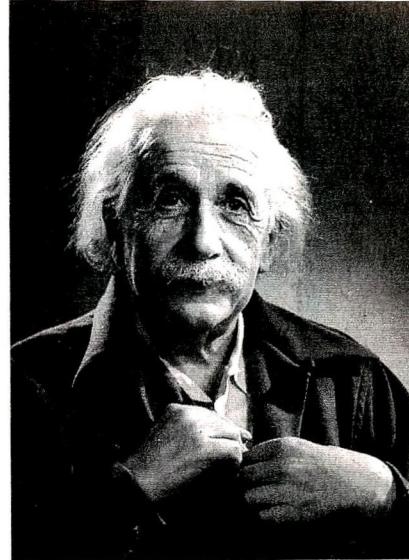
105

Des marchés à saisir

110



Pas de bielles, pas de pistons, pas de soupapes, voici le moteur qui vient de gagner les Vingt-Quatre Heures du Mans. Avant d'être japonais, il était européen. p. 80



I R E

UTILISER

Chiens de garde électroniques sans collier

Henri-Pierre Penel 112

Six pistes numériques pour le septième art

Henri-Pierre Penel 114

Pétrole : des embauches au compte-gouttes

Hervé Lhuissier 118

Science & Jeux

Yves Delaive, Renaud de La Taille et Henri-Pierre Penel 122

Science & Vie a lu pour vous

136

Echos de la vie pratique

Dirigés par Roger Bellone 140

Encart abonnement *Science & Vie*, entre la deuxième de couverture et la page 1. Diffusion : vente au numéro France métropolitaine.

Il y aurait un os dans la relativité générale du grand Albert. Oppenheimer l'avait vu et mis pudiquement de côté sous le nom de "singularité". Mais l'ordinateur le ressort aujourd'hui comme une objection majeure. p. 12

Femelle d'abord, mâle ensuite, le mérou, habitant mythique et casanier des grottes sous-marines méditerranéennes, disparaît maintenant à la vue des plongeurs. Loge-t-il plus bas ? A-t-il été massacré par les chasseurs ? p. 34



FORUM

Force centrifuge : nos lecteurs ont du talent

Notre forum de juin relatif à la force centrifuge ("M. Centrifuge existe et il est bien portant") nous a valu un nombreux courrier. Plusieurs lecteurs ont émis des critiques pertinentes. Le forum ne se prête pas, par vocation, à des exposés scientifiques approfondis, mais notre commentaire était, il est vrai, quelque peu expéditif. Toutefois, de là à dire que la force centrifuge n'est qu'un fantôme, il y a un pas que les plus avisés se sont gardés de franchir. Reprenons donc le débat.

A l'origine, M. O. S., de Strasbourg, écrivait : « Lorsque je lis que la Lune est maintenue en cercle grâce à la force centrifuge qui équilibre la force d'attraction de la Terre, je ne suis pas d'accord... la force centrifuge n'existe pas. » A quoi nous avions répondu : "... mais si, la force centrifuge existe, et c'est bien elle qui compense l'attraction gravifique... elle est la réaction exercée par un corps mobile à toute action qui

tend à lui faire quitter la ligne droite."

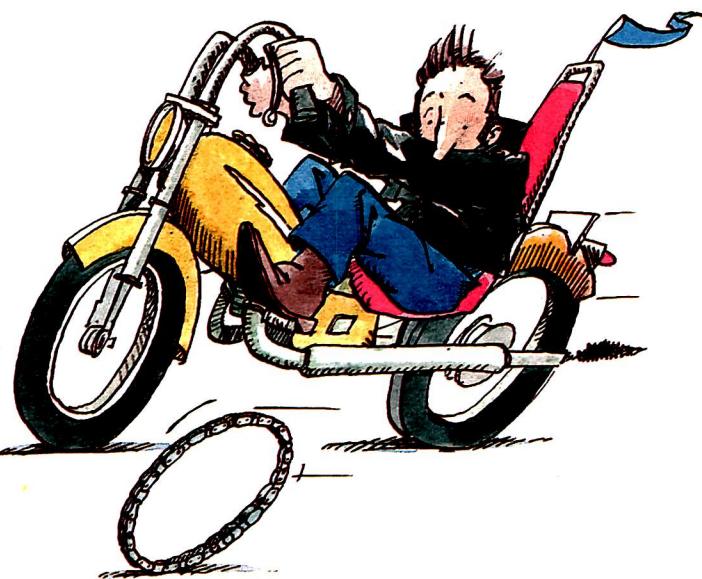
De fait, on peut se passer de la force centrifuge pour expliquer le mouvement des planètes, et il est vrai qu'il ne s'agit pas d'une force réelle comme l'attraction d'un aimant ou la tension d'un ressort. Tout dépend du point de vue auquel on se place, comme l'a bien relevé M. D., de Seysses : « Il me semble que le mot clef n'a été écrit ni par l'un ni par l'autre, à savoir : référentiel. Tout dépend du référentiel choisi ; la relation fondamentale de la dynamique s'applique dans un référentiel galiléen (par définition). La force centrifuge est une force d'inertie (force d'inertie centrifuge) ; les forces d'inertie n'interviennent jamais dans un référentiel galiléen et M. Centrifuge n'y existe donc pas. La relation fondamentale de la dynamique peut s'appliquer dans un référentiel non galiléen à condition d'ajouter les forces d'inertie aux

forces agissant sur le système ; alors M. Centrifuge existe. »

Rappel auquel nous souscrivons. Même remarque de la part de M. N., de Bayonne : « La notion de force centrifuge dépend du référentiel dans lequel on se place, et c'est d'ailleurs une des premières choses que l'on apprend dans un cours de physique. Ainsi, pour un observateur lié au référentiel géocentrique supposé galiléen, cette force centrifuge n'existe pas ; la Lune décrit un cercle uniquement sous l'action de la force gravifique. Il suffit pour s'en convaincre d'écrire le principe fondamental de la dynamique dans lequel on relève l'effet (le mouvement circulaire) à la cause qui le produit (l'attraction gravifique). Par contre, pour un observateur lié à la Lune, celle-ci est immobile ; cela signifie que dans ce référentiel la somme des forces s'exerçant sur la Lune est nulle (elle n'est ni attirée ni repoussée par la Terre). Il existe alors une force, dite centrifuge, qui compense la force d'attraction due à la Terre dans ce référentiel non galiléen.

» Ainsi, le même système peut être décrit de deux façons différentes selon le système de référence dans lequel on se place, et il est faux de dire que la force centrifuge existe ou n'existe pas car cette notion dépend du référentiel lié à l'observateur. »

Nous avions, en effet, omis de mentionner que tout mouvement ne peut être décrit que par rapport à un système de référence qui doit être clairement défini. Mais, même en ce cas, la force centrifuge reste une notion difficile, comme le fait remarquer M. S.-S., professeur de physique au lycée de Montmorency : « Votre lecteur de Strasbourg n'est pas loin de tenir un discours très satisfaisant ; la réponse que vous lui faites est fort maladroite. En effet, dans le cadre de la mécanique newtonienne, il y a deux sortes de forces : les forces physiques (dont votre lecteur dirait qu'elles existent), et les forces d'inertie ou de repère (dont il dirait qu'elles n'existent pas). De plus il y a deux catégories de référentiels, ceux qui sont galiléens (on disait anciennement que c'étaient des systèmes d'inertie) et ceux



qui ne le sont pas.

» Dans un référentiel galiléen (et pour étudier le mouvement de la Lune le référentiel géocentrique est galiléen en première approximation), seules les forces physiques sont à considérer quand on écrit l'équation $\Sigma F = m.a$ (Force = masse x accélération). Donc, pour la Lune observée depuis la Terre, pas de force centrifuge.

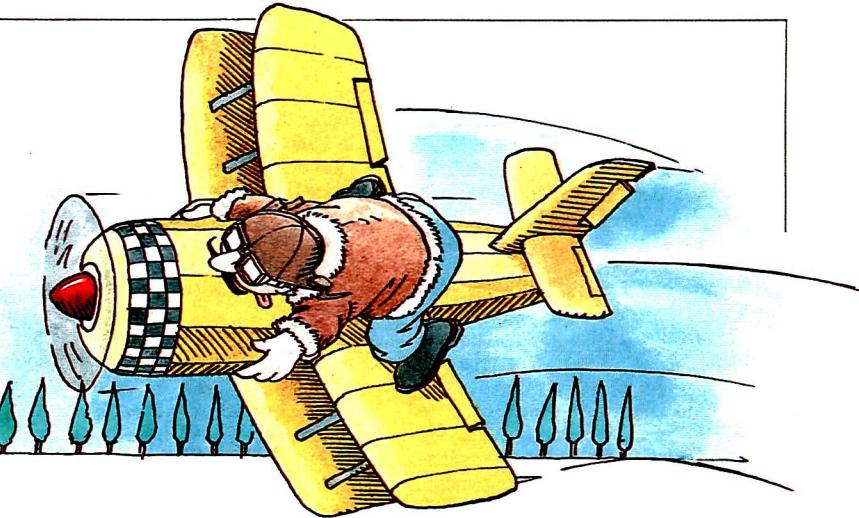
» Dans un référentiel non galiléen, si l'on veut encore écrire $\Sigma F = m.a$, il faut ajouter aux forces physiques d'autres forces, dites d'inertie, liées au mouvement du référentiel non galiléen par rapport à un autre qui le serait. Si le référentiel non galiléen tourne par rapport à celui qui l'est, il y aura à introduire (parmi d'autres forces d'inertie) la force centrifuge.

» Pour l'étude du mouvement de la Lune, il s'agirait de se placer dans un référentiel lié à la Lune et, faisant le bilan des forces qu'elle subit, d'expliquer son immobilité dans ce repère par l'équilibre établi entre la force de gravitation et la force centrifuge. On voit comme il est difficile de parler simplement (et brièvement) de la force centrifuge et des forces d'inertie comme vous espérez pouvoir le faire sans refaire un cours à chaque paragraphe. »

M. B., d'Evenos, s'est intéressé au problème du passager d'une voiture en virage, également cité par notre lecteur de Strasbourg : « Analysons les phénomènes qui se produisent en entrant dans un virage à droite, d'abord avec le point de vue d'un observateur lié à la route (référentiel absolu), ensuite avec le point de vue du passager dans un référentiel lié au véhicule (référentiel relatif).

» Lorsque le véhicule aborde le virage, le passager reste sur sa trajectoire rectiligne tandis que le véhicule tourne ; la paroi gauche du véhicule se rapproche du passager et finit par venir heurter son épaule gauche. A ce moment la situation change : la paroi pousse le passager et exerce sur lui une force centripète (dirigée vers le centre du virage).

» Le passager qui rapporte ses observations à un référentiel lié au véhicule (référentiel accéléré



dans le virage) constate qu'il se met en mouvement vers la paroi gauche du véhicule ; s'il croit, à tort, pouvoir appliquer les lois de la mécanique dans son référentiel, il conclut à l'existence d'une force centrifuge dirigée vers l'extérieur de la courbe.

» Quand le passager est contre la paroi, il devient immobile relativement au véhicule ; il écrit donc que la résultante des forces exercées sur lui est nulle. Or, ces forces sont la force centrifuge et la réaction de la paroi ; par des expériences à l'intérieur du véhicule, le passager constatera que la force centrifuge, bien que fictive, est mesurable. »

Même observation de MM. A. B., du Beausset, et J. B., de Rouen, qui a enseigné en "math-spe" pendant

27 ans : « C'est un thème courant des vulgarisations mécaniques que d'invoquer la force centrifuge ; en fait, c'est toujours une force fictive, c'est-à-dire ne résultant pas de l'action d'autres corps. L'emploi de cette notion se fait surtout dans deux cas ; dans le premier, elle est parfaitement inutile, je dirai même nuisible ; dans le second, c'est une façon de parler commode.

» Dans le mouvement d'un point matériel (ici le centre de gravité de la Lune) il s'agit du premier cas... A partir de la loi fondamentale de la dynamique $F = m.a$ et des conditions initiales (position et vitesse à un instant donné) on déduit, par un calcul mathématique qu'il est impossible de vulgariser, que sous l'action d'une force attractive inversement proportionnelle au carré de la distance le point matériel décrira une conique.

» La force centrifuge n'a rien à voir là dedans ; mais, comme on ne peut l'expliquer en langage courant, on écrit l'équation $F - m.a = 0$ et l'on dit que la force centrifuge $-m.a$ équilibre la force d'attraction. C'est une entourlouette qui serait, à mon avis, avantageusement remplacée par l'explication qui précède.

» Le deuxième cas correspond à celui des mouvements relatifs où un repère dit variable est en mouvement par rapport à un repère dit absolu... La loi fondamentale $F = m.a$ apparaît vraie avec les accélérations relatives à condition d'ajouter deux forces fictives : la force centrifuge d'en-



trainement et la force centrifuge de Coriolis.

Cette mise au point est parfaitement nette. D'autres lecteurs, plus vagues et quelque peu expéditifs, eux aussi, nous avaient écrit, tels M. J. T., de Castelculier, que la force centrifuge n'est qu'un "fantôme" qui n'a jamais vécu, et une « *affabulation qu'aucun ouvrage de mécanique ne mentionne plus au XX^e siècle* ». Un professeur, M. J.-C. P., de Châlons-sur-Saône, citait des ouvrages attestant du fait que la force centrifuge est une pseudo-force et une commodité de raisonnement. Puis il se laissait aller au découragement : « *Je me vois dans la pénible obligation de penser que mes maîtres étaient de siéfés idiots et que j'ai moi-même trompé d'innombrables potaches, ainsi que doivent l'avoir fait la plupart de mes pauvres collègues et les auteurs de manuels.* » Nous voulons espérer que les précisions qui précédent l'auront rassuré.

Il s'en faut, cependant, que tous les manuels concordent, et que M. M. F., de Lyon, par exemple, ait bien raison quand il dit qu' « *En aucun cas, dans un cours de physique, on n'entend prononcer les termes de force centrifuge.* » C'est aller vite. Nous avons ainsi consulté le cours de mécanique physique de Fleury et Mathieu, publié en 1953, ce qui n'est pas si vieux, et y avons trouvé au chapitre 11 « Rotations, force centrifuge, moments d'inertie », non seulement les précisions en question, mais les lignes suivantes : « Les allongements des attaches considérées ici (celles retenant une masse en rotation) sont ceux que produirait une force F dite force centrifuge. D'une façon générale, les efforts auxquels est soumis un corps en rotation sont ceux qu'il subirait au repos de la part des forces centripètes (réelles) et de forces opposées ayant la grandeur des vecteurs forces d'inertie. C'est ce qu'on exprime en disant que le corps tend à s'écartier de l'axe de rotation sous l'action de la force centrifuge, et qu'il est retenu par la force centripète ».

Arrêtons aussi certains lecteurs qui nous ont dit : « *Si la force centrifuge existait, la balle de la fronde partirait selon le rayon du cercle décrit quand le fil est*

lâché ; or elle part selon la tangente. » En réalité, quand le fil est lâché, la tension qu'il exerce sur la balle pour la maintenir en rond (force centripète) disparaît ; la force d'inertie centrifuge disparaît donc en même temps, et la balle part dans la direction de la vitesse acquise selon la tangente au cercle. Il n'y a rien là de contradictoire.

« *Je ne crovais pas que quelqu'un pût encore ignorer, et nier l'existence d'un phénomène aussi courant que la force centrifuge,* » écrit M. M. J. K., de Noisy-le-Sec, qui vole à notre secours. « *En effet, celle-ci est utilisée dans des domaines aussi variés que la mécanique, la chimie et la biologie, et même en cuisine...* » Et M. D. D., de Pessac, renchérit : « *La force centrifuge existe bel et bien, et la définition que vous en donnez dans le Forum est exacte.* » Ce dernier lecteur rappelle, évidemment qu'il faut se placer dans un référentiel, non galiléen dans le cas de la force d' entraînement : « *Dans le référentiel de Copernic, par exemple, ou le référentiel terrestre supposé galiléen, elles disparaissent. Elles ne traduisent pas l'action physique de deux corps, et ne peuvent être rendues responsables du mouvement de la Lune.* »

En tout cas, dans l'industrie, la force centrifuge garde droit de cité : pompe centrifuge, compresseur centrifuge, embrayage centrifuge, centrifugation, etc. Même dans la cuisine, on trouve une centrifugeuse pour faire des jus de fruit, et l'essoreuse de la machine à laver part du même principe. Les ingénieurs qui calculent la résistance à donner aux ailettes des turbines se soucient peu de savoir s'ils sont dans tel ou tel référentiel ; ils considèrent qu'il y a bien une force centrifuge $F = m.v^2/r$ qui tend à étirer ces ailettes et à les arracher du rotor.

L'ouvrier qui, sur un chantier, découpe des plaques de marbre avec une meule-scie, utilise lui aussi la force centrifuge sans grand souci de savoir si elle est réelle ou fictive ; la meule-scie n'est qu'un disque de carton poussé d'abrasif qui, à l'arrêt, s'aplatisse tout de suite sur la pierre sans même l'entamer.

En revanche, à grande vitesse,

elle devient aussi rigide que de l'acier trempé, parce que le disque est tendu par la force centrifuge ; de plus, si ce disque est bien équilibré, il n'y aucune réaction sur l'axe : forces centripètes et forces centrifuges ne jouent que sur les molécules du carton. Quant au pilote de Mirage 2000 qui exécute un virage serré, il lui importe peu de savoir si M. Centrifuge existe ou n'existe pas : il constate seulement qu'une force énorme l'écrase sur son siège.

Un problème similaire existe avec les courroies de transmission, qu'elles soient crantées ou non, et les chaînes du genre des chaînes de moto : à grande vitesse elles tendent à s'ovaliser et à décoller des pignons dentés d' entraînement. Mentionnons aussi qu'une chaîne fermée mise en rotation à grande vitesse et décrochée brusquement de son support tombe et part à toute allure en roullant sur le sol comme un cerceau rigide. S'il y a un mur devant, elle rebondit en arrière.

La rotation donne donc à une suite fermée de maillons articulés la rigidité d'un anneau métallique. Que l'observateur soit lié au sol, à l'un des maillons ou au référentiel héliocentrique, la mise en équations du problème et l'interprétation des forces mises en jeu doivent rester délicates — ainsi, quand la chaîne roule par terre, et pour un repère lié au terrain, le maillon qui touche le sol a une vitesse nulle. D'un autre côté, on peut très bien imaginer de mettre la chaîne dans l'espace.

Il convient donc d'être nuancé. Dans un cours de mécanique générale, ou dans l'étude des mouvements astronomiques, la force centrifuge est à prendre en compte ou non selon le système de référence dans lequel on se place. Mais pour calculer la résistance à donner au carton plastifié d'une meule-scie, on prend la formule $F = m.v^2/r$ sans chercher à savoir si la force centrifuge est un fantôme ou pas. A noter enfin que pour le citron qu'on vient de mettre dans la centrifugeuse, c'est en tout cas un fantôme écrasant, et d'une manière bien réelle.

Mais nous sommes heureux, à l'occasion de ce débat, d'avoir constaté, une fois de plus, que nos lecteurs ont du talent.



Tube Nestlé. Il vous regonfle.

Cécité et respect de la vie privée

M. D., de Chartres, nous adresse une longue lettre dans laquelle il se déclare « profondément écoeuré par ce que nous apprend votre article "Pas de grâce pour les aveugles" de votre n° 884... Combien d'aveugles en voudront à mort à ceux qui savaient et n'ont rien dit... » Nous comprenons bien son désarroi. Toutefois, il faut également songer que, cette cécité ne pouvant être guérie, ce serait infliger une souffrance supplémentaire à ces aveugles potentiels que de les informer plusieurs années auparavant de l'évolution d'un mal contre lequel on ne peut rien en l'état actuel de la médecine.

Par ailleurs, le cas est extrêmement complexe, parce qu'il comporte un aspect éthique fondamental. En effet, informer les aveugles potentiels constituerait un grave précédent dans ce qu'on peut appeler le "viol informatique" de la vie privée. L'éthique, par le truchement de la commission Informatique et libertés, veille à ce qu'une barrière étanche soit maintenue entre l'administration et les fichiers personnels. Si le dépistage génétique progressait, on pourrait ainsi craindre que l'administration aille un jour prévenir telle ou telle famille que ses descendants courront le risque d'être atteints de maladies mentales, de cancers, etc. Ce serait là une brèche dans le circuit fermé qui doit prévaloir entre malade et médecin. Seul le médecin a le droit d'informer son patient et seul le patient a le droit d'informer son médecin.

Un précurseur français du radar

Intéressante précision de M. A. G. C., de Bruxelles, sur les origines du radar. « Je dirigeais à Bruxelles, depuis 1936, un bureau de négociation de brevets d'invention. A ce titre, je dus traiter, notamment pour les Etats-Unis, la cession d'un brevet très important déposé par la Société de téléphonie et de télégraphie de Paris. Ce brevet, dont le titre était

"Procédé de conduite de mobiles sans conducteur", portait sur un dispositif et procédé comportant un émetteur central et deux récepteurs latéraux qui, tournant sur une tourelle disposée sur les vedettes rapides lance-torpilles, permettaient de détecter tous les obstacles se présentant à l'horizon, notamment maritime. Dès qu'un obstacle était décelé, le dispositif d'émission et de réception restait automatiquement orienté dans la direction de celui-ci, quelque rapide qu'en fût le changement de direction.

Conjointement et automatiquement, les moteurs de la vedette accéléraient, et le gouvernail, également automatisé, permettait de se lancer à toute vitesse sur l'obstacle détecté. Sur intervention de l'attaché militaire auprès de l'ambassade de France à Bruxelles, j'en fus en 1938 prié de remettre à cette ambassade tous les documents qui m'avaient été confiés sur ce brevet. »

Ce correspondant s'étonne que ce brevet n'ait plus été mentionné. Il méritait de l'être, en effet. Apparemment, il présentait l'intérêt d'une focalisation très poussée ; or, celle-ci n'était devenue possible qu'en 1936, grâce à l'invention du détecteur télemétrique radio par l'Anglais R. A. Watson-Watt. Ce dernier, en effet, avait imaginé de concentrer l'émission des ondes électromagnétiques par un canon à électrons, installé dans le tube cathodique d'émission, et d'amplifier les impulsions reçues par un magnétron et un amplificateur. Le procédé de la Société de téléphonie et de télégraphie de Paris se basait-il sur le même principe ? Etais-ce une application du détecteur télemétrique anglais, ou bien se fondait-il sur un procédé original français qui aurait été inventé en France en même temps (le cas n'est pas rare) ?

Il serait intéressant, pour l'histoire des techniques et des inventions, de le savoir. Notre correspondant précise que c'est en 1938 que l'ambassade de France le pria de lui remettre tous les documents du brevet en question. Or, c'est la même année que les Anglais équipèrent leurs côtes d'une chaîne de stations radar et que les Américains perfectionnèrent le détecteur de Watson-Watt, réalisant ainsi le

SCR-270, premier radar réellement performant. Y a-t-il un rapport entre ces trois faits ? Et que devint donc le brevet français ?

Transsexuels spatiaux

« Y aurait-il des transsexuels dans l'espace ? » demande M. J. G., de Cannes. « Depuis quelque temps, en effet, je constate que "météorite" est utilisé au masculin dans votre revue, comme d'ailleurs à la télévision, ce qui n'est d'ailleurs qu'une piètre référence... Or, mon vieux Larousse, comme le Littré, donnent à ce substantif un genre masculin. A quelle époque aurait-il changé de sexe ? » Le Petit Robert autorise pour météorite le masculin et le féminin.

Télescopes et défauts de vision

Le Dr G. L., de la Société française d'ophtalmologie et de la Société d'ophtalmologie de Paris, nous adresse des corrections tout à fait justifiées et qualifiées sur le télescope de Hubble.

« Un lecteur vous demandait récemment d'éclairer sa lanterne pour savoir si le télescope Hubble était "presbyte de naissance", comme Science & Vie l'annonçait dans son n° 876, ou, au contraire, "affligé d'une forte myopie", comme l'indiquait contradictoirement le n° 881. Vous lui répondrez dans votre n° 885 que cet appareil était en fait "myope au centre et presbyte sur les bords". Vous avez probablement voulu dire "hypermétrope sur les bords", car il est impossible de parler de presbytie à propos d'un instrument d'optique quel qu'il soit, et surtout d'un télescope.

» En effet, selon l'excellente définition qu'en donne le dictionnaire Robert, la presbytie n'est rien d'autre que "le défaut d'un œil qui distingue mal les objets rapprochés, par suite d'une diminution de l'élasticité du cristallin et de son pouvoir d'accom-

modation." On constate immédiatement qu'il serait abusif de reprocher à un télescope (du grec *tele*, loin, et *scopein*, examiner) de fournir des images défectueuses des objets proches, un tel appareil étant uniquement conçu pour l'observation des objets situés à l'infini.

» De plus, parler de l'accommodation d'un instrument d'optique, et donc du déficit d'accommodation qu'est la presbytie, serait un contresens. L'accommodation est une fonction organique de l'œil. On peut seulement dire d'un système optique qu'il se met au point, se règle ou se focalise par intervention humaine ou automatiquement. Un objectif photographique de type autofocus, par exemple, focalise mécaniquement sur une surface photosensible l'image qu'il élabore. Mais seul son utilisateur accommode, en amenant l'image résultante de l'objectif à se former sur le plan de sa rétine. En ce qui concerne le télescope Hubble, la seule accommodation, et éven-

tuellement la seule presbytie, qu'on puisse évoquer est celle des personnes âgées chargées de déchiffrer les mauvaises images qu'il nous transmet...

» Il faut enfin noter que nul ne saurait être "presbyte de naissance", car la presbytie est liée au vieillissement. La rigidification progressive du cristallin affecte obligatoirement tous les individus à partir d'un certain âge.. Si le centre du miroir du télescope Hubble donne une image en avant du plan escompté, l'appareil est "myope". Si, par ses bords, il forme une image en arrière de ce plan, il est "hypermétrope". Finalement, ne serait-il pas astigmate ? »

« Dans ce cas, l'homme, les animaux, la plupart des êtres vivants sont polluants, puisqu'en respirant ils rejettent du CO₂. Il me semble qu'il se développe depuis un certain nombre d'années, sous l'impulsion d'un mouvement que je qualifierai de pseudo-écologiste, une habitude fâcheuse, qui consiste à qualifier de polluant toute forme de rejet, quelle qu'elle soit... Cette attitude conduit à faire dire et penser que tout et n'importe quoi est polluant... L'influence des pseudo-écologistes, même si elle a mené à une prise de conscience de problèmes écologiques réels, ne peut être considérée que comme très inquiétante. »

Ne nous lançons pas à la suite de notre correspondant dans des distinguos entre écologistes et pseudo-écologistes ; l'essentiel est bien dans la prise de conscience qu'il reconnaît lui-même. Par ailleurs, le fait que tout être vivant produit du CO₂ ne signifie pas, logiquement, que celui-ci n'est pas polluant. Les déchets du métabolisme sont bien

CO₂ et polluants

« En lisant votre n°885, notamment l'article concernant les chaudières à gaz, j'ai appris avec stupeur que le CO₂ était polluant ! » écrit M. C. L., du Mans.



... ETRE GITANES,
C'EST ETRE LEGERE JUSQU'A L'ULTRA.

HDM

SELON LA LOI N° 91.32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES

polluants, et peut-être le XX^e siècle finissant n'est-il plus assez conscient des très graves problèmes d'hygiène que l'épandage "sauvage" des excréments dans la nature posa à toutes les grandes villes du monde au XIX^e siècle. A Paris, l'air était irrespirable et la Seine n'était qu'un vaste cloaque.

Au-delà de la logique, il faut rappeler qu'un effluent ne devient dangereux qu'à partir d'un seuil donné, que les climatologues s'efforcent actuellement de calculer pour le gaz carbonique, entre autres. Cette notion de seuil est essentielle ; c'est elle qui a fait abandonner, en agriculture par exemple, l'expression d'"insectes nuisibles" : au-delà d'un certain taux de population pour un territoire donné, tous les insectes, en effet, peuvent devenir nuisibles pour un écosystème. A l'inverse, au-dessous de ce taux, leur absence peut être également dangereuse pour ce même écosystème, parce qu'elle réduit le nombre de prédateurs naturels qui les mangeaient. L'intérêt de l'écologie est d'établir les modèles des équilibres.

Suaire de Turin et Voile de Véronique

« Je viens d'entendre à Aix-en-Provence une conférence sur le suaire de Turin, à propos duquel je partage tout à fait la position proposée par votre journal : "Qu'il soit faux ou vrai, l'objet n'affecte ni la foi, ni la crédibilité des évangiles ; on devrait donc pouvoir définir sereinement s'il est ou non une de ces reliques surnuméraires qui abusaient les pèlerins et faisaient la fortune d'un lieu" » nous écrit M. P. L., du Tholonet. « Cette conférence argumentait sur des conclusions scientifiques nouvelles autour des circonstances de l'échantillonnage qui, tenues pour suspectes et/ou tendancieuses, remettaient en cause la datation du XIII^e ou XIV^e siècle dudit suaire. A tort ou à raison, je suggère que soient rapprochés ces deux vestiges réputés que sont le suaire de Turin et le voile de Véronique, qui se trouve à Saint-Pierre-de-Rome. Ils sont historiquement de

la même époque et traitent de la même passion du Christ. Ils doivent présenter assez d'éléments communs (s'ils sont vrais) pour qu'on juge de leur possible véracité. »

Notre précédent Forum a exposé de façon détaillée toutes les raisons qu'il y a de croire à la validité de la datation au C14 du suaire de Turin et de rejeter les objections de ceux qui la contestent. En ce qui concerne le voile de Véronique, il semble bien qu'il se trouve, en effet, à Saint-Pierre-de-Rome, mais nul ne sait où. Une étude scientifique semble pour le moment exclue. Rappelons que le voile de Véronique ressort à une légende pieuse selon laquelle une femme nommée Véronique aurait essuyé le visage de Jésus pendant sa montée au calvaire, et que les traits du condamné s'y seraient imprimés. Or, contrairement à ce que suppose notre correspondant, ces deux objets ne sont pas contemporains. On connaît, en effet, des représentations du voile de Véronique très antérieures au suaire de Turin. Ce qui est intéressant est que l'image du suaire reproduit fidèlement celles dudit voile.

« Vous avez publié, en août 1990, trois lignes (je cite de mémoire) selon lesquelles le C14 n'est plus fiable au-delà de 9 000 ans, au lieu de 40 000 ans BP [before present] par le procédé uranium-thorium », écrit M. A., de Paris. « Je suis assez surpris. J'avais cru comprendre que la datation au C14 était un système de datation absolu ». Nous avons publié, dans notre précédent Forum, les explications de M. Fontugne, du CEA-CNRS, sur les valeurs des datations au C14. Jusqu'à 9 000-10 000 ans, on a pu reconstituer les dérives qui, pour des raisons physiques, ont décalé les datations en années carbone par rapport aux années calendaires. Ce qui fait que, pour les cent siècles en question, on parvient à des datations assez précises, avec une "fourchette" d'incertitude de quelque 80 ans en moyenne. Pour les périodes au-delà, la courbe des dérives n'a pas encore été établie, ce qui fait que la précision des datations reste inférieure. Cela ne signifie pas qu'un objet donné par la méthode du C14 comme étant vieux de 20 000 ans puisse être âgé

de 1 000 ans ou de 30 000 ans, mais qu'il remonte bien à 20 000, avec possibilité de quelques siècles de décalage dans un sens ou l'autre.

Cela étant, comme le savent tous les savants, il n'est pas d'absolu en science.

Définitions

Compliments bien agréables de M. G. E. C., de Beaurepaire, Québec : « Sérieux, mais jamais snistre, rigoureux, mais jamais obscur, intraitable, mais se-rein... »

Cet aimable correspondant poursuit : « Votre dénonciation tenace des fanatismes et des blurs me soulage, et votre rationalisme m'enchanté. » Plus loin, il nous offre deux définitions : « Idéologie : abdication de l'intelligence. Accident survenant dans un cerveau embolisé par les "bons sentiments" échappés d'un cœur hypertrophié. Soeur de la paranoïa, c'est comme elle une anomalie. »

Médecine douce : démarche à prétention thérapeutique et dite "douce" parce qu'elle l'est pour l'amateur qui la pratique, lequel n'a à s'astreindre à aucun apprentissage déterminé, ni à soumettre cette règle à aucune règle vérifiable. »

Aimants thérapeutiques

« Je vous écris pour vous dire combien j'apprécie vos croisades anti-blurs, » écrit M. P. M. C., de Cavalaire-sur-Mer, élève-ingénieur à l'Ecole nationale supérieure des ingénieurs des études et techniques d'armement, à Brest. « Bien que catholique croyant, j'ai, en effet, du mal à comprendre comment en 1991 certains peuvent croire en l'astrologie, aux "rencontres du troisième type" et autres balivernes. Non, vraiment, je ne peux concevoir qu'on autorise certaines annonces pour des appareils ou des méthodes qui, pour se vendre, utilisent la science comme appât : ionisateurs, acupuncture, j'en passe et des meilleures. Quelle ne fut

donc pas ma consternation en découvrant, dans un catalogue de composants électroniques de Magnetic France, une annonce pour des "aimants horticoles" et des "aimants guérisseurs". » Et ce lecteur nous adresse photocopie d'un texte publicitaire, en effet, déconcertant. On y lit, à propos des "aimants guérisseurs" que leurs indications sont « entorses, douleurs musculaires, élongations, crampes, tendinites diverses, douleurs dorsales et lombaires, cervicalgies, péri-arthrites, rhumatismes, lombo-sciatiques, douleurs post-traumatiques, actions préventives. » Ces assertions surprenantes se fondent sur des allégations dont l'origine nous paraît mystérieuse : « Les études récentes sur la magnétothérapie en milieux universitaires et hospitaliers ont confirmé l'action positive incontestable des aimants permanents dans les traitements médicaux les plus divers. » Quel est donc le CHU qui aurait fait ces études ? Où ont-elles été publiées ? Et que sont ces traitements médicaux "divers" ?

Le mode d'emploi n'est pas moins déroutant : « Vous conformer aux prescriptions de votre médecin... Laisser l'aimant aussi longtemps que le prescrit votre médecin, ou jusqu'à ce que des effets tangibles se soient produits. » Et parmi les contre-indications : « Les spasmophiles et certains malades mentaux. » La meilleure est pour la fin : « Les schémas d'application et d'utilisation des pôles pouvant être très compliqués, nous déconseillons toute automédication. »

Si l'on comprend bien, il s'agirait d'un produit que seul un médecin peut prescrire. Donc, d'un produit médical, qui ne devrait, à la limite, être délivré que sur ordonnance. Reste à savoir quel est le médecin qui prescrira sérieusement l'utilisation de pastilles magnétiques. Reste à savoir également sur quelles bases il les utiliserait, étant donné que les effets du magnétisme sur la cellule vivante sont encore très mal connus et que, s'ils affectent bien l'organisme humain, ils peuvent être aussi bien nocifs que bénéfiques.

Qualité de la vie

« La technologie s'habille d'esthétique », nous écrit M.F.V., de Paris, « laquelle se pare d'un savoir théorique, comme l'ergonomie, dont le bien-fondé me paraît douteux. Il paraît que celle-ci viserait à améliorer le confort et donc la qualité de vie. Mais si l'on a le malheur d'avoir un immeuble équipé d'un nouvel ascenseur, on déchante vite : ces nouveaux ascenseurs sont, en effet, des boîtes métalliques, hermétiques, éclairées maigrement et qui donnent l'impression de monter vers un échafaud. Si une panne se produit, on a l'impression d'être enfermé dans un cercueil. (...) Ne peut-on laisser au passager une ouverture qui lui apporterait un peu d'air, surtout en période de canicule ? Ne pourriez-vous persuader les constructeurs de réaliser des ascenseurs moins sinistres ? La technologie n'a pas besoin d'être aussi oppressante que ça. » Certes pas, le message est donc transmis.



G I T A N E S U L T R A L E G E R E S .

HDM

SELON LA LOI N° 91.32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES

LA RELATIVITÉ GÉNÉRALE AU BORD DU GOUFFRE ?

S'appuyant sur des simulations informatiques, deux scientifiques américains viennent d'élaborer un scénario qui conduit la théorie de la relativité générale à sa perte... Les célèbres équations d'Einstein devront-elles être bientôt remplacées ? Une controverse qui nous entraîne aux limites de la connaissance et risque de bouleverser notre vision de l'Univers.

La force d'une théorie se mesure au nombre de ses prédictions et sa renommée se bâtit sur les prédictions ultérieurement vérifiées. La relativité générale élaborée par Albert Einstein il y a tout juste 75 ans est de ce point de vue un enfant prodige. La richesse de ses énoncés est telle que non seulement elle a abondamment nourri la recherche physique et astrophysique tout au long du siècle, mais elle reste un des outils les plus prometteurs pour les décennies à venir. Mais ce tableau idyllique possède quelques zones d'ombre qui pourraient se révéler rédhibitoires pour la théorie elle-même. Le plus important de ces défauts débouche sur ce que des physiciens ont baptisé une "singularité".

Tout récemment deux chercheurs américains de l'université de Cornell dans l'Etat de New York, Stuart Shapiro et Saul Teukolsky, viennent de remuer le couteau dans cette plaie ouverte de la théorie en annonçant qu'ils avaient modélisé une telle singularité, c'est-à-dire trouvé une solution aux équations d'Einstein qui aboutit justement à leur remise en cause. L'enjeu théorique de ces travaux est en effet de taille. « Il faut bien reconnaître qu'historiquement toutes les théories qui prévoyaient des singularités ont été abandonnées pour des modèles plus vastes qui supprimaient justement ces résultats indésirables », rappelle Jean-Pierre Luminet, astrophysicien à l'Observatoire de Meudon. Faut-il dès lors abandonner la théorie de la relativité générale et explorer d'urgence d'autres voies d'explication scientifique du monde ? Pour la

grande majorité des chercheurs, ce saut dans le vide est injustifié et au mieux (au pire ?) précipité. Car si le problème soulevé par Shapiro et Teukolsky est réellement important, la solution proposée et ses conséquences sur la théorie de la relativité soulèvent de nombreuses réticences. Pour bien comprendre les enjeux du débat, il faut s'interroger plus avant sur cette notion de singularité et la traquer dans l'histoire de la physique moderne.

Retour aux sources, c'est en 1915 qu'Einstein, après dix ans d'efforts conceptuels, propose sa théorie de la relativité générale. En fait il s'agissait de relativiser la force de gravitation qui avait été exclue de sa théorie de la relativité restreinte élaborée en 1905. Que faut-il en retenir pour ce qui nous importe ? Principalement que la force gravitationnelle qui domine le monde macroscopique n'a pas de limite : lorsqu'on laisse la matière libre de s'attirer sans aucune retenue, elle le fait indéfiniment (hypothèse déjà présente dans la théorie de la gravitation de Newton). Un an plus tard seulement, le physicien Schwarzschild, travaillant sur les toutes nouvelles équations d'Einstein, suggère une solution décrivant la courbure de l'espace-temps autour d'une masse sphérique qui, s'effondrant sur elle-même, produirait un phénomène tout à fait singulier. Cette première piste pointe déjà sur ce qui va se révéler un défaut de la théorie de la relativité et qui va nous conduire progressivement vers la singularité tant redoutée. Mais la difficulté des équations mathématiques fait sombre dans l'oubli cette prédition originale pendant plus de vingt ans.

Il faudra attendre 1938 et les travaux du physicien américain Oppenheimer pour donner une véritable signification physique aux calculs de Schwarzschild.

En fait, il faut préciser qu'entre temps la seconde grande théorie physique de notre siècle, la mécanique quantique, a considérablement fait progresser notre connaissance du monde microscopique. Elle a notamment établi qu'il existe au niveau atomique des forces internes qui résistent à la force de gravitation. Autrement dit, cette pression évite l'effondrement de la matière et explique la stabilité de tout ce qui nous entoure (de la simple feuille de papier à la planète Terre). Dans ses calculs, Oppenheimer devra donc tenir compte de ce combat cosmique que se livrent la force de gravitation, qui désire que tout s'effondre, et la mécanique quanti-

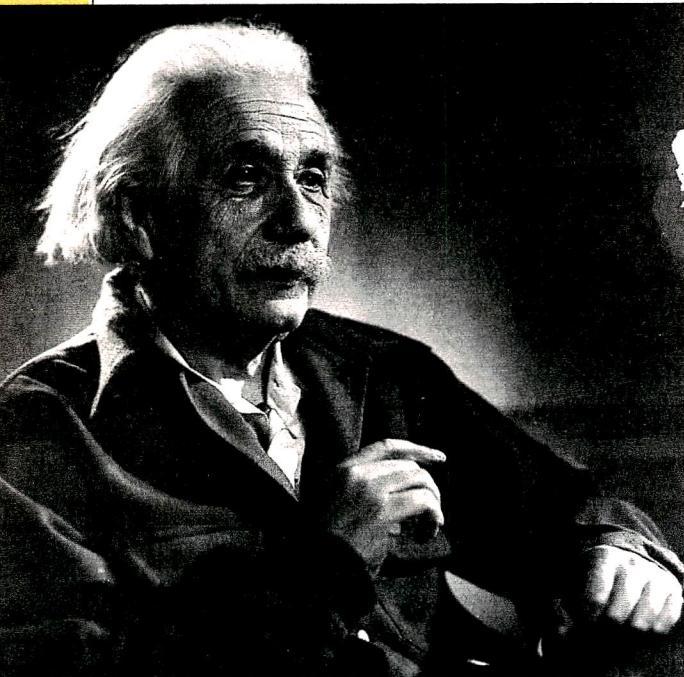
que, qui contrecarre cette force en garantissant la stabilité de la matière. Or, si la force de gravitation s'exerce, comme nous l'avons dit, de manière infinie, la pression interne, elle, n'est pas illimitée. Poussée à l'extrême la gravitation l'emporte donc et la force de pression atomique cède pour devenir insignifiante.

Les trous noirs contre la relativité générale ? Enfant théorique de la relativité générale, le trou noir, cet objet de l'Univers qui engloutit tout ce qui passe à sa portée, cache un véritable monstre en son cœur : une singularité. Produit par un effondrement gravitationnel infini, le cœur du trou noir reste incompréhensible pour la théorie qui lui a donné naissance. Aujourd'hui, cachée par une barrière qui la rend inaccessible, la singularité pourrait selon certaines hypothèses devenir visible. Un phénomène qui remettrait en cause la pertinence de la fameuse théorie d'Einstein.

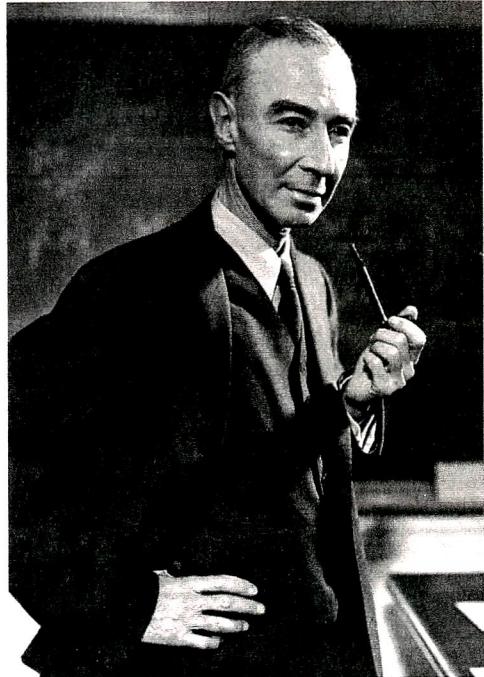


Le grain de sable qui fait grincer la théorie de

Einstein



Oppenheimer



Naissance d'une théorie. Elaborée en 1915 par Einstein, la théorie de la relativité générale est exclusivement consacrée à la force de gravitation. Le pouvoir de cette dernière est infini. La matière dans l'Univers tend toujours à se concentrer dans un espace de plus en plus petit.

Partant de cette constatation, Oppenheimer conclut que les solutions de Schwarzschild donnent naissance à des objets d'une densité infinie puisque la concentration de matière est infinie — ou, pour le dire en langage relativiste, la courbure de l'espace est infinie⁽¹⁾. En quoi ces résultats sont-ils un tournant dans l'histoire de la relativité générale ? « La prédiction qu'un phénomène infini se développe en un temps fini est le signe d'une contradiction majeure dans la théorie », explique Thibault Damour, professeur à l'Institut des hautes études scientifiques. Cette incompatibilité entre deux termes qui s'excluent indique donc que la théorie n'est plus valable au moment précis où apparaît la singularité. Autrement dit encore, la signification physique de la théorie cesse d'être pertinente, le modèle d'explication de la réalité déconnecte justement de la réalité.

Vingt-cinq ans après son élaboration, les développements des équations de la théorie de la relativité générale ont donc fait apparaître un défaut majeur (la singularité) qui nuit considérablement à sa crédibilité sans pour autant la discréderiter totalement. Même si, pour la seconde fois, ces travaux sur la singularité vont sombre dans l'indifférence et l'oubli pendant plus de dix ans, le mal est fait. « L'apparition d'une singularité dans une théorie est

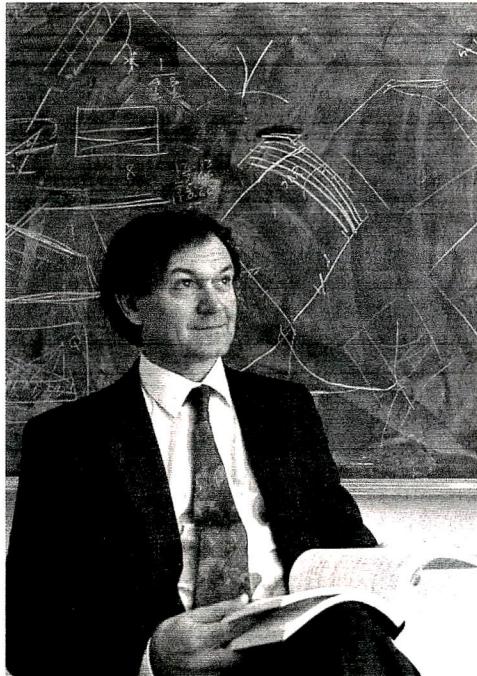
Mise en lumière d'un défaut majeur. En 1938, Oppenheimer note que, d'après ses calculs, la gravitation, qui domine les autres forces, notamment celles qui assurent la stabilité de la matière, peut dans certains cas devenir infinie. Elle produit alors une singularité, c'est-à-dire une limite au-delà de laquelle elle n'est plus valable.

incontestablement le signe d'un défaut du modèle mathématique sur lequel repose la théorie », souligne Jean-Pierre Luminet. Il y a, pourrait-on dire, une sorte d'emballage des équations qui finissent par donner une solution aberrante voire contradictoire avec la théorie qui lui a donné naissance.

Cette contradiction refait surface à la fin des années cinquante, par l'intermédiaire des travaux du physicien Roger Penrose. Mais loin de pousser la théorie de la relativité générale vers la sortie, ils vont en fait contribuer à apaiser sa contradiction interne. En effet, Penrose va littéralement soulager la communauté scientifique en conjecturant que tout effondrement gravitationnel donnant naissance à une singularité produit nécessairement une barrière infranchissable qui rend la singularité à jamais invisible. Pour être tout à fait précis, la matière de l'Univers (essentiellement des étoiles) peut être aspirée à l'intérieur par la singularité dont la force d'attraction s'exerce toujours, mais rien ne peut plus en sortir, qu'il s'agisse de lumière, de matière ou d'informations. Devenue invisible, la singularité cesse donc momentanément de tourmenter les astrophysiciens. Pourquoi, en effet, se poser un problème que nous n'auront jamais à affronter en face ? La singularité se cache alors derrière ce que

la relativité

Penrose



Les trous noirs, refuge de la théorie. Les travaux de Penrose à la fin des années 1950 conjecturent que la singularité prévue par la théorie de la relativité est toujours masquée derrière une barrière infranchissable : un trou noir. Une "censure cosmique" qui permet de continuer à utiliser la théorie.

les astronomes nomment un trou noir, du fait même de son invisibilité. Une aubaine donc pour la relativité générale qui peut continuer à exercer à l'extérieur de la singularité sa capacité d'explication du monde. Cette barrière bienvenue (la surface du trou noir) fut même baptisée avec à-propos "censeur cosmique".

Pourtant si le problème avait été d'une certaine façon glissé sous le tapis, il n'en demeurait pas moins bien présent dans la théorie. C'est à l'assaut de cette brèche que sont montés les astrophysiciens américains Shapiro et Teukolsky. Pour ce faire, il se sont directement attaqués au principe de la censure cosmique qui veut que les singularités soient toujours masquées. Leur objectif était donc de démontrer qu'il pouvait exister des effondrements de matière qui ne donnent pas naissance à des trous noirs, c'est-à-dire selon la terminologie scientifique des "singularités nues". Le défaut de la théorie de la relativité générale ne pourrait donc plus être oublié, ni ignoré.

En fait, dès les travaux de Penrose, certains astrophysiciens pointilleux ont tenté de lever la censure. Pour comprendre leur spécificité, reprenons le scénario de formation d'un trou noir classique, celui de l'effondrement gravitationnel d'une étoile

Shapiro et Teukolsky



Le défaut refait surface. Des travaux récents semblent accréder la thèse selon laquelle certaines singularités ne seraient pas masquées par des barrières infranchissables. La relativité devra-t-elle en cette fin de siècle affronter la singularité, c'est-à-dire s'abolir devant une nouvelle théorie de la gravitation ?

Après avoir brûlé tout son combustible thermonucléaire (principalement l'hydrogène et l'hélium), l'étoile s'éteint, n'a plus la force de maintenir sa forme première et s'écroule sur elle-même sous son propre poids. En quelques secondes sa masse se concentre sur un diamètre beaucoup plus petit : la densité de l'astre s'accroît d'autant. Ce phénomène qui se manifeste par un gigantesque flash lumineux et une violente expulsion de particules très énergétiques est connu sous le nom de supernova. Tapi au cœur des restes de ce cataclysme cosmique un nouvel astre est né : une étoile à neutron (?). Mais si l'étoile initiale était très massive (plus de trois fois notre soleil), l'effondrement continue à compresser la matière pour former finalement un trou noir et sa barrière infranchissable. Si un tel phénomène devait se produire sur le Soleil, sa masse actuelle serait concentrée sur un diamètre d'à peine trois kilomètres (pour 1,4 million de kilomètres de diamètre actuellement). La Terre elle ne serait plus qu'une bille d'un centimètre de diamètre !

Selon le scénario de Penrose, ces effondrements donnent toujours naissance au fameux censeur cosmique, la barrière infranchissable qui nous protège de la singularité. Mais que se passe-t-il si on modifie quelque peu les données initiales de ce scénario ?

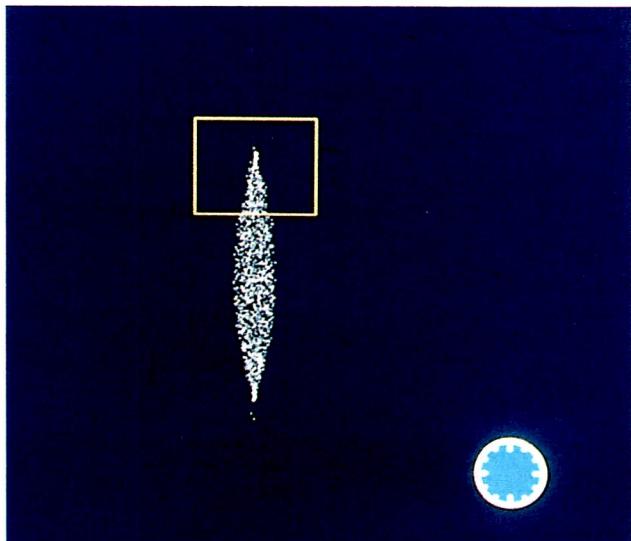
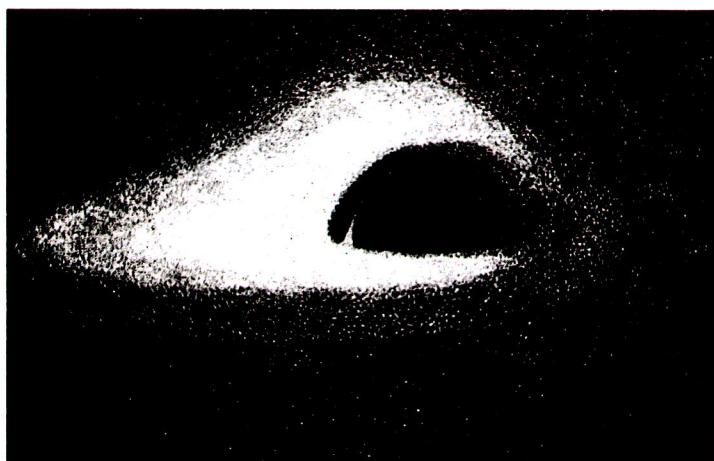
Un des travaux les plus intéressants, dans ce sens, a été réalisé par le physicien grec Demetrios Christodoulou. Il a, en effet, proposé de considérer un nuage de poussières dont la répartition de la densité ne serait plus homogène (comme c'était jusqu'à présent le cas pour le modèle des trous noirs), mais inhomogène. La disproportion entre la densité de matière plus importante au centre qu'au bord de la sphère conduit selon ses calculs à un effondrement gravitationnel particulier. Celui-ci s'achève bien par une singularité comme dans le cas d'un trou noir, mais sans la barrière infranchissable du censeur cosmique. La singularité masquée du trou noir devenait donc "nue". « Ce résultat est le premier à contredire l'hypothèse de la censure cosmique, confirme Thibault Damour, mais pour quelques instants seulement ». En effet, toujours selon ces cal-

culs, la barrière temporairement absente se forme très rapidement pour donner naissance dans ce cas aussi à un trou noir classique. Il n'en reste pas moins que pendant un bref instant des informations totalement incompréhensibles par la théorie de la relativité générale ont pu être émises dans l'Univers (théorique).

S'appuyant sur cette brèche, Shapiro et Teukolsky ont voulu aller plus loin et découvrir si les singularités nues éphémères ne pouvaient pas dans certains cas se pérenniser et exister durablement dans la théorie, comme dans la nature. Devant la difficulté à résoudre analytiquement (par des calculs mathématiques) le problème, ils ont préféré mettre à profit la force des ordinateurs superpuissants de leur laboratoire. Ces nouveaux travaux sont donc très différents de ceux de Christodoulou

puisqu'on passe d'une démonstration mathématique à une simulation numérique (¹).

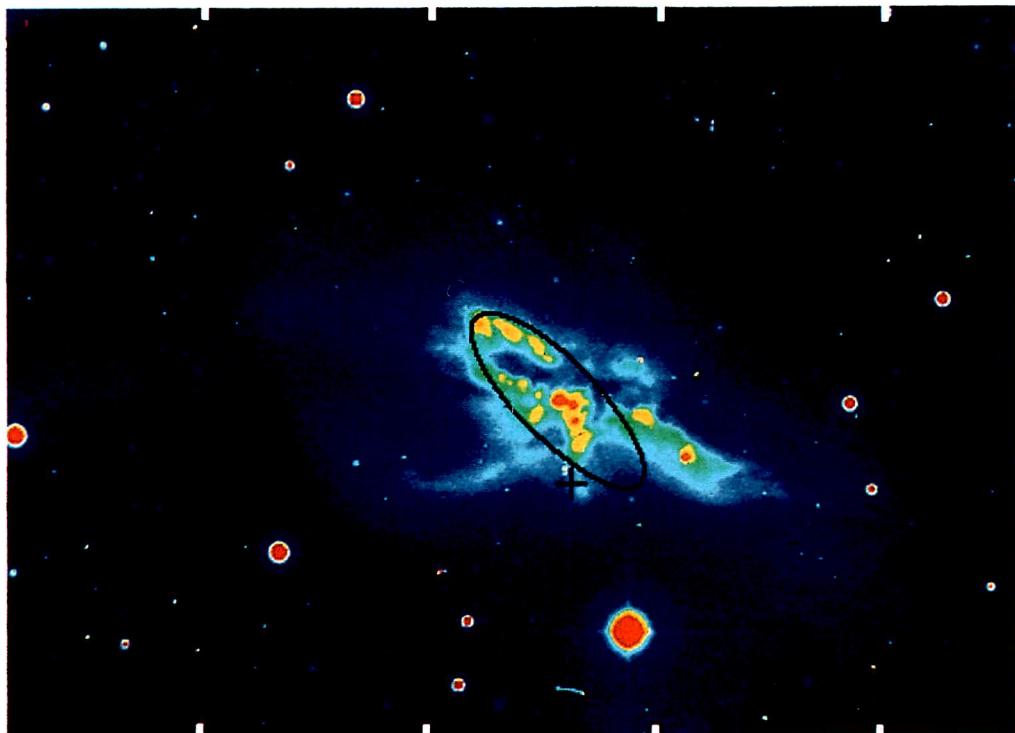
Dans leur exemple, ils considèrent non plus une sphère de poussières mais un nuage allongé en forme de ballon de Rugby. Comme dans le cas de Christodoulou, la matière est répartie de façon inhomogène. La forme asymétrique de leur conglomérat conduit à un effondrement non plus vers un cen-



De la simulation...

La singularité masquée. Voici une simulation mathématique, par Luminet, d'un trou noir classique. Après l'effondrement d'une étoile très massive, la force de gravitation est si puissante qu'elle empêche la matière, la lumière et toute information de sortir. En revanche autour du trou noir, un nuage de gaz aspiré par ce dernier rayonne de la lumière. La théorie de la relativité est parfaitement capable d'expliquer ce phénomène et, d'une façon générale, tout ce qui se passe à l'extérieur du trou noir. Elle devient en revanche inopérante pour tout ce qui se déroule à l'intérieur, notamment l'apparition d'une singularité (qui heureusement pour elle est invisible).

La singularité nue. De nouvelles simulations sur ordinateur faites par les chercheurs américains Stuart Shapiro et Saul Teukolsky semblent prouver que, dans certains cas d'effondrements gravitationnels — si le nuage de poussière est allongé au lieu de sphérique comme dans le scénario classique —, à l'extrémité du nuage se forment des singularités visibles. Les informations en provenance de cette singularité seraient totalement inassimilables par la théorie de la relativité générale.



... à l'observation.

Malgré les multiples observations, les trous noirs que l'on suspecte de cacher des singularités résistent à la détection directe. Aucune preuve n'a pu être reconnue, mais les candidats ne manquent pas. Le dernier en date serait un trou noir supermassif (d'une masse équivalente à 100 milliards de soleils, c'est-à-dire autant qu'en possède une galaxie !), situé dans la constellation d'Ophiucus. Une détection assurée clorait peut-être les multiples débats théoriques autour des plus mystérieux objets de l'Univers.

tre commun mais suivant un axe de rotation allongé. Cette distribution particulière modifie les déformations spatiales dues à l'effondrement gravitationnel et donne un résultat inattendu. Leur simulation est formelle : aux deux extrémités se forment des singularités nues que rien ne vient masquer. L'interdit est donc transgressé. Le défaut de la relativité (la singularité cachée par le trou noir) refait surface et ne peut plus être ignoré. Car si dans le cas des trous noirs la barrière nous épargnait la confrontation avec la singularité, dans le modèle de Shapiro et Teukolsky, les informations en provenance du trou noir peuvent s'extraire de la force de gravitation et donc être observables par nous.

Que verrait-on si un tel phénomène se produisait ? Tout l'enjeu est là. En fait, il faut bien dire que si la théorie de la relativité est incapable de décrire le phénomène, elle est d'autant plus incapable de prévoir les informations qu'il pourrait nous envo-

yer. Au sens strict, elles seront incompréhensibles. « Pour être plus précis on peut dire, suggère Thibault Damour, que ces informations seraient radicalement nouvelles. Elles rompraient la chaîne de causalité que nous suggère la théorie physique, c'est-à-dire seraient imprévisibles même avec une connaissance parfaite du passé. Elles violent donc le vieux principe qui veut qu'il n'y ait rien de nouveau sous le Soleil. En fait sous le Soleil, après son effondrement, il y a peut être du nouveau ! »

Pour Stuart Shapiro, « les objets que nous avons étudiés n'existent probablement pas dans la réalité mais leur possibilité théorique relance le débat sur le défaut majeur de la relativité générale : la singularité ». « Ces recherches ont un grand intérêt du point de vue théorique mais elles sont dans l'état

(1) La grande nouveauté de la théorie de la relativité générale est d'avoir "géométrisé" la force de gravitation, c'est-à-dire d'avoir décrit l'interaction gravitationnelle en termes de courbure de l'espace. Ainsi, si le Soleil avec sa masse relativement petite à l'échelle astronomique (1 027 tonnes) courbe faiblement l'espace qui l'environne, une singularité infiniment dense courbe infinitement l'espace qui la contient.

(2) Voir *Science & Vie* n° 866.

(3) Il faut noter que, étant donnée la difficulté des équations d'Einstein, l'accroissement de la capacité de calculs des nouveaux ordinateurs a véritablement développé une approche numérique de la relativité générale. De nombreux relativistes travaillent aujourd'hui exclusivement sur des simulations informatiques. Un domaine qui est appelé à se développer considérablement dans les années à venir. Avec tous les problèmes que cela pose quant à l'interprétation des résultats obtenus et à leur adéquation à la réalité.

L'ASTROLOGIE DÉGUISÉE EN ASTRONOMIE

Signe de la mollesse des temps, signe de la démagogie moderne qui consiste à donner au public ce que le public est prêt à payer : un très respectable éditeur vient de remplacer, sous le même titre, un brillant ouvrage sur l'astrologie, par une plate panoplie ménageant la chèvre et le chou. Ce qui n'aura d'autre résultat que de fournir des références honorables à ceux, si nombreux, qui n'ont pas besoin de savoir pour croire

PAR MICHEL ROUZÉ

Le divorce est depuis longtemps prononcé entre la science et l'astrologie. Il ne se trouve pas un seul astronome pour imaginer que les signes du zodiaque et la promenade des planètes puissent avoir un lien avec les destinées humaines, individuelles ou col-

lectives. La plupart des astronomes, quand on leur en parle, sourient et haussent les épaules. Ils pensent n'avoir pas de temps à perdre avec les croyances qui possédaient quelque vraisemblance il y a deux mille ans, mais qui ont désormais rejoint le bazar de la magie. Quelques-uns, pourtant, adoptent une attitude différente. Leur métier étant d'explorer et de comprendre l'Univers, ils se sentent responsables devant le public et tiennent à le mettre en garde contre les illusions qu'exploitent des charlatans.

Tel fut Paul Couderc, astronome à l'observatoire de Paris. Son ouvrage, *l'Astrologie*, publié en 1951 sous le n° 508 de la collection Que sais-je ? aux Presses universitaires de France, s'ouvrait sur un bref exposé de la mécanique céleste et une définition du temps sidéral. Après quoi venait un développement clair et objectif des doctrines astrologiques. Il en découlait tout naturellement une évaluation de l'astrologie contemporaine : celle qui s'habille de prétentions scientifiques comme celle des baraqués foraines. Le verdict rejoignait celui de tous les astronomes : « Le bilan

UN CHARABIA MYSTIQUE SOUS UN JARGON SCIENTIFIQUE

Mme Suzel Fuseau-Braesch, docteur ès sciences en biochimie, n'est pas vraiment ce que l'on peut appeler une spécialiste de l'astronomie ! Outre qu'elle mélange allégrement GMT et UT (voir *Science & Vie* avril 1991), elle prétend qu'une personne née dans le signe du Bélier est de la constellation du Verseau (alors qu'elle est en fait de la constellation des Poissons), etc.

Voici, par exemple, comment l'auteur du nouveau *Que sais-je ?* parle d'astronomie (p. 115) en citant un astrologue : « Saturne, par sa masse, sa lenteur, la relative stabilité de sa tension gravitationnelle, se rapproche de Jupiter. Par contre, l'inclinaison de son axe en sens contraire de celui de la Terre et son énorme anneau font que la planète intercepte le flux électromagnétique composé qui, du centre de la

galaxie et du Soleil, se dirige vers la Terre... Ainsi, l'influence de Saturne est toujours privative d'énergie, de vitalité. » Inutile de chercher une signification à ce charabia. Les astronomes à qui l'on a soumis ce texte ont dû avouer leur totale incompréhension. Ce qui n'est pas le cas de Mme Fuseau-Braesch, puisqu'elle ajoute : « Spéculations, certes, dans cette œuvre, mais effort pour tenir compte de données astronomiques. »

Mme Fuseau-Braesch ne croit pas si bien dire lorsque, quelques lignes plus haut, elle écrit en citant un auteur « que la plupart des astrologues font preuve d'une méconnaissance de l'astronomie et de la science à faire frémir »...

Denis Savoie
Astronome au
Palais de la découverte

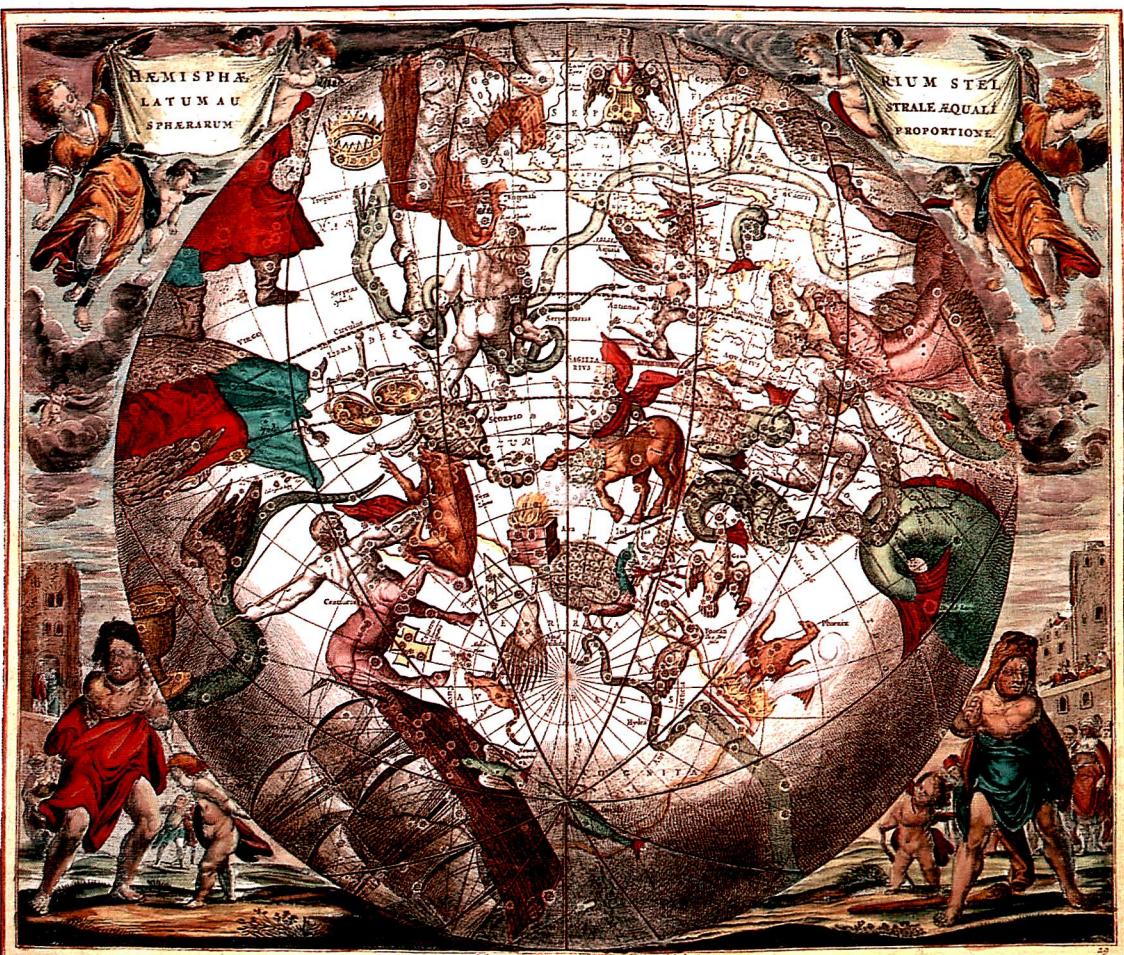
de l'astrologie scientifique est égal à zéro, comme celui de l'astrologie commerciale. C'est peut-être dommage, mais c'est un fait. »

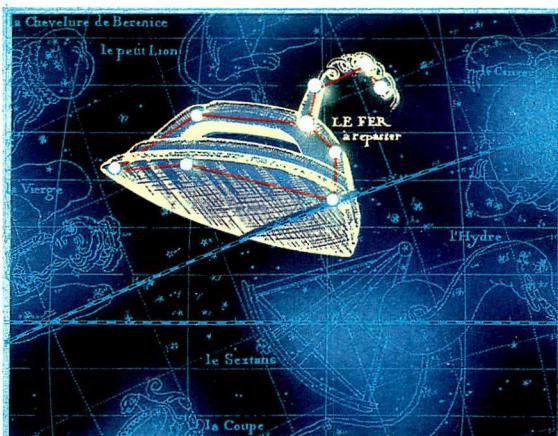
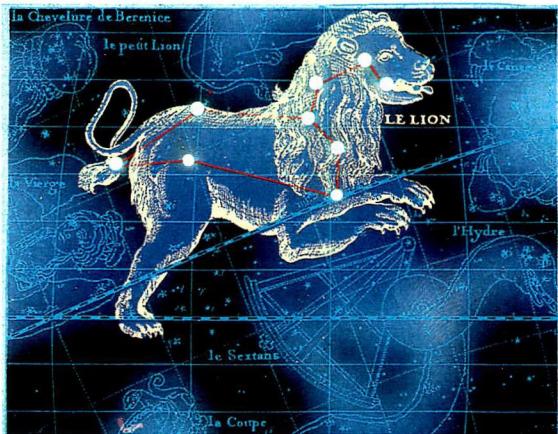
Nos ancêtres se représentaient une Terre surplombée par une voûte piquée de lumineux, les uns fixes, les autres se déplaçant autour de l'écliptique, dans la zone appelée zodiaque. Que le ciel influe sur nos destins, c'est ce que prouvait, à leurs yeux, la succession des saisons. Dans ce contexte culturel, les premières observations astronomiques venaient appuyer les croyances astrologiques. Comme le rappelait Couderc : « L'astronomie prédit le mouvement des astres. L'espoir de prédire n'est donc pas absurde en soi. L'erreur initiale fut de croire les monarques et les empires assez importants pour que le cours des astres fût lié à leur destin. (On ne prétendait pas encore l'associer aux gens du peuple.) »

Paradoxalement ou non, la montée des principes égalitaires aurait donc favorisé celle d'une croyance

ce irrationnelle : l'horoscope était désormais à la portée de tous. Mais dans le même temps, pour les gens cultivés, l'image de notre univers qu'avait peaufinée au II^e siècle de notre ère l'astronome-astrologue grec Claude Ptolémée, en mettant la Terre au centre de tout, avait été remplacée par le système héliocentrique de Copernic. Puis le Soleil s'est vu ramené au rang d'une étoile comme bien d'autres dans notre galaxie, la Voie lactée. Et enfin la Voie lactée à son tour est devenue une galaxie entre des milliards d'autres, réparties en amas, dans un cosmos dont nos astrophysiciens se demandent encore s'il est infini ou limité.

Plus de trois siècles avant Ptolémée, un autre Grec, Hipparche de Nicée, avait sans le vouloir allumé la mèche de la bombe qui aurait dû détruire l'astrologie, ou du moins sa crédibilité scientifique. Il s'était aperçu que le pôle autour duquel semble tourner la voûte céleste étoilée se déplace lui-même en un lent mouvement circulaire. Nous savons au-





La constellation méconnue du Fer à repasser.

à repasser. Tous les enfants connaissent le jeu qui consiste à réunir, par un trait de crayon, des points numérotés. Et cela fait un dessin qui, quel que soit l'enfant, sera toujours le même. Mais si les points ne sont pas numérotés, chaque enfant fera un dessin différent. Les astres n'étant pas numérotés, chacun peut dessiner ce qu'il veut en reliant, à sa fantaisie, les étoiles d'une constellation. Voyons par exemple la constellation du Lion telle qu'on la représente dans un atlas d'astronomie. Ne ressemble-t-elle pas, si on la regarde bien, à un fer à repasser ? Dans ce cas, en bon astrologue, on peut affirmer hardiment, que les gens nés en juillet ont un caractère vaporeux, brûlant les étapes, etc.

jourd'hui que ce cercle est bouclé en un peu moins de 26 000 ans et qu'en réalité ce n'est pas le ciel qui bouge : c'est l'axe de rotation de notre planète qui, tout en conservant un angle constant de 23° avec la perpendiculaire à l'orbite terrestre autour du Soleil, décrit autour de cette perpendiculaire, à la manière de l'axe d'une toupie, un mouvement circulaire qui déplace son orientation par rapport aux étoiles. Il en résulte notamment que l'étoile de la Petite

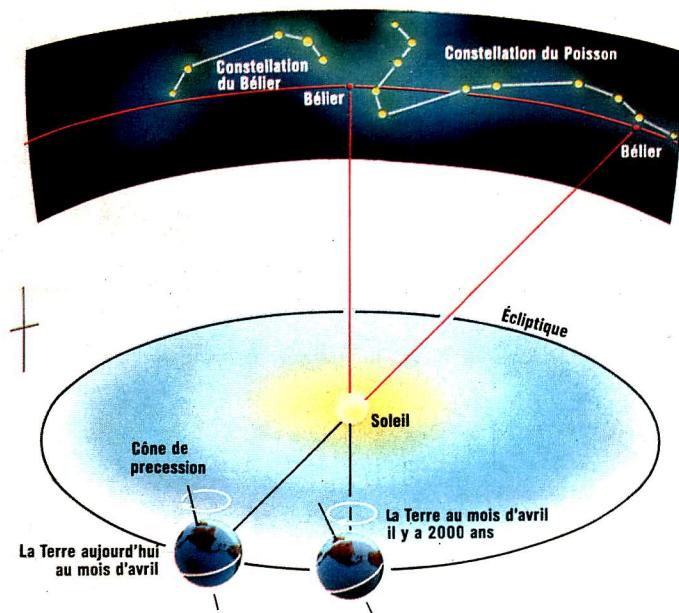
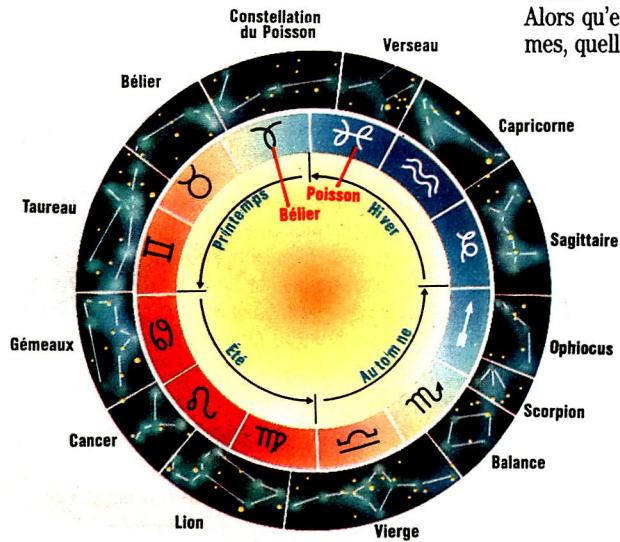
Ourse, qui nous sert actuellement d'étoile polaire, sera peu à peu détrônée de sa place centrale et, d'ici à quelques milliers d'années, remplacée par une étoile de la constellation de la Lyre.

Autre conséquence de ce déplacement de l'axe des pôles terrestres : chaque année, les saisons, qui dépendent de la position de cet axe par rapport à l'éclairage solaire, arrivent légèrement en avance sur l'année précédente. C'est le phénomène baptisé précession des équinoxes. Le point vernal, qui est la place apparente occupée par le Soleil sur la voûte céleste lors de l'équinoxe de printemps, est donc lui-même légèrement décalé. Or, c'est à partir du point vernal que la tradition divise le zodiaque en douze secteurs (les signes des astrologues). Au temps de Ptolémée, le point vernal se situait dans la constellation du Bélier. Le premier signe reste donc celui du Bélier, avec ses propriétés symboliques : feu, force, impulsivité, etc. Hélas ! Avec l'accumulation des décalages annuels, le point vernal se situe maintenant dans les Poissons, symbole de l'eau, de la gentillesse, de l'émotivité. Le décalage se produit tout au long du zodiaque. Tel fidèle qui, né en août, se prend pour un Lion n'est en fait qu'un Cancer, autrement dit un simple crustacé. Pour conjurer cette incohérence, les astrologues se sont débattus comme de beaux diables. Les uns (notamment en France) s'accrochent aux signes traditionnels, abandonnant à leur sort les constellations, à qui pourtant ces signes ont dû leur appellation, et leurs propriétés (supposées). D'autres (dans les pays anglo-saxons) laissent tomber le calendrier astrologique traditionnel, pour pouvoir garder les constellations. Le pire hérétique est Michel Gauquelin, qui a jeté par-dessus bord zodiaque et constellations pour ne garder que la trajectoire quotidienne du Soleil et se réfugier dans le maquis des statistiques.

La précession des équinoxes n'est qu'un exemple des contradictions et des absurdités de l'astrologie, dont Paul Couderc donnait une analyse magistrale. Son ouvrage a connu plusieurs éditions, mais sa mort a laissé le champ libre à une incroyable trahison. Durant plusieurs années, malgré le succès de l'ouvrage (44 000 exemplaires annoncés pour la sixième édition, en 1978), il n'y a pas eu de réédition. Les derniers exemplaires jaunissent dans les bibliothèques. Le titre disparaît du catalogue *Que sais-je ?*, ce qui n'est pas l'usage. Il réapparaît dans un catalogue de 1989, mais sous un autre numéro, ce qui n'est pas non plus l'usage dans cette collection : des sujets remis à jour même par un nouvel auteur, et même avec une modification du titre, y ont conservé leur numéro d'ordre. Le *Que sais-je ?* n° 2481 ressuscite donc le titre de Couderc, avec la même présentation sous l'uniforme de la collection. L'acheteur sortira de la librairie enfin heureux d'avoir découvert ce qu'il cherchait. Il comprendra vite qu'il a été dupé.

Le nouvel auteur, Suzel Fuseau-Braesch, fait suivre son nom de la mention docteur ès sciences. L'ouvrage est un bel échantillon de ce que peut produire un auteur empêtré dans ses croyances irrationnelles et résolu à les défendre en se couvrant de diplômes universitaires sans rapport avec ces croyances. Premiers mots : « L'astrologie est avant tout une donnée de la civilisation... » On peut certes la considérer sous cet aspect. La superstition, et bien d'autres fantasmes hérités du passé de notre espèce, font aussi partie de notre civilisation. Ce qui ne garantit pas leur valeur scientifique. Une étude sociologique sur la persistance de l'astrologie

aurait pu commencer par cette introduction. Elle aurait même eu l'avantage (avec un autre titre) de faire suite à l'œuvre de Couderc, lequel déplorait cette persistance. Mais Suzel Fuseau-Braesch n'est pas sociologue, pas plus d'ailleurs qu'elle n'est astronome. Son livre est celui d'une croyante qui défend sa croyance, avec des arguments insolites pour un débat scientifique. Quand elle évoque les ouvrages de deux astronomes membres de l'Académie des sciences, Evry Schatzman et Jean-Claude Pecker, ce n'est pas pour réfuter leur position, mais pour s'en prendre à "l'anti-astrologie rationaliste", accusée d'être « plus ou moins contrôlée par la vieille école des universitaires communistes ». Alors qu'elle ne peut ignorer que tous les astronomes, quelles que puissent être leurs options politi-



Le zodiac est faux, mais cela n'a pas d'importance puisque les horoscopes qu'on en tire n'ont pas de sens ! La Terre tournant autour du Soleil, on a l'impression que le Soleil se projette successivement parmi les étoiles au cours de l'année. C'est un simple effet de perspective, aussi banal que l'observation du passage d'un avion, la nuit, devant une constellation.

Mais l'axe de rotation de la Terre n'est pas fixe dans l'espace ; il y a 5 000 ans, par exemple, c'était l'étoile α de la constellation du Dragon qui était étoile polaire. Dans 14 000 ans, ce sera l'étoile Véga de la constellation de la Lyre qui sera polaire. Ce phénomène s'appelle la précession des équinoxes. Les conséquences de ce mouvement, dû au fait que la Terre n'est pas une sphère parfaite, sont nombreuses. Une des plus importantes est de faire "glisser" les signes au cours du temps : Lorsqu'un enfant naissait il y a 2 000 ans au mois d'avril, le Soleil semblait se projeter dans le signe du Bélier. Aujourd'hui le soleil au mois d'avril ne se projette plus dans le Bélier, mais dans les Poissons.

Les astrologues, bien que ne connaissant pratiquement rien à l'astronomie de position et encore moins à la mécanique céleste, ont tout de même entendu parler de la précession. Ils savent donc que lorsqu'ils affirment, par exemple, qu'un enfant est du Bélier, c'est faux ; mais ils sont bien placés pour savoir que cela n'a aucune importance : Bélier ou Poissons, cela ne change absolument rien à la destinée de l'enfant.

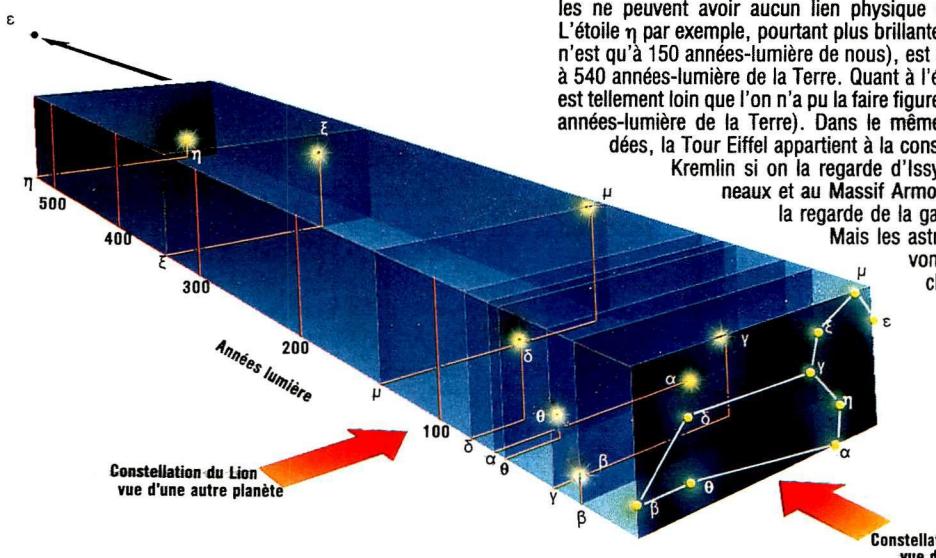
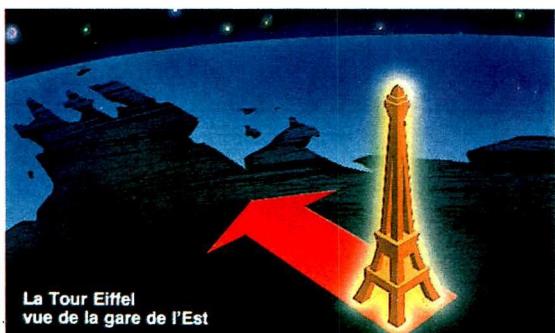
Et cela ne les empêche pas de faire leurs prédictions comme s'ils vivaient il y a 2000 ans !

ques, se rejoignent dans un scepticisme total à l'égard des marchands d'horoscopes. A la dernière page du livre, elle règle ses comptes avec tout le monde en osant écrire : « D'une façon générale, les scientifiques ne connaissent rien à l'astrologie. » Paul Couderc n'est jamais cité. Pas même dans la

bibliographie, qui mentionne... soixante et onze ouvrages relatifs à l'astrologie !

Mme Fuseau-Braesch a vidé son sac le 10 février dernier, au cours d'une émission de France-Inter sur le paranormal, entre 15 h et 16 h. N'y tenant plus, elle a lâché textuellement : « Ce bouquin de Couderc, ça me hérisse depuis longtemps, y avait absolument rien de scientifique dans ce bouquin... » Grâce à *Que sais-je ?*, elle n'est plus hérissee. Devant le micro, elle a dressé séance tenante le thème astral d'un autre invité, l'entomologiste Rémy Chauvin, plus connu du grand public pour ses interventions en faveur des tordeurs de cuillers à distance. Les protestations téléphoniques de quelques auditeurs (qui nous en ont fait part) ne sont pas arrivées jusqu'à l'antenne de France-Inter.

Raisonner avec les astrologues, soutenait Paul Couderc, rapportant les propos désabusés d'un collègue, c'est boxer un oreiller de plumes : on l'enfonce en un point, il se regonfle ailleurs. Mais Couderc ne cherchait pas à ferrailler avec les charlatans. Il mettait en garde leurs éventuelles victimes. C'est ce qu'entreprend à son tour un jeune enseignant de technologie et de physique, Frédéric Lequevère, passionné d'astronomie et auteur de *L'Astrologie, science, art ou imposture* (1). Incapable, selon lui, d'apporter le moindre élément nouveau en faveur



Vues de profil, les constellations n'existent plus.

Les constellations ne sont pas des groupes d'étoiles cohérents. Ceux de la constellation du Lion (ou du Fer à repasser), par exemple, vues de la Terre, forment un dessin, mais vues par le travers, d'une autre planète, elles ne forment plus rien du tout ; elles sont à des distances si considérables les unes des autres qu'elles ne peuvent avoir aucun lien physique entre elles. L'étoile η par exemple, pourtant plus brillante que μ (qui n'est qu'à 150 années-lumière de nous), est située, elle, à 540 années-lumière de la Terre. Quant à l'étoile ϵ , elle est tellement loin que l'on n'a pu la faire figurer ici (1 630 années-lumière de la Terre). Dans le même ordre d'idées, la Tour Eiffel appartient à la constellation du

Kremlin si on la regarde d'Issy-les-Moulineaux et au Massif Armorique si on la regarde de la gare de l'Est.

Mais les astrologues ne vont pas chercher si loin !

de l'astrologie, Mme Fuseau-Braesch se rabat notamment sur la théorie d'un astrologue nommé J. P. Nicola, qui a imaginé « un système cohérent à partir de la typologie de Pavlov ». Selon cette théorie géniale, le jour est un excitant positif, la nuit un excitant négatif (inhibition). Le printemps, où les jours allongent, correspond aux types F+ et V+ de Pavlov ! Il faut donc reconstruire le zodiaque « selon l'optique neurophysiologique pavloviennne » : le Bélier correspond à F+, V+ et à la phase égalitaire de Pavlov (les signes proches de l'équinoxe appartiennent à la phase égalitaire), le Taureau à F+, V- et à la phase paradoxale. Et ainsi de suite. « Outre une nouvelle théorie, écrit triomphalement Suzel Fuseau-Braesch, il y a là un carrefour science-astrologie. » Elle cautionne sans une once d'esprit critique ce baragouin pseudo-scientifique, ne tente pas d'expliquer comment les planètes entrent en relation avec notre système nerveux, se contentant d'affirmer « l'existence de travaux déjà anciens liant l'influence des saisons et l'intelligence mesurée à l'aide du QI dans les deux hémisphères ».

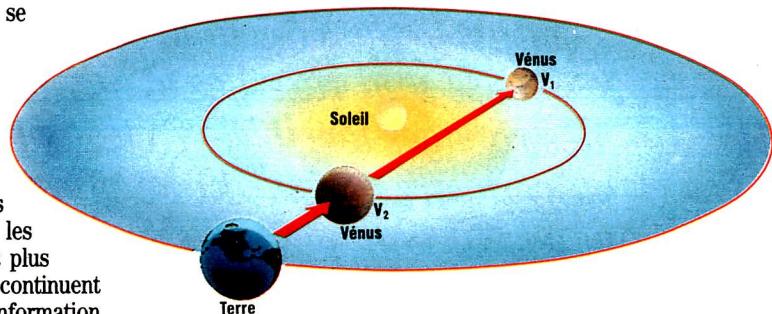
La dérive de *Que sais-je ?* était déjà perceptible par la publication d'ouvrages tels que le n° 1877 qui prend au sérieux les pouvoirs des voyantes. Dérive d'autant plus dangereuse que dans la même collection continuent de paraître des ouvrages utiles par l'information condensée et accessible qu'ils offrent aux étudiants, à tous les universitaires, aux journalistes et plus généralement à tout lecteur désireux d'apprendre l'essentiel sur un sujet précis. Comment feront-ils, avant de décider un achat, pour distinguer le bon grain de l'ivraie ?

Dans une lettre à M. Pierre Angoulvent, président du directoire des Presses universitaires de France, le Pr Pecker faisait part de son inquiétude. La réponse qu'il a reçue est un chef-d'œuvre d'impertinence dans les deux sens de ce terme : elle ne répond pas (tout en faisant semblant d'y répondre) aux questions qui sont posées et elle feint de prendre pour un naïf son correspondant, professeur honoraire au Collège de France et membre de l'Institut. La publication de *l'Astrologie* nouvelle mouture ? Elle résulte de la stratégie de cette collection, qui actualise les ouvrages lors des rééditions successives et remplace les auteurs quand ils sont décédés ou quand ils renoncent à assurer eux-mêmes la révision. « Cette tactique nous conduit régulièrement à maintenir les titres importants au catalogue de la collection en demandant à des auteurs nouveaux de les traiter. » Or l'ouvrage de Mme Fuseau-Braesch est le contraire d'une actualisation du

(1) *L'Astrologie, science, art ou imposture ?* Préface de J.-C. Pecker, l'Horizon chimérique, collection Zététique, 108 F. La Zététique se définit selon Littré comme la « méthode dont on se sert pour pénétrer la raison des choses ».

sujet : il le ramène à des siècles en arrière. Et, contrairement à ce qu'affirme M. Angoulvent, le titre du livre de Couderc avait disparu du catalogue, ce qui permettait d'effacer jusqu'à la trace de l'œuvre du grand astronome et de pousser la malhonnêteté intellectuelle jusqu'à l'ignorer dans la bibliographie du nouvel ouvrage. Quant au contenu de ce dernier, M. Angoulvent se refuse à entrer dans une polémique sur l'astrologie, préférant s'abriter derrière le fait que le nouvel auteur choisi offre « toutes garanties scientifiques, puisqu'elle est directeur de recherches au CNRS », il n'ajoute pas qu'elle sait aussi, comme les auditeurs de France-Inter l'ont constaté, dresser elle-même des horoscopes.

L'accusé de réception que le Pr Pecker a dressé à



Que Vénus soit deux fois plus loin que prévu, ça ne fait rien !

Pour les astrologues, l'influence d'une planète sur l'homme s'exerce plus ou moins selon la place que cette planète semble occuper dans le ciel. Mais ils ne tiennent aucun compte des variations de sa distance (qui était ignorée dans l'Antiquité). Vue de la Terre, Vénus semble dans la même constellation en V₁ et V₂. Mais sa distance a varié du simple au double.

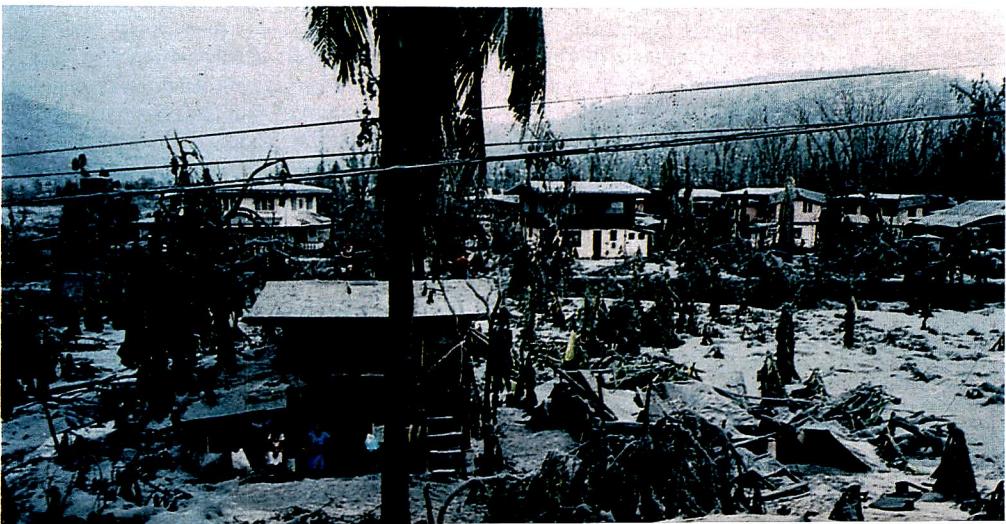
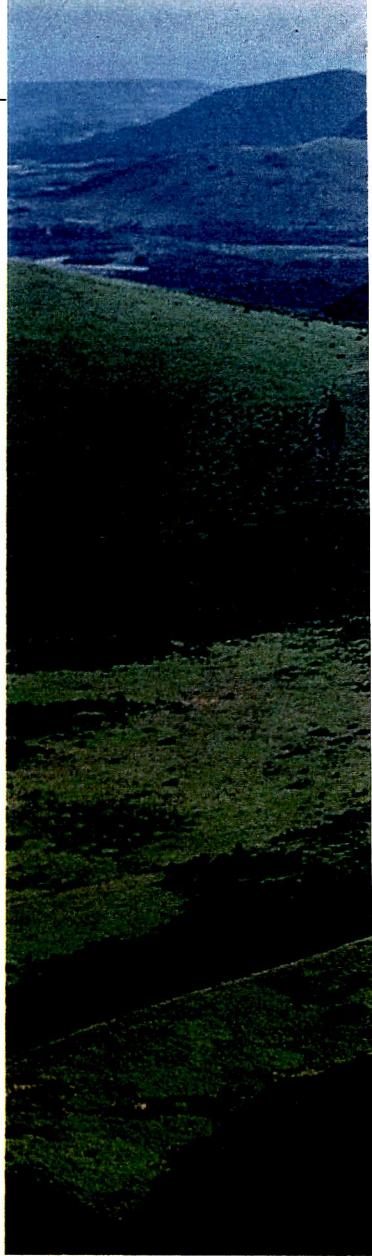
M. Angoulvent tient en quelques lignes : « Votre lettre du 21 janvier, dont je vous remercie, ne me convainc nullement. Mme Fuseau-Braesch est biochimiste. Son domaine de compétence est donc très éloigné de celui du livre *l'Astrologie*. Admettriez-vous que j'écrive (avec "l'autorité" d'un professeur au Collège de France, membre de l'Institut) un livre sur, disons, l'astrologie hindoue dont je sais, moi, que je ne sais rien ? A la tromperie sur la marchandise (même couverture que le livre de Couderc), *Que sais-je ?* associe donc une tromperie sur la compétence et des alibis douieux. Je suis consterné (?) ! »

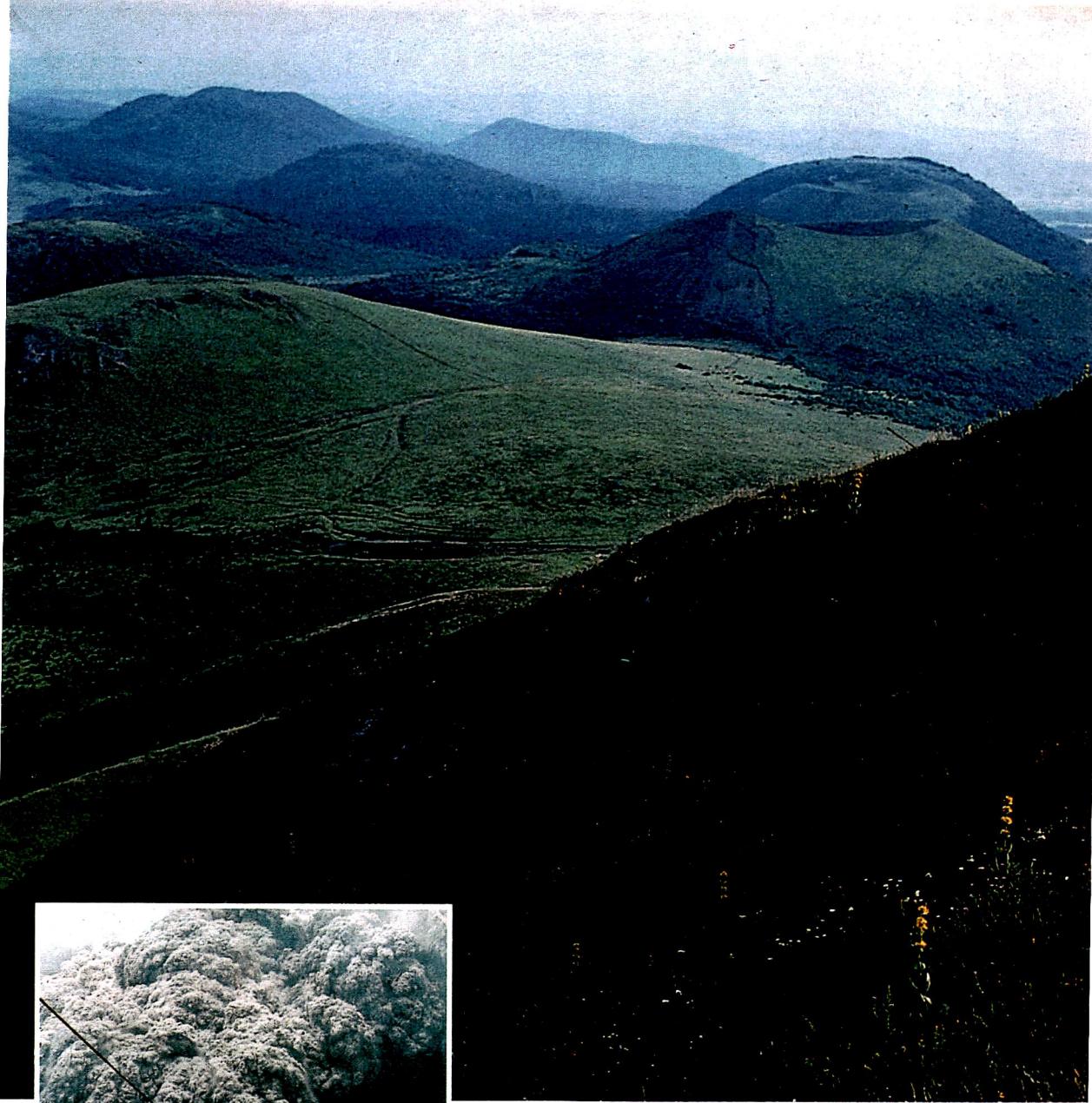
Michel Rouzé

(2) Un texte de J.-C. Pecker apportant des révélations inédites ainsi que divers documents intéressants sur cette affaire ont été publiés dans les numéros 187, 188 et 190 des Cahiers de l'Afis, Sciences et pseudo-sciences, disponibles à la librairie de l'Union rationaliste, 14 rue de l'Ecole Polytechnique, 75005 Paris. Envoi franco de port de l'ensemble des trois numéros contre versement de 75 F à Afis, même adresse (étranger, 90 F).

LES VOLCANS D'AUVERGNE PEUVENT-ILS SE RÉVEILLER ?

Une fois de plus, des volcans éteints depuis quelque 600 ans se sont réveillés et ont fait des ravages terribles. C'était sur la "ceinture de feu" du Pacifique, dont le seul nom peut laisser croire que les éruptions à répétition y sont normales, alors que chez nous la chose paraît inimaginable. Or, les mêmes causes produisant les mêmes effets, nos "puys" peuvent parfaitement entrer en activité un jour ou l'autre.





Chaque année, des dizaines de volcans entrent en éruption plus ou moins violente, sans attirer l'attention du grand public. Au Japon, l'Unzen par exemple, qui s'était réveillé en novembre 1990, après deux siècles de repos (la dernière éruption datait de 1792), n'a intéressé les médias que le 3 juin suivant, à la suite d'une gigantesque explosion qui provoqua la mort de 38 personnes — dont les volcanologues français Maurice et Katia Krafft —,

Le réveil des volcans Pinatubo (page de gauche) et Unzen (ci-contre) a transformé des sites verdoyants en paysages de cendres. La chaîne des Puys (ci-dessus) n'est pas à l'abri d'éruptions semblables.

dévastant la région à 30 km à la ronde, et nécessita l'évacuation de dizaines de milliers de Japonais.

Quelques semaines plus tard, des explosions similaires firent plusieurs centaines de morts au Pinatubo, volcan philippin qui était éteint depuis 611 ans et qu'on avait tellement oublié que son nom ne figure même pas sur l'*Inventaire des volcans du monde*, publié en 1981 par la Smithsonian Institute aux Etats-Unis ! Ce jour-là, pourtant, le volcan se rappelait à l'attention du monde en recouvrant la région d'une épaisse couche de cendres dans un rayon de 40 km, obligeant à évacuer quelque 100 000 Philippins et les 14 500 soldats de la base militaire américaine Clark.

*Au pied des volcans,
même endormis
depuis des siècles,
aucune population
ne sera
jamais en sécurité.*

sud de Manille, en sommeil depuis 1911, fut secoué par une cinquantaine de séismes.

Ce fut encore le cas au Japon, le 15 juin, lorsque les côtes furent touchées par deux tremblements de terre, l'un de magnitude 5,7 sur l'échelle de Richter, à 450 km au nord de Tokyo, l'autre de magnitude 5,2 à 1 600 km au sud.

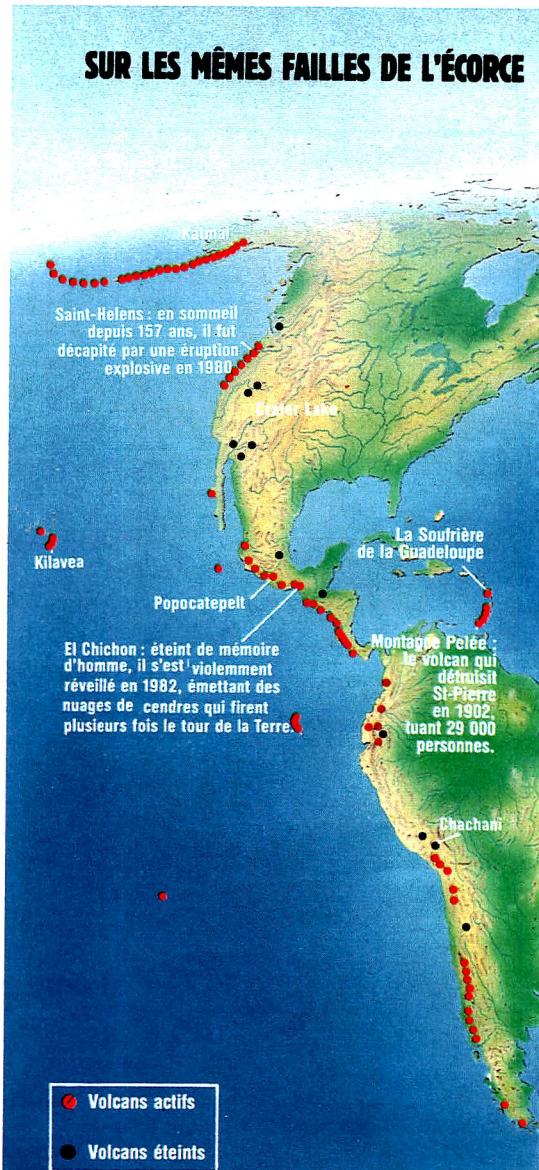
On pense donc, tout naturellement, que tous ces volcans sont comme des cartouches de dynamite reliées à une même mèche récemment allumée, et qu'ils vont entrer en éruption l'un après l'autre. En fait, rien n'est plus faux. Les volcanologues estiment qu'il n'y a aucun lien entre ces éruptions et que, si l'on peut avoir l'impression qu'il y en a un, c'est précisément parce que les médias ont focalisé l'attention du public sur cette région du Pacifique. Des dizaines d'éruptions surviennent chaque année sur la Terre sans qu'il ait jamais été établi de relations entre elles. Pour Haroun Tazieff, c'est le hasard qui a voulu que l'Unzen et le Pinatubo s'éveillent à quelques mois d'intervalle et à plusieurs milliers de kilomètres l'un de l'autre. Même la dérive des continents, a-t-il déclaré le 18 juin dernier, n'explique rien : « La dérive des continents s'exerce continuellement et partout dans le monde. Rien n'indique, encore à l'heure actuelle, qu'un quelconque mouvement de plaques se soit produit dans la région des Philippines. Le Taal et le Mayol, deux volcans philippins, dont la cheminée est beaucoup plus ouverte, seraient dans cette logique entrés en éruption depuis des lustres. » Ce qui est plus certain, c'est qu'au pied des volcans,

même endormis depuis des siècles, aucune population ne sera jamais en sécurité.

Les exemples récents de réveil de volcans en sommeil abondent. El-Chichon, au Mexique, connaît une gigantesque éruption en 1982 avec une émission de cendres qui atteignit la stratosphère, fit le tour de notre planète et fit baisser la température de l'ensemble de l'atmosphère terrestre de quelques dixièmes de degré durant près de trois ans. Pourtant, on pouvait considérer El-Chichon comme éteint : on ne lui a jamais connu d'éruption et c'est tout juste s'il émettait quelques fumerolles.

Deux ans auparavant, en 1980, c'était le Mont

SUR LES MÊMES FAILLES DE L'ÉCORCE



Saint-Helens aux Etats-Unis, qui était décapité par une puissante explosion, dévastant la région par des nuées ardentes, tuant quelques dizaines de personnes (l'approche du Saint-Helens avait heureusement été interdite à temps). Il était en sommeil depuis 157 ans !

Un exemple encore plus étonnant est celui du volcan de la petite île islandaise Heimaey : il était éteint, lui, depuis 5 000 ans et dominait le second port de l'île (5 000 habitants). Au matin du 23 janvier 1973, une fissure de 6 km s'ouvrait sur son flanc, coupant en deux la ville dont la partie nord fut progressivement ensevelie par la lave et les

cendres. L'éruption étant seulement effusive (pas d'explosion), la cité put être évacuée et il n'y eut aucune victime.

Les habitants de Pompéi et d'Herculanum avaient eu moins de chance en l'an 79 avant J.-C., lorsque se produisit l'éruption historique du Vésuve : les explosions projetant cendres et gaz brûlants tuèrent quelque 2 000 personnes. Or, à l'époque, le Vésuve était un volcan éteint : on ne lui connaissait pas d'éruptions antérieures. Une fresque conservée au musée national de Naples le montre recouvert de végétation, avec des arbres.

Il existe ainsi de par le monde quelques centaines

TERRESTRE, VOLCANS ACTIFS ET VOLCANS ÉTEINTS MENACENT



de volcans en sommeil ou considérés comme éteints (1), mais qui, pour les volcanologues, sont tous susceptibles d'entrer à nouveau en activité.

Et notre Massif central ? Considéré comme éteint, il est tout de même susceptible de se réveiller. C'est l'un des plus vastes édifices éruptifs d'Europe, s'étendant du Morvan aux Cévennes, et de la vallée du Rhône au plateau de Millevaches. Il compte notamment les provinces volcaniques de la chaîne des Puys, de la chaîne de la Sioule, de la Limagne, du Mont-Dore, du Cantal, de Velay et des Causses. Ses éruptions les plus récentes, toutes dans la chaîne des Puys, dateraient de 1050 de notre ère et de 850 avant J.-C. Elles ont été déterminées par analyses au carbone 14, de cendres prélevées aux portes mêmes de Clermont-Ferrand. Elles sont cependant contestées, car l'on ne dispose d'aucune précision.

Mis à part ces deux éruptions, vraisemblablement de faible intensité, les plus récentes de la chaîne des Puys datent toutes d'avant Jésus-Christ : 1 940 pour le puy de Montcineyre, 2 250 pour celui de la Vache, 4 650 pour le puy de Montchal, 4 750

pour le Maar de Costes, 4 950 pour le Tartaret et 5 700 pour le puy Mey. Les plus grandes éruptions du Massif central datent de plus de 7 000 ans avant notre ère et les premières ont plus de 35 000 ans.

Avec ses quatre-vingt-quatorze cratères principaux, cette chaîne des Puys est sans doute celle qui risque le plus de nouvelles activités, car c'est la région volcanique la plus jeune. Selon des études géophysiques mentionnées par Maurice Krafft dans ses *Questions à un volcanologue*, il existe sous cette chaîne « une importante anomalie magnétique qui traduit l'existence d'un important réservoir de magma superficiel à environ 5 km de profondeur, épais de 1 km et allongé selon la direction de la chaîne, du lac d'Aydat au sud, au col de la Nugère au nord ».

Comment peut, alors, se produire une éruption ? Les volcanologues en sont encore réduits à des hypothèses. En simplifiant, disons que certains d'entre eux estiment que la différence de densité entre le magma en fusion et la roche solide qui l'entoure suffit à expliquer la montée du magma chaud. D'autres font intervenir des réactions plus

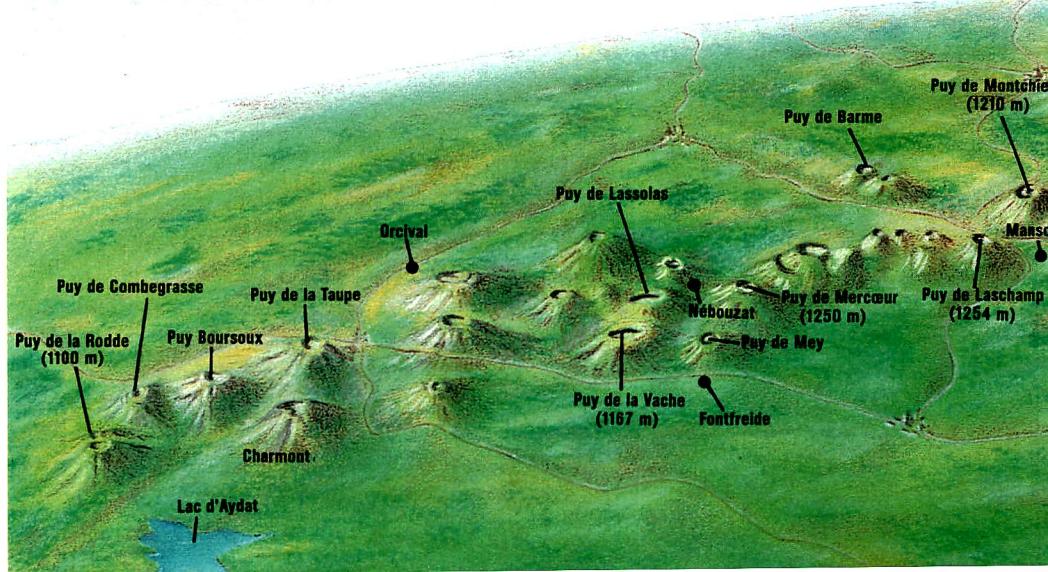
AU TEMPS DES PUYS EN FEU

Une centaine de volcans forment la chaîne des Puys, à l'ouest de Clermont-Ferrand.

La partie la plus ancienne (à droite, sur la carte) a connu des éruptions il y a près de 15 000 ans (depuis 12 800 ans avant notre ère). Elle s'étend au nord des puys de La Chopine et de Chaumont jusqu'à Louchadière. Au

centre, se sont produites les éruptions de l'époque intermédiaire (de 7 000 à 5 000 ans avant J.-C.), des puys de Dôme aux puys de La Vache et de Lassolas.

Les éruptions les plus récentes (de 4 000 ans à 2 000 avant J.-C.) ont eu lieu au sud, entre Laschamps et le Puy de Rodde.



complexes : l'éruption serait due à l'injection de magma basique dans le réservoir de magma acide (riche en silice), ou à l'inverse. Cette intrusion provoquerait de fortes pressions thermodynamiques.

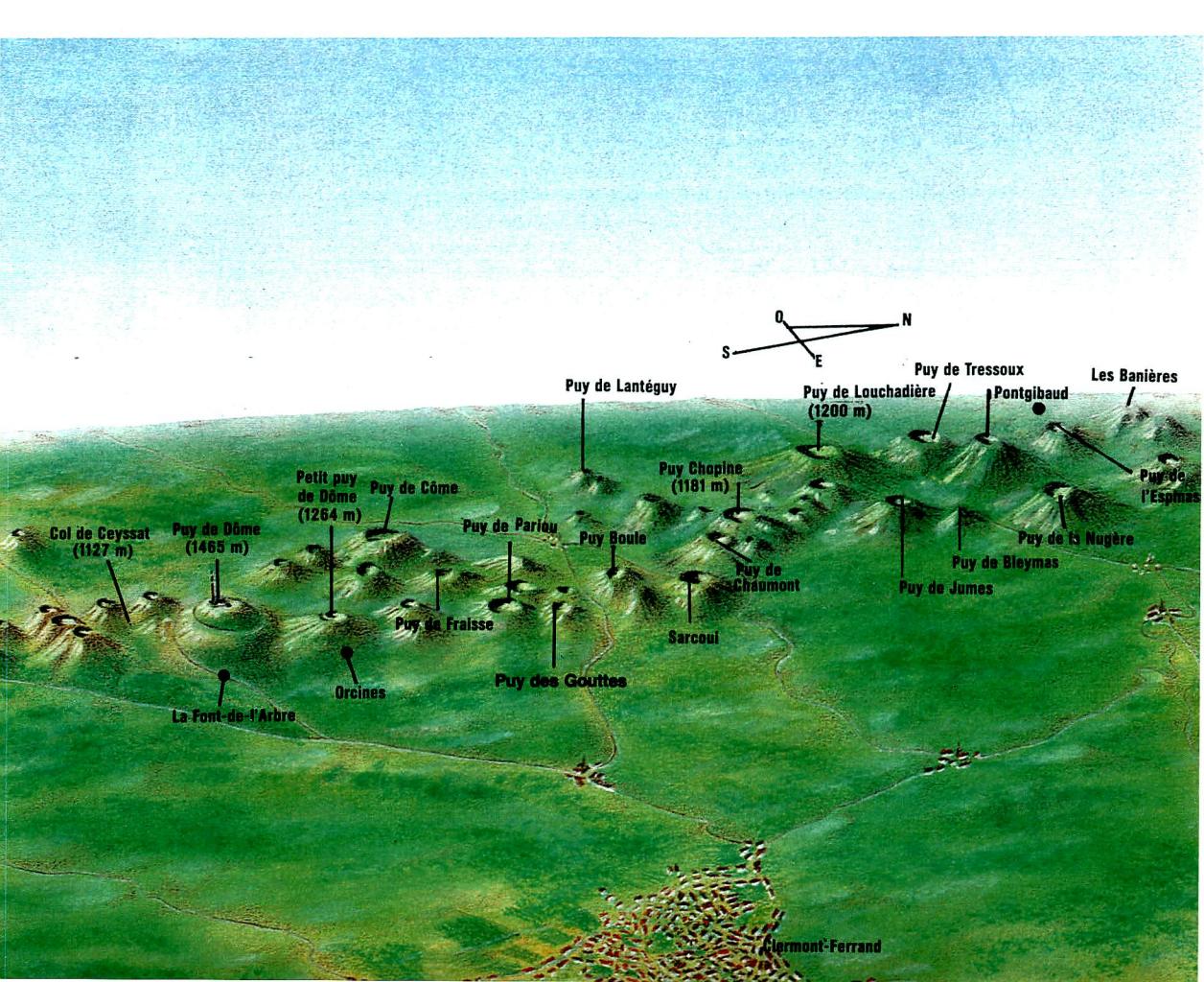
La priorité de risque éruptif attribuée à la chaîne des Puys n'est évidemment qu'une évaluation. En fait nul ne peut prévoir l'avenir. Et, toujours selon Maurice Krafft, le prochain volcan auvergnat « risque aussi bien de surgir au milieu de Clermont-Ferrand, dont le centre est d'ailleurs installé au fond d'un vaste cratère d'explosion récent comblé de sédiments, que dans la région méridionale de la chaîne des Puys. En revanche, l'appareil volcanique du puy de Dôme ne présente pour ainsi dire aucun risque de réveil ». Ceci, dans la mesure où ses éruptions sont anciennes, remontant à 8 200 ans et même à 12 800 ans pour le Petit Puy de Dôme. Alors que, plus au sud dans la région des puys de la Vache et de Lassolas, les dernières éruptions datent de 3 000 à 5 000 ans.

Si l'on se réfère aux activités volcaniques passées, il y a environ 75 % de chances pour qu'une éruption dans la chaîne des Puys ne soit qu'effusive,

comme ce fut le cas à Heimaey en Islande, et seulement 19 % de risques d'assister à une éruption explosive, comme à la Montagne Pelée à la Martinique. En effet, l'on peut estimer qu'une activité future de la chaîne des Puys ressemblerait à son activité passée. Or, sur environ 110 volcans, seulement une vingtaine sont de type explosif, c'est-à-dire ayant donné naissance à des nuées ardentes. Les autres sont de type effusif (ou strombolien). Dans tous les cas cependant, le volcan se manifestera plusieurs mois ou même plusieurs années à l'avance, par des séismes peu violents, enregistrés par les sismographes. Car le réveil d'un volcan commence toujours par des mouvements internes qui s'accompagnent de poussées progressivement plus fortes. Rien donc de comparable à l'instantanéité de l'explosion d'une bombe.

Roger Bellone

(1) Haroun Tazieff et Max Derrau rappellent dans leur dernier ouvrage *le Volcanisme et sa prévention* (Masson, 1990), qu'« on appelle classiquement volcan actif celui dont on connaît au moins une éruption "historique" — c'est-à-dire qui a eu lieu depuis le VI^e ou le VII^e siècle avant J.-C. s'il s'agit du monde grec ou romain, mais seulement depuis le début du XVII^e siècle de notre ère, s'il s'agit de Hokkaido, île tard colonisée dans le nord du Japon ».



LE CORAIL TÉMOIGNE : LA TERRE SE RÉCHAUFFE !

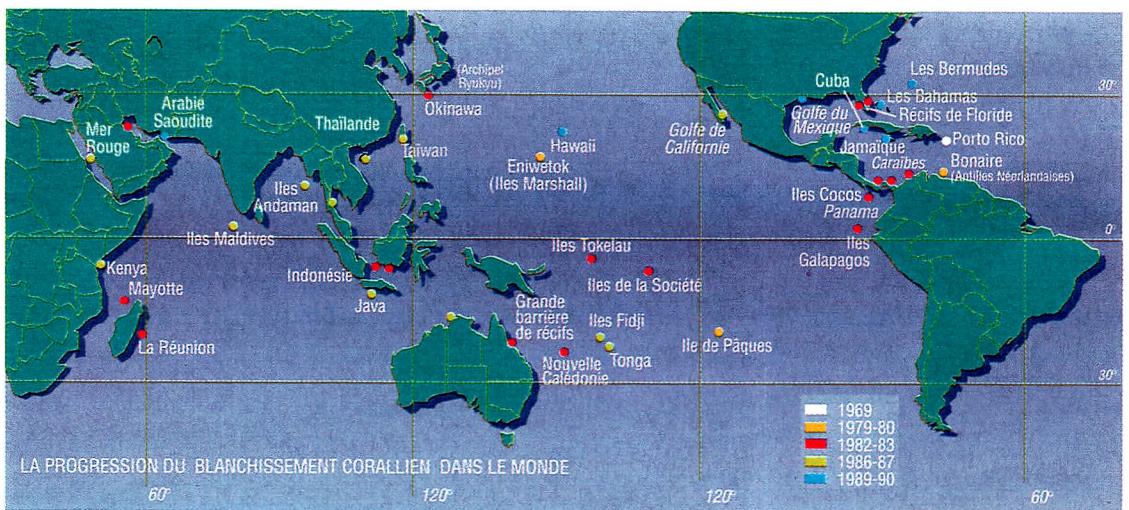
Les récifs coralliens

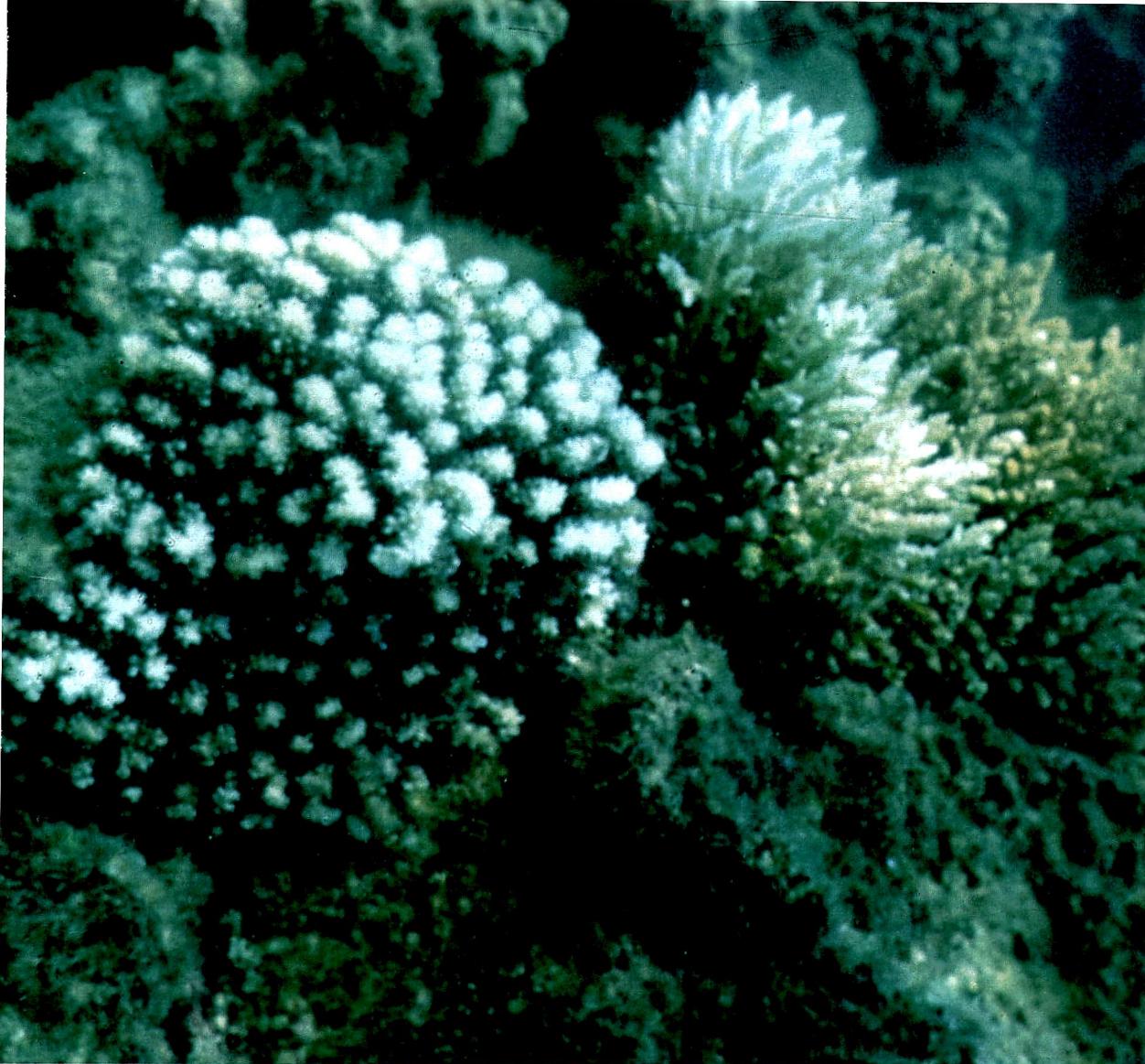
des plus belles mers du monde se meurent. On a passé en revue toutes les causes possibles. La seule qui ait été retenue est le réchauffement, de plus de 1°C, des eaux superficielles des océans.

Depuis le mois de mars dernier, les récifs coralliens de Tahiti et de l'île de Moorea, comme ceux de Bora-Bora, ont changé de couleur : ils sont passés du brun ou jaunâtre, parfois violet, à des couleurs bleutées fluorescentes ou verdâtres. En juin, leur teinte a blanchi. Le phénomène semble, pour le moment, limité aux îles de la Société. Les coraux sont moribonds mais ils ne sont pas morts. Du moins, pas encore... Mais on apprend qu'en avril des phénomènes analogues de blanchissement ont été signalés aux îles du Grand Cayman, dans les Caraïbes, au sud de Cuba. Lorsque l'on s'interroge sur la cause de ces phénomènes, la réponse qui semble la plus plausible est la chaleur inaccoutumée des eaux océaniques.

On ne parvient pas à distinguer si c'est le corail lui-même qui "proteste" contre le réchauffement, ou si c'est l'hôte qu'il abrite depuis la nuit des temps qui réagit. Car les coraux constructeurs de récifs possèdent dans leurs tissus mous des algues unicellulaires qui vivent en symbiose étroite avec eux. Ces algues sont des zooxanthelles microscopiques.

PAR BERNARD SALVAT





Le manteau blanc de la mort.

Le blanchissement des récifs coralliens est une véritable catastrophe écologique, comme en témoigne ce corail branchu (2) qui a perdu sa couleur naturelle pour laisser paraître un squelette blanc. Pourtant, certaines espèces, tel ce corail chou-fleur (1) dont l'extrémité commence toutefois à blanchir, sont moins touchées par la maladie, sans qu'on en connaisse encore la raison. Mais il est urgent d'agir, car, des Caraïbes au Pacifique Sud, le récif corallien est atteint (voir ci-contre les points du globe concernés par le blanchissement).

Elles peuplent, par milliards, chaque centimètre cube du tissu corallien, et favorisent la calcification — les récifs coralliens les plus riches fixent, par an, jusqu'à 10 kg de carbonate de calcium par mètre carré, constituant ainsi la plus importante construction solide jamais réalisée par des êtres vivants.

Lorsque cette "association" paisible et féconde subit un stress, l'édifice entier est mis à mal. Quelles peuvent être les causes de ce déclin ? On a accusé le rayonnement excessif d'ultra-violet, occasionné par la destruction de la couche d'ozone. Francis Rougerie, océanologue à la station ORSTOM (Institut français de recherche pour le développement en coopération) de Papeete, émet quant à lui l'hypothèse d'un déficit nutritif induit par une perturbation de l'*Upwelling*. Ce terme désigne le mouvement des courants marins ascendants qui

saupoudrent les régions côtières de sels minéraux puisés dans les profondeurs des océans.

Cependant, la cause principale du déperissement des coraux est le réchauffement des eaux. Ce changement de température du biotope provoque

la séparation des algues et du corail, entraînant le changement de la couleur de ce dernier. Mais quel est le déroulement exact de ce "divorce" fatal ? Est-ce le corail qui rejette les algues, ou celles-ci quittent-elles le navire métaboliquement ébranlé ?

Sans ces algues, les tissus du corail, mous et translucides, laissent paraître son squelette : il est blanc comme ces échantillons ramenés des mers tropicales par le touriste en guise de souvenir. Le stress provoque donc, en premier lieu, la dépigmentation des tissus (d'où le terme de blanchissement).

Quel est l'état physiologique de ces coraux blanchis ? Leur métabolisme est réduit et leur appétit pour le zooplancton est affaibli. Les travaux du chercheur américain Tom Goreau, entre autres, effectués dans les Caraïbes, ont montré que la croissance, la calcification et la reproduction des colonies coraliennes atteintes de ce mal s'arrêtent : les tissus mous dégénèrent, le corail meurt et le squelette se recouvre rapidement d'une colonnie d'algues brunes. En revanche, si ce stress n'est que passager, les coraux récupèrent : les algues se multiplient à nouveau dans les tissus de l'hôte qui reprend sa couleur initiale.

Lorsque le pourcentage des colonies coraliennes atteintes par le blanchissement est important, c'est le récif tout entier qui est menacé. Et la disparition d'un tel écosystème a pour conséquence la destruction de la faune extraordinaire caractéristique des récifs coralliens. En effet ces milieux sont très poissonneux : la potentialité de collecte a été estimée à

une dizaine de tonnes par km² et par an. Les coquillages, tel le bénitier, ou les holothuries, comme le trépang, sont tout autant menacés. La mort du corail entraînerait une chaîne de catastrophes.

Dans les îles de la Société (dont Tahiti est le centre), en plein cœur du Pacifique, c'est M. Pouliquen, plongeur professionnel, qui a révélé en avril dernier l'ampleur du phénomène de blanchissement qui s'était développé depuis la mi-mars (*voir photo p. 31*). Au même moment, les chercheurs du Centre de l'environnement de Moorea constataient le même phénomène. Les coraux malades baignent tous au-dessus de quarante mètres de profondeur, dans un secteur où les récifs sont directement balayés par les eaux océaniques.

Des résultats d'observations plus précises révèlent de nombreuses particularités. La gravité du blanchissement varie selon l'identité de l'hôte : 98 % des coraux branchus (*Acropora*) sont malades, alors que seulement 25 % des coraux choux-fleurs (*Pocillopora*) sont atteints. Deuxième indice : les plongeurs constatent également que les coraux implantés entre 0 et 20 m sont plus touchés que ceux qui ont élu domicile dans des eaux plus profondes. Le phénomène semblait à ses débuts limité aux îles de la Société selon les informations recueillies par la Délégation à l'environnement du gouvernement polynésien qui a eu, il y a tout juste deux ans, la judicieuse initiative de mettre sur pied un réseau de surveillance du milieu corallien de l'île de Tahiti. Voilà pour les TOM.

Mais, depuis quelques années, des blanchissements de récifs coralliens ont été signalés en de multiples autres régions de la zone intertropicale : des Caraïbes à l'île de Pâques, en passant par les îles de l'océan Indien, les Ryu-Kyu (Japon), Hawaii, la Grande Barrière de corail sur la côte nord-est australienne, les Fidji en plus de la Polynésie (*voir carte p. 30*).

Ce n'est qu'en 1990 que des travaux de synthèse ont permis de dégager l'importance mondiale du phénomène et son aggravation depuis le début des années 1980. On a de nouveau examiné toutes les causes possibles à cette maladie. Mais, là encore, les données historiques confirment le rôle déterminant de l'élévation de température des eaux superficielles océaniques. Car ce paramètre écologique est primordial dans la vie du récif. En effet les coraux vivent et prospèrent à la limite de leur température léthale qui se situe vers 30°. Au cours de la dernière décennie, Tom Goreau a mis en évidence la corrélation entre les températures supérieures à 29,6° C et des phénomènes de blanchissement dans les eaux côtières de plusieurs îles des Caraïbes : il a été prouvé que l'élévation de la température de quel-

(1) Departamento de Ciencias Marinas, universidad de Puerto Rico, PO Box 5000, Mayaguez, Puerto Rico 00709.

(2) Voir *Science & vie* n° 869, février 1990.

ques degrés provoquait bien le stress et le blanchissement.

Le drame est qu'une élévation de 1°C à 2°C (pendant la saison chaude), et ce pendant plusieurs semaines, suffit à déclencher la mortalité massive des coraux, et par conséquent la disparition des récifs eux-mêmes. Or, à Tahiti, les scientifiques relèvent depuis plusieurs mois, des températures océaniques supérieures à la normale de 1°C à 1,5°C, dépassant ainsi la barre fatidique des 29,6°C. Par ailleurs, la situation météorologique et océanographique dans les îles de la Société est depuis novembre dernier d'un très grand calme, ce qui semble précipiter, par asphyxie, l'agonie des coraux. En effet, l'absence de brassage des eaux superficielles diminue l'oxygénation du milieu marin.

Ces mesures locales sont attestées par les don-

nées satellites de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), qui confirment l'augmentation de la température de l'Océan aux abords des îles de la Société. Autant d'indices d'un réchauffement global de l'air qui se répercute dans les eaux superficielles en tuant le corail.

Cette hypothèse, avancée dès 1989 par des chercheurs américains, est confirmée par l'extension de ce mal des mers. A l'université de Puerto Rico (1), Ernest Williams centralise toutes les informations relatives à cette maladie. Il en tire d'ores et déjà la conclusion suivante : 1991-1992 pourrait être une période importante de blanchissement à l'échelle de l'écosystème corallien mondial. Le cas des îles de la Société ne serait-il qu'un funeste début ? Aussi le blanchissement des coraux inquiète-t-il les scientifiques qui voient dans cet indice la première mar-

(suite du texte page 149)

LE CORAIL CONSTRUIT EN DUR SOUS LA MER

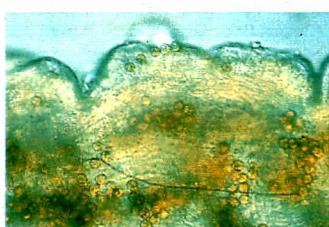
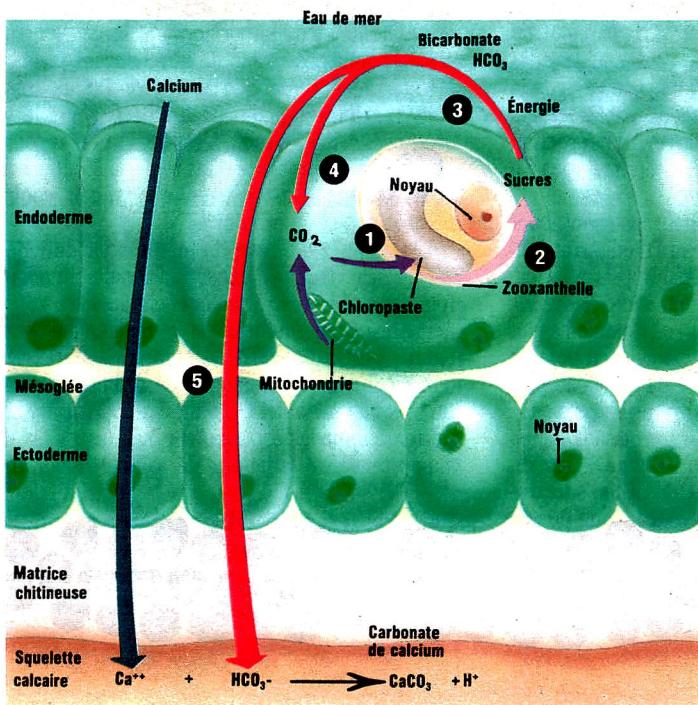
La symbiose entre les coraux et les algues est une association à bénéfices réciproques réunissant un animal et un végétal. L'algue s'est nichée dans la peau du corail (endoderme) afin d'utiliser le gaz carbonique — dégagé par la respiration des mitochondries du corail — pour fabriquer ses tissus par l'entremise de la chimie de la photosynthèse (1). Cette réaction utilise l'énergie lumineuse captée par les chloroplastes pour transformer le gaz carbonique (CO_2) en sucre (2). Ces derniers sont consommés par le corail pour fabriquer l'énergie nécessaire au

mécanisme de pompage transmembranaire des ions bicarbonates dissous dans l'eau de mer (3). Ce bicarbonate suit alors deux destinées : une partie est transformée en gaz carbonique qui alimente les zooxanthelles (4) ($\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{OH}^- + \text{CO}_2$). L'algue stimule donc cette pompe à bicarbonate car son alimentation en CO_2 est d'autant plus importante qu'elle fonctionne vite.

Le reste du bicarbonate subit une transformation enzymatique qui lui associe les ions calcium dans le carbonate de calcium composant le squelette calcaire des coraux ($\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{++} \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}^+$) (5).

Une nouvelle fois, la consommation de CO_2 par les algues stimule la fabrication du squelette puisqu'elle active la pompe à bicarbonate. La construction de l'édifice génère des protons qui serviront à neutraliser les ions OH^- produits précédemment dans l'endoderme. J. Jaubert responsable de l'Observatoire océanique européen de Monaco parle « d'une véritable photocalcification des coraux ».

La connaissance de cette chimie des coraux est primordiale pour l'avenir de la planète puisque ces récifs piègent dans leur squelette une partie du CO_2 dissous dans l'eau. En effet, 98 % du gaz carbonique de l'eau de mer est sous forme d'ion bicarbonate. Quelle quantité de CO_2 est ainsi piégée au fond des mers par les coraux ? Bref : la croissance des récifs coralliens peut-elle compenser l'augmentation de CO_2 atmosphérique et combattre ainsi l'effet de serre ? La réponse risque bien de nous échapper si rien n'est fait pour enrayer le déclin actuel. Didier Dubrana



Une association à bénéfices

réciproques. Les zooxanthelles, algues symbiotiques, s'associent avec le corail mais aussi avec le bénitier dont on voit ici le bord du manteau.

LA FIN DU MÉROU ?

Plus qu'un poisson, un être mythique. Imagine-t-on la Méditerranée sans son mérou légendaire ? Pourtant, l'espèce se raréfie sur nos côtes. Patrice Francour, du Laboratoire de biologie marine et d'écologie du Benthos, à Marseille, dresse l'état de nos dernières connaissances sur cet étonnant serranidé.

Ia de multiples "admirateurs" : plongeurs, photographes, pêcheurs professionnels et chasseurs sous-marins, ou simplement fins gourmets pratiquant sa compagnie à la table des grands restaurants. Sans compter une classe d'amis particulièrement fervents : les ichtyologistes, qui ont de nombreuses raisons scientifiques de se passionner pour cet animal curieux.

Curieux aux deux sens du terme, car si le mérou excite la curiosité du sportif ou du biologiste, il manifeste lui-même un intérêt béat pour tout visiteur humain qui traverse son domaine.

Voir son premier mérou est une expérience qui compte dans la vie d'un plongeur. Les vétérans racontent combien ce poisson abondait autrefois derrière chaque rocher. Cet hôte familier — trop familier pour son propre bien — accueille sans timidité ni agressivité le visiteur masqué venu de la terre ferme. Avec son tempérament placide et son naturel confiant, il se laisse facilement approcher, quand il ne fait pas lui-même le premier pas : il devient alors une proie facile.

De pareilles rencontres, malheureusement, sont de plus en plus rares dans les eaux méditerranéennes françaises. Le mérou aurait-il appris à se cacher, la surpopulation de plongeurs et de chasseurs, et ses mauvaises expériences avec l'homme l'ayant rendu méfiant ? Ou est-il effectivement en voie de disparition, sous l'effet conjugué d'une pêche professionnelle et d'une chasse sous-marine pratiquée à outrance par un nombre toujours croissant d'amateurs ? De l'avis de certains connaisseurs de la mer, on ne saurait même plus parler de pêche sportive tant la chasse au mérou a pris, tout le long de nos côtes, les proportions d'un massacre.

Les scientifiques ne sont pas tous affirmatifs sur les causes de ce dépeuplement. Lorsque la question

leur est posée, la réponse prend souvent un tour prudent. Car, paradoxalement, alors que ce poisson se laisse facilement approcher par l'homme, on le connaît assez mal. Une synthèse scientifique récente a fait le point sur ce que nous savons de lui.

Les mérous composent une part importante de la faune marine tropicale, subtropicale et tempérée chaude. Ils constituent une relique de l'antique population de la Tethys, l'immense océan primitif d'où naquit, entre autres, la Méditerranée.

Comme tous les mérous du monde, les espèces méditerranéennes appartiennent à la famille des *Serranidae*, laquelle comprend plus de 500 espèces côtières, toutes prédatrices, carnassières, voraces, à bouche largement fendue. Au sein de cette vaste famille, les mérous forment le genre *Epinephelus*, dont pas moins de huit espèces vivent en Méditerranée (bien que près de dix-huit autres soient également qualifiées de "mérous" par le *vulgarum pecus*, mais à tort). L'espèce la plus répandue sur nos côtes, présente dans toute la Méditerranée et en Atlantique, est *Epinephelus guaza*, communément appelé "mérou brun".

Les habitudes de vie du mérou sont difficiles à cerner, car maintes exceptions viennent chaque fois contredire les règles qui semblent les gouverner. Ainsi, le mérou brun est-il typiquement "sténohalin", c'est-à-dire qu'il ne peut, en théorie, vivre que dans un environnement de salinité constante ou très peu variable. Or, on le voit parfois se comporter comme les espèces "euryhalines", lesquelles supportent des variations de salinité importantes

Le plus casanier des poissons observe les passants devant l'ouverture de sa grotte, immobile comme une pierre. Sa chambre est loin sous la roche, après un long couloir.



du milieu ambiant, grâce à des mécanismes régulateurs qui assurent à leur sang et à leurs tissus une concentration moléculaire stable. En effet, le mérou brun fréquente également certains estuaires ou des lagunes, habitats par excellence des espèces euryhalines, notamment en Afrique du Nord et en Corse.

La raréfaction du mérou des zones littorales pourrait être due à sa migration vers des profondeurs de plus en plus grandes. Il y a quelques années encore, on le trouvait couramment à près de 10 mètres de fond et moins. Mais cela est devenu un fait rare : on le rencontre le plus souvent, de nos jours, entre 50 m et 100 m sous la surface ; le mérou brun a même été signalé à 300 m de profondeur, au large du littoral africain.

Epinephelus guaza manifeste une très nette préférence pour les fonds rocheux, de préférence accidentés. Au-dessous de 50 m, il ne trouve plus que des fonds de gravier, d'algues calcaires, voire de sable, mais il s'en contente. Il s'accommode donc d'une grande diversité d'habitats.

Une campagne de plongée a été effectuée récemment par des chercheurs français, sur fonds rocheux entre 20 m et 40 m. Il en est ressorti une image plus claire du comportement du mérou dans son biotope. Tous les poissons observés logeaient dans les anfractuosités de roche. On rencontre des

habitations collectives occupées par plusieurs individus ; dans ce cas, les "copropriétaires" sont toujours d'une taille supérieure à 60 cm. Mais la plupart des sujets vivent seuls, dans des cavités proportionnées à leur taille. La chambre est souvent éloignée de l'entrée, le fond du gîte étant rarement visible de l'orifice. Ce trou est de toute évidence choisi avec soin dans la perspective d'une occupation durable.

Il arrive qu'un mérou soit expulsé de son antre par un congénère ; ces expropriations, par la force ou l'intimidation, sont invariablement le fait de gros mérous.

Quand il s'agit d'affirmer son titre de propriété face à l'intrus, le maître des lieux adopte un teint livide (son corps pâlit littéralement), il se précipite sur l'importun, se campe face à lui avec détermination. Si cette manœuvre n'est pas suffisamment dissuasive, il pourra mordre le gêneur.

Si l'occupant ordinaire d'un gîte montre un fort instinct de défense quand son territoire est menacé, le challenger, de son côté, n'attaque pas mais fait patiemment le siège du gîte convoité, parfois pendant plusieurs jours, et attend que le propriétaire abandonne la partie.

L'activité de l'espèce répond à des cycles phénologiques⁽¹⁾ très marqués. Par exemple, les mérous sortent beaucoup de leur antre en été et en automne, moins au printemps et encore plus rarement en hiver. Lorsque l'un d'eux s'aventure dehors en période hivernale, il a des réactions déconcertantes pour l'observateur qui a l'habitude de fréquenter l'espèce en d'autres saisons : il se montre beaucoup plus craintif. L'apparition du plongeur paraît le surprendre et le décontenancer, alors qu'en été il accepte très bien la présence de l'homme. Cette attitude peut s'expliquer par un endormissement lié à la baisse de température des eaux.

Ces changements comportementaux pourraient rendre compte des variations saisonnières d'abondance : les mérous semblent en effet plus nombreux en été qu'en hiver. Très longtemps, pour apprécier la démographie d'une espèce, les scientifiques n'ont eu pratiquement que les témoignages des pêcheurs professionnels. Cela reste de nos jours encore un élément

LES SCIENTIFIQUES S'INTÉRESSENT AU MÉROU

L'absence de connaissances fondamentales sur le mérou et la nécessité d'une protection ont motivé la création du Groupe d'étude du mérou (GEM). Il réunit des représentants des quatre espaces marins protégés de Méditerranée française (Parc national de Port-Cros, réserves de Cerbère-Banyuls, de Scandola et des îles Lavezzi) et des scientifiques appartenant à divers laboratoires. Les objectifs sont nombreux : à long terme, une meilleure connaissance de la biologie du mérou et de la dynamique des populations ; à court terme, une estimation du stock actuel de ces poissons sur nos côtes et un suivi de son évolution.

Le GEM a déjà organisé des campagnes de suivi dans les quatre espaces marins protégés. Ces différentes missions ont permis d'apprécier l'état de la population, son évolution quand on disposait de données de comparaison antérieures, et surtout elles ont permis de mettre au point et d'utiliser efficacement une méthode de marquage non traumatisante des poissons. Le marquage des mérous est un moyen fiable pour apprécier leur déplacement à moyen terme ou leur sédentarité sur

un site donné. Ces différentes campagnes de recensement et de marquages ont été suivies par des opérations de contrôle pendant plusieurs années, en particulier dans le Parc national de Port-Cros. La majeure partie des renseignements disponibles actuellement sur la démographie et l'éthologie des populations de mérous des côtes françaises sont issus de ces différentes campagnes. Le projet "mérou" est donc bien lancé et il a déjà apporté des renseignements très précieux, mais il soulève de nouvelles questions et de nouvelles perspectives de recherche fondamentale et appliquée. Il apparaît, en particulier, que la dynamique des populations de mérous doit intégrer une composante spatiale à grande échelle. Des études de sérologie, par exemple, sont prévues ; elles permettront d'étudier les liens réels existant entre les différentes populations de France, d'Italie et d'Afrique du Nord. Le mérou, un animal bien connu que l'on peut protéger efficacement ? Les scientifiques diront certainement "oui" dans quelques années, mais laisseront-on aux mérous de nos côtes le temps d'attendre ?

(1) La phénologie est l'étude des variations des phénomènes périodiques de la vie végétale et animale en fonction des saisons et du climat. On parle aussi de bioclimatalogie.



Sur les traces des mérous. Pour contrôler les dires des plongeurs, les ichtyologues marquent les mérous et les suivent au cours de leur vie.

d'information largement exploité, bien qu'avec prudence, par les chercheurs. Mais l'utilisation de la plongée sous-marine a considérablement fait progresser les connaissances scientifiques : les notions d'abondance ou de rareté d'une espèce ont pu notamment être révisées. De même, les modifications saisonnières du comportement du mérou n'ont pu être démontrées qu'à l'aide de la plongée autonome. Ces changements de comportement peuvent d'ailleurs nous éclairer sur les baisses des effectifs de ce poisson en hiver, phénomène cité dans les statistiques de pêche. En fait, les statistiques élaborées par les pêcheurs nous renseignent uniquement sur l'importance de la prise à différents moments de l'année (la "capturabilité" comme disent les scientifiques), mais nullement sur la véritable situation démographique de l'espèce aux mêmes périodes. Il est vraisemblable, en effet, que la baisse du nombre de mérous constatée en

hiver correspond simplement à la plus faible amplitude de déplacement du poisson en cette saison.

Nous avons considéré le cycle d'activité du mérou à l'échelle de l'année. Qu'en est-il à plus long terme ? Les mérous sont-ils d'irréductibles sédentaires, les pantoufles de la gent aquicole (un trou, c'est pour la vie), ou de grands migrateurs, des aventuriers au sang de nomades ?

On a pu suivre le mérou à la trace, grâce à des opérations de marquage et des observations en plongée dans un secteur d'étude. Les scientifiques ont alors constaté qu'il se déplace fréquemment dans un rayon d'un kilomètre autour de son gîte. Bon nombre d'individus déménagent au bout de quelques mois et partent se reloger assez loin de leur ancienne résidence. Sur plusieurs années, la population du secteur s'est totalement renouvelée : près du tiers des habitants étant remplacé chaque année par des nouveaux venus.

Curieusement,

20 NOMS POUR UN POISSON

Albanie	kem
Algérie	mérot, mero nuar
Allemagne	großer Sägebarsch
Angleterre	dusky grouper
Angola	mero
Canaries	cacharro
Chypre	orphos
Egypte	wakar
Espagne	mero nebuloso, mero, xerma
France	mérou brun, mérou sombre
Grèce	rophos, stira
Israël	daqqar hasselaim
Italie	cernia, cernia gigante
Liban	ahfesh
Libye	farrug
Malte	cerna, menene
Portugal	mero, garoupa preta
Tunisie	mennani ahmar
Turquie	orfoz
Yougoslavie	kirinja, kirnia

LE SOUS-GELE RESSUSCITÉ

Le fugu est un poisson qui doit arriver vivant sur la table du cuisinier japonais. Où il vaut deux fois son pesant de caviar. Mais, pour survivre pendant le transport, le poisson réclame au minimum cent fois son poids d'eau. La Japan Airlines a trouvé une solution scientifique : en abaissant à 0°C la température du fugu vivant et en le réchauffant à l'arrivée, on le transporte presqu'à sec.

PAR PIERRE LAMBERT



sorte de vive, a des nageoires venimeuses, le second, *Arodon hispidus* ou poisson-ballon, une variété de tétrodon, recèle dans ses viscères un poison paralysant très violent et mortel, la tétridotoxine. La préparation de ce dernier, en fines lamelles, consommées évidemment crues, exige un talent chirurgical autant que des connaissances anatomiques de haut vol. Seuls des cuisiniers spécialisés, et diplômés, s'y risquent. Etant donné qu'un fugu de 500 g coûte déjà, non préparé, quelque 1 800 F, sa préparation triple environ son prix. Mais on enregistre quand même chaque année quelques morts consécutives à la consommation de ce plat ce qui procure sans doute un frisson supplémentaire au gastronome japonais.

En plus, ces poissons se consomment ultra-frais ; une fois pêchés, il faut les garder dans de l'eau de mer, oxygénée et filtrée de façon permanente ; autrement dit, il faut les expédier dans un aquarium jusqu'à la table du cuisinier. Dans la pratique, le poids de l'eau représente cent fois celui du poisson. On conçoit qu'en ajoutant le prix du transport de l'aquarium, ces délices atteignent des tarifs prohibitifs. Il est alors impossible d'envisager ce voyage par avion, sauf pour quelque festin de Sardanapale.

Attaquant ce problème, un ingénieur de la Japan Airlines, Hiroschi Manome, a retrouvé des études, vieilles d'un siècle, du russe Bachmetieff, qui lui offraient une clef. Ce zoologiste avait observé que, lorsque les rivières sibériennes gélent, elles emprisonnent des poissons dans les glaces. Ces poissons auraient donc dû être morts ; mais au dégel, Bachmetieff constata que certains d'entre eux naissaient de nouveau.

Une singularité gastronomique japonaise a remis en lumière un phénomène biologique. Qui plus est, un phénomène commercialement exploitable. Entre autres poissons, les Japonais apprécient particulièrement l'ocozé et surtout le fugu. Poissons rares qu'on ne risque guère de voir figurer sur les étals de nos poissonniers : le premier, une

De même, des poissons ramassés en hiver sur les bords de la mer Caspienne et transportés à plusieurs kilomètres de là, sur des marchés, revivaient quelquefois, à la joie évidente des poissonniers. Bachmetieff nota toutefois que les poissons revivaient au bout de plusieurs semaines de gel, certes, mais jamais au-delà de six.

Poursuivant ses observations, il observa encore le même phénomène chez des invertébrés, notamment des insectes qui naissaient dans les marécages à la saison chaude. L'hiver venu, ces insectes ajustaient la température de leur corps à l'air ambiant et celle-ci descendait ainsi au-dessous de 0°C, et cela sans geler. La température critique, au-dessous de laquelle l'adaptation n'était plus possible, se situait, selon Bachmetieff, entre -7,7°C et -12,8°C.

Le fugu habitué à une eau tropicale est cependant différent des poissons observés par Bachmetieff. Ces derniers synthétisent une protéine antigel capable de limiter la formation de glace dans les tissus et, de ce fait, ils peuvent supporter des températures très basses, ce qui n'est pas le cas du fugu.

Manome imagina pourtant de soumettre ocozé, fugu et sole japonaise (assez différente de la nôtre) à une hibernation artificielle moins poussée que celle de Bachmetieff. L'expérience a eu lieu à Kagoshima, à l'extrême sud du Japon. Ayant fait fabriquer un grand bac, muni d'une unité de filtration et d'une unité de réfrigération, il l'a rempli d'eau de mer et il a descendu le poisson vivant dans des paniers. Il a progressivement abaissé la température aux environs de 0°C ; puis il a vidé l'eau, et le bac, allégé de cent fois son poids, a été embarqué à bord du vol Kagoshima-Tokyo.

Six heures plus tard, les poissons refroidis étaient sortis et immergés progressivement dans des viviers, pour éviter qu'ils ne se noient avant d'avoir récupéré leur mobilité. Au bout d'une à deux minutes, les nageoires ont commencé à s'agiter, et le vivier s'est animé. Seuls quelques fugus ont manqué leur "résurrection".

En France, un laboratoire de physiologie utilise une méthode similaire pour transporter par avion les saumons à étudier. Aux environs de 6-8°C et en présence d'oxygène les saumons survivent dans une quantité d'eau réduite.

Ces techniques sont basées sur la relation qui existe entre la température et le métabolisme de l'animal. Quand un organisme se refroidit, la vitesse des processus physiologiques diminue ; la consommation d'oxygène est plus faible et l'animal devient torpide.

Dans la nature, cela permet à un certain nombre d'animaux de s'adapter à des conditions climatiques difficiles. Ainsi, lorsque la saison froide arrive, de petits mammifères, tels que certains insectivores, chauves-souris et rongeurs, abaissent leur tem-



Fugu, le goût du risque. Même aux antipodes du Japon, on pourra, grâce à son transport dans des bacs réfrigérés (2), déguster ce fameux poisson (1) qui, pour ne pas être toxique, doit être préparé par des cuisiniers diplômés "ès fugu" (3).

pérature aux environs de 0°C. Ils sont alors plongés dans un état léthargique qui leur permet d'économiser jusqu'à 88 % de l'énergie normalement nécessaire pour survivre en hiver.

Les tortues, quant à elles, hibernent au fond des étangs et cessent de respirer pendant cette période. Pour ce qui concerne le fugu, ses fonctions vitales sont très nettement ralenties à 0°C.

La première expérience de la Japan Airlines n'a porté que sur 60 kg de poisson. Mais, dès l'année prochaine, cette compagnie passera à la commercialisation de son procédé à grande échelle. L'unité de filtration et de réfrigération ne sera plus accolée, mais incorporée au bac. Les bacs pourront fonctionner de façon autonome pendant soixante-douze heures, une durée largement suffisante pour faire le tour du monde. Car les Japonais envisagent, en effet, de transporter du poisson pêché au loin, sur les côtes d'Afrique ou dans le Pacifique, pour développer le marché japonais des poissons rares.

Pierre Lambert

LES ABEILLES NE SE PLAIGNENT PAS DE PARIS !

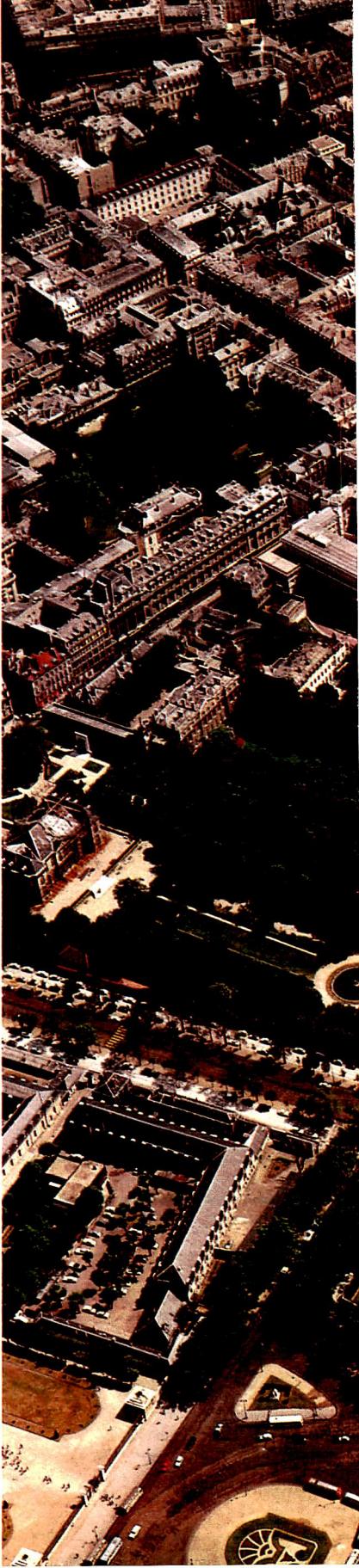
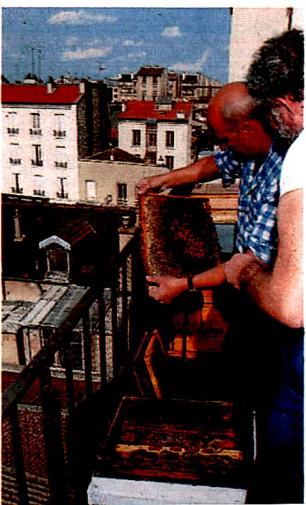
Elles y trouvent tant d'espaces verts bien entretenus, si peu d'insectes concurrents et un climat si clément, qu'elles produisent en moyenne plus de miel (excellent) par ruche que leurs sœurs campagnardes.

L'évocation du "miel de Paris" incite sans doute le profane à sourire autant qu'il le fait lorsqu'on lui parle du vin de Montmartre. Pourtant, il y a à Paris, comme dans de nombreuses autres grandes villes, des abeilles produisant en grande quantité un miel d'excellente qualité (et, dans un autre domaine, d'un niveau incontestablement supérieur à celui de la pittoresque piquette de la Butte). Heureux sont les apiculteurs citadins puisqu'ils récoltent plus de miel, par ruche (de 60 kg à 80 kg), que leurs collègues de la campagne !

La première raison en est l'abondance des espaces verts dans les villes — la densité des butineuses est même plutôt faible. D'autre part, l'absence ou la rareté d'autres insectes amateurs de nectar (à l'exception de quelques bourdons) laissent à l'*Apis mellifica L.* (abeille occi-

PAR JACQUES MARSAULT

Il y a un jardin potager dans le VII^e arrondissement (à l'angle de la rue de Babylone et de la rue Vaneau, en haut à droite de la photo), où les abeilles, qui n'ont pas les préjugés des "Verts" et autres écolos, butinent la flore parisienne et pollénisent en paix.





dentale domestique) l'exploitation presque exclusive des parcs et jardins. Par ailleurs, les villes bénéficient de températures plus clémentes que les campagnes, ce qui favorise à la fois les activités de l'abeille et la sécrétion du nectar (les plantes y fleurissent plus tôt). Enfin, l'entretien des espaces verts citadins empêche la prolifération des parasites, diminuant ainsi les risques de maladie.

Quiconque a eu le privilège de survoler Paris en hélicoptère n'a pu manquer d'être surpris par l'abondance des parcs et jardins, aux fleurs et aux essences d'arbres les plus diverses. Les miels citadins sont donc hétérogènes, mais très satisfaisants. Il n'en était pas de même il y a quelques dizaines

d'années, car les poussières de suie provenant de la combustion du charbon étaient récoltées par les abeilles en même temps que le nectar (produit par le nectaire de certaines plantes) et le miellat (substance sucrée sécrétée par des pucerons), et donnaient au miel une coloration grisâtre peu appétissante.

Que butine donc cet insecte, symbole de l'Empire ? Les fleurs de tilleul et de marronnier lui fournissent la base de son butin. Les acacias des bois de Boulogne et de Vincennes sont particulièrement mellifères (on donne le nom de plantes mellifères aux plantes productrices de nectar). D'autres végétaux, tels que le peuplier ou le coquelicot, sont utiles à l'abeille parce qu'ils offrent en grande quantité le pollen (dont l'abeille se nourrit) et la propolis (avec laquelle elle colmate la ruche). Un seul motif d'inquiétude : le tilleul argenté (garnissant entre autres lieux l'esplanade des Invalides), ou encore le marronnier d'Inde, provoquent parfois une forte mortalité chez les butineuses. Les miels recueillis issus de ces arbres ne sont cependant pas toxiques pour l'homme, comme le sont les miels récoltés sur les rhododendrons, en Asie mineure, ou les euphorbes, en Afrique du Sud.

La vie d'une ruche sur un balcon ou une terrasse n'est pas différente de celle qu'elle est à la campagne. De sa naissance à sa mort, l'abeille passe par des stades correspondant à des activités précises : la division du travail entre les ouvrières se fait en effet en fonction de l'âge. Une ouvrière commence sa vie en effectuant des tâches à l'intérieur de la ruche : elle commence par nettoyer les cellules vides ; puis elle nourrit les larves ; elle a ensuite à charge de recevoir et de tasser les provisions dans les cellules ; et enfin, elle construit les rayons de cire. Ce n'est que vers le vingtième jour qu'elle commence la recherche du pollen, du nectar ou du miellat. Au trente-cinquième jour, l'ouvrière deviendra butineuse. Parmi ces abeilles, les exploratrices ont pour fonction de repérer les sources de nectar.

Cette division du travail peut être également commandée par déterminisme génétique : il en est ainsi des abeilles qui gardent



Moins réputé que le Fantôme de l'Opéra, mais tout aussi mystérieux, M. Pauton a installé depuis de nombreuses années ses ruches sur le toit du Palais Garnier, où nul ne viendra jamais les déranger.



Les abeilles au couvent. Officiellement il n'y a qu'une centaine de ruches à Paris, mais l'obligation de les déclarer aux services vétérinaires n'est pas toujours respectée. Certains ruchers sont cependant difficiles à dissimuler, en raison de leur emplacement insolite ou bien parce qu'ils sont importants. Ce sont les couvents parisiens qui possèdent les plus beaux essaims : la maison de retraite des sœurs Augustines (ci-dessus), le couvent des sœurs de Picpus, etc. Ce dernier, entretenant seize ruches, accueille en été près de 700 000 abeilles. Celles-ci butinent les tilleuls et les acacias de la place de La Nation et du Père-Lachaise, et bien sûr les marronniers du célèbre cimetière de Picpus (où est enterré Lafayette).

l'entrée de la ruche et de celles qui enlèvent les cadavres.

La récolte du nectar ou du pollen résulte d'une véritable organisation, dont le paramètre principal est la communication. A leur retour, les exploratrices informent les butineuses des sites intéressants pour la récolte. Ces indications sont données par des danses, des vibrations d'ailes, ou par l'odeur de la nourriture rapportée. Ce mode de communication constitue un code complexe, lequel fut déchiffré par Karl von Frisch (¹) dont l'œuvre fut couronnée par le prix Nobel en 1973.

Ainsi sont rapportés avec précision les lieux choisis (direction et distance), la nature des fleurs, et aussi l'ampleur de la récolte espérée.

Lorsque la source de nectar est proche de la ruche, les abeilles effectuent, à leur retour, une "danse en rond". Celle-ci ne donne pas d'indication précise sur la distance et la direction de la source. Quand le parcours à effectuer excède 100 mètres, c'est la "danse frétilante" qui est exécutée — la distance est fournie par la fréquence des séries de frémissements de l'abdomen. Elle traduit l'effort à fournir pour atteindre l'objectif, et non pas les mètres à parcourir. Sont donc considérés les détours à

effectuer pour contourner les obstacles. En revanche, la direction est indiquée en ligne droite (ne tient pas compte de ces obstacles). Pendant les premiers jours de l'installation d'une ruche, seuls les environs immédiats sont explorés, comme si les arrivantes avaient besoin de se familiariser, et de se constituer un "plan" de leur nouveau territoire.

Les abeilles utilisent également pour la transmission des messages des substances chimiques, appelées phéromones. Ainsi, les exploratrices émettent-elles des substances odorantes qui peuvent être considérées comme des phéromones de marquage de piste. Les butineuses, ainsi informées, partent à la recherche du pollen et du miellat.

Une abeille doit voler en moyenne sept fois vers une nouvelle source de nourriture avant de trouver le chemin le plus direct. Ensuite, les abeilles doivent mémoriser le chemin qui va de la ruche aux fleurs et celui qui permet d'en revenir. Les nouveaux apprentissages sont donc coûteux, et le gaspillage n'a pas de place dans la politique économique rigoureuse de la colonie : on comprend que les butineuses soient généralement d'un âge mûr.

Les abeilles procèdent aussi par imitation. Elles forment des ponts aériens entre le rucher et les

fleurs, et les butineuses les plus jeunes n'ont plus qu'à suivre le mouvement général.

Habituellement, si les fleurs environnantes sont suffisantes, les abeilles restent sur un territoire d'un rayon à peine supérieur à un kilomètre, comme l'a démontré l'observation d'insectes marqués. Mais on a constaté que les butineuses vivant dans une zone totalement dépourvue de ressources allaient cher-

cher leur provende à plus de 13 kilomètres de leur ruche. On peut donc imaginer une abeille citadine s'approvisionner dans une campagne voisine. Mais le bilan productif de pareilles expéditions est négatif, car la quantité d'énergie dépensée est supérieure à celle qui peut être gagnée.

Ce bilan "négatif" varie, toutefois, en fonction du temps : quand il fait beau, le manque à gagner est

moins important que lorsque le temps est mauvais. Ainsi, on a pu comparer les quantités de nectar rapportées après un trajet de 600 mètres et un autre de 1 200 mètres : la différence en faveur du trajet le plus court est de 32 % quand il fait beau, mais elle atteint 83 % quand il fait mauvais temps. Autant dire que, lorsqu'il pleut, il est préférable de se contenter des géraniums du coin !

Si les exploratrices, toujours en quête de nouvelles sources, peuvent se lancer dans de grandes expéditions, les butineuses restent fidèles à l'emplacement qui leur a été indiqué. Elles butinent le plus souvent sur une surface qui ne dépasse pas une centaine de mètres carrés — territoire dont l'exploitation n'excède pas 45 jours. Si cela leur est possible, elles ne visitent à chaque sortie qu'une seule variété de fleurs. En analysant les pelotes de pollen qu'elles rapportent, accrochées à leurs pattes postérieures, on a constaté que seulement de 7 à 8 % d'entre elles contenaient les pollens de deux fleurs différentes (pour un échantillon de plusieurs milliers de pelotes). Il est évident que ce comportement peut varier, en raison des nombreuses espèces que l'on trouve dans les jardins. Mais ce sont les végétaux les plus répandus, tel le marronnier, qui sont les plus attractifs.

Dotée d'une grande capacité d'adaptation, l'abeille n'a aucune peine à s'insérer dans les villes, à l'exemple des faucons de Notre-Dame et des écureuils du bois de Vincennes. Notons que l'abeille des villes, accoutumée à la cohabitation avec l'homme, est moins agressive que l'abeille des champs...

Jacques Marsault



Choisissez dans la liste des enseignements de l'Ecole Universelle celui qui vous convient :

- Si vous voulez poursuivre ou reprendre vos études.
- Si vous voulez enrichir vos connaissances.
- Si vous voulez préparer un examen ou un concours.
- Si vous voulez apprendre un métier.
- Si vous voulez vous perfectionner...

« Apprenez efficacement, à votre rythme, par correspondance »

L'ECOLE
UNIVERSELLE:
DES ETUDES
POUR TOUS

Etudes secondaires

- Classe de 6^e ■ Classe de 5^e ■ Classe de 4^e ■ Classe de 3^e ■ Secondes ■ Premières A.B.S. ■ Première G ■ Premières F1.F3.F8 ■ Première d'adaptation ■ Terminales A.B.C.D.E. ■ Terminales G1.G2.G3. ■ Terminales F1.F3.F8 ■ Terminale H ■ Baccalauréat.

Cours de vacances

- De la classe de 6^e aux classes terminales A.B.C.D.E., possibilité de joindre le professeur au téléphone.

Etudes de droit

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

Etudes supérieures de sciences

- Admission des non-bacheliers ■ D.E.U.G. sections A et B ■ P.C.E.M. ■ 1^{re} année de pharmacie ■ Math. sup. ■ Math. spé. ■ Entrée écoles vétérinaires.

Grandes écoles

- Classe de mathématiques supérieures M.M.P.P. ■ Classe de mathématiques spéciales ■ Entrée écoles vétérinaires ■ Entrée écoles supérieures de commerce ■ Entrée institut d'études politiques ■ Ecoles normales.

Informatique

- B.T.S. informatique ■ Bac. H ■ Analyste ■ Analyste programmeur ■ Programmeur de gestion ■ Comptable sur informatique ■ Contrôleur de gestion ■ Opératrice traitement de textes ■ Opératrice de saisie ■ Cobol ■ Initiation à l'informatique ■ Pratique du micro-ordinateur ■ Initiation aux algorithmes ■ Microprocesseurs.

Comptabilité - Banque

- C.A.P. ESAC comptabilité-banque ■ B.E.P. ■ B.P. ■ Bac. G2 ■ B.T.S. comptabilité et gestion ■ D.P.E.C.F. ■ D.E.C.F. ■ Diplôme union professionnelle ■ Comptable ■ Chef comptable ■ Assistant de gestion ■ Comptable sur informatique ■ Secrétaire comptable ■ Contrôleur de gestion sur micro.

Perfectionnements : ■ Comptabilité générale ■ Technique comptable ■ Mécanismes boursiers ■ Etude du bilan ■ Initiation gestion.

Dessin - Peinture Décoration

- Cours élémentaire de dessin ■ Cours pratique de dessin et peinture ■ Cours universel de dessin et peinture ■ Dessinateur de publicité ■ Dessinateur illustrateur ■ Dessinateur de figurines de mode ■ Dessin humoristique.
- Décorateur d'intérieurs et d'ameublement ■ Assistant décorateur ■ Designer ■ Antiquaire ■ Cours universel de décoration ■ Histoire de l'art ■ Histoire des styles.

Culture générale

- Orthographe ■ Rédaction ■ Le Français notre langue ■ Résumé de texte ■ Synthèse ■ Analyse ■ Commentaire ■ Philosophie ■ Graphologie ■ Lecture rapide ■ Conversation ■ Perfectement culturel ■ Mise à niveau mathématiques, physique, chimie ■ Histoire des civilisations ■ Analyse d'œuvres littéraires ■ Histoire de l'art ■ Histoire des religions ■ Histoire du cinéma.

B.T.S.

- B.T.S. action commerciale ■ B.T.S. commerce international ■ B.T.S. comptabilité et gestion ■ B.T.S. bureautique et secrétariat ■ B.I.S. communication et action publicitaires ■ B.T.S. tourisme loisirs ■ B.T.S. esthétique ■ B.T.S. informatique ■ B.T.S. assurances.

Langues étrangères

- Cours universel d'anglais avec cassettes ■ Allemand, espagnol, italien avec cassettes ■ Américain ■ Russe ■ Arabe ■ Anglais commercial ■ Allemand commercial ■ Anglais touristique ■ Interprète ■ Traducteur commercial.

Les diplômes qui ouvrent les frontières :

- First certificate in English ■ Certificat of proficiency de Cambridge ■ Certificat européen d'anglais (EUROCERT).
- Chambre de commerce britannique ■ Chambres de commerce espagnole, franco-allemande.

Carrières sociales et paramédicales

- Examens d'entrée dans les écoles : ■ Infirmier(e) ■ Masseur kinésithérapeute ■ Infirmier(e) en psychiatrie ■ Sage-femme (carrière médicale) ■ Ergothérapeute ■ Laborantin ■ Manipulateur d'électroradiologie ■ Pédicure ■ Psychomotricien ■ Educateur de jeunes enfants ■ Assistante sociale ■ Orthophoniste ■ Educateur spécialisé ■ D.E.F.A. ■ Ecoles de cadres infirmier(e)s.
- C.A.P. d'employé de pharmacie ■ Bac. F8 ■ B.E.P. sanitaire et social.

Ressources humaines

- Directeur ressources humaines ■ Conseiller en recrutement ■ Responsable du personnel ■ Morphopsychologie ■ Caractérologie ■ Gestion du personnel.

Autres secteurs d'activité

- Commerce ■ Publicité ■ Marketing ■ Tourisme ■ Hôtellerie ■ Carrières administratives ■ Secrétariat ■ Bureautique ■ Esthétique ■ Assurances ■ Journalisme.

Etudes musicales

- Solfège ■ Etude piano, violon, guitare (contrôle sonore sur cassettes) ■ Ecriture musicale ■ D.E.U.G. musique.

INSCRIPTION
A TOUT MOMENT
DE L'ANNEE

Possibilité de bénéficier des dispositions sur la formation continue

ORIENTATION CONSEILS
► Appelez le :
(1) 47.71.91.19

Bon pour une documentation gratuite :

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

M. Mme Mlle

NOM Prénom

Adresse : N° Rue

Code postal | | | | Ville

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

Age Niveau d'étude Diplômes obtenus

Profession exercée (si vous êtes en activité) :

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

Quelle formation avez-vous choisie ?

**ECOLE
UNIVERSELLE**
Institution d'Enseignement Privé par Correspondance
soumis au contrôle du Ministère de l'Education Nationale
28, rue Pasteur - 92551 SAINT-CLOUD Cedex

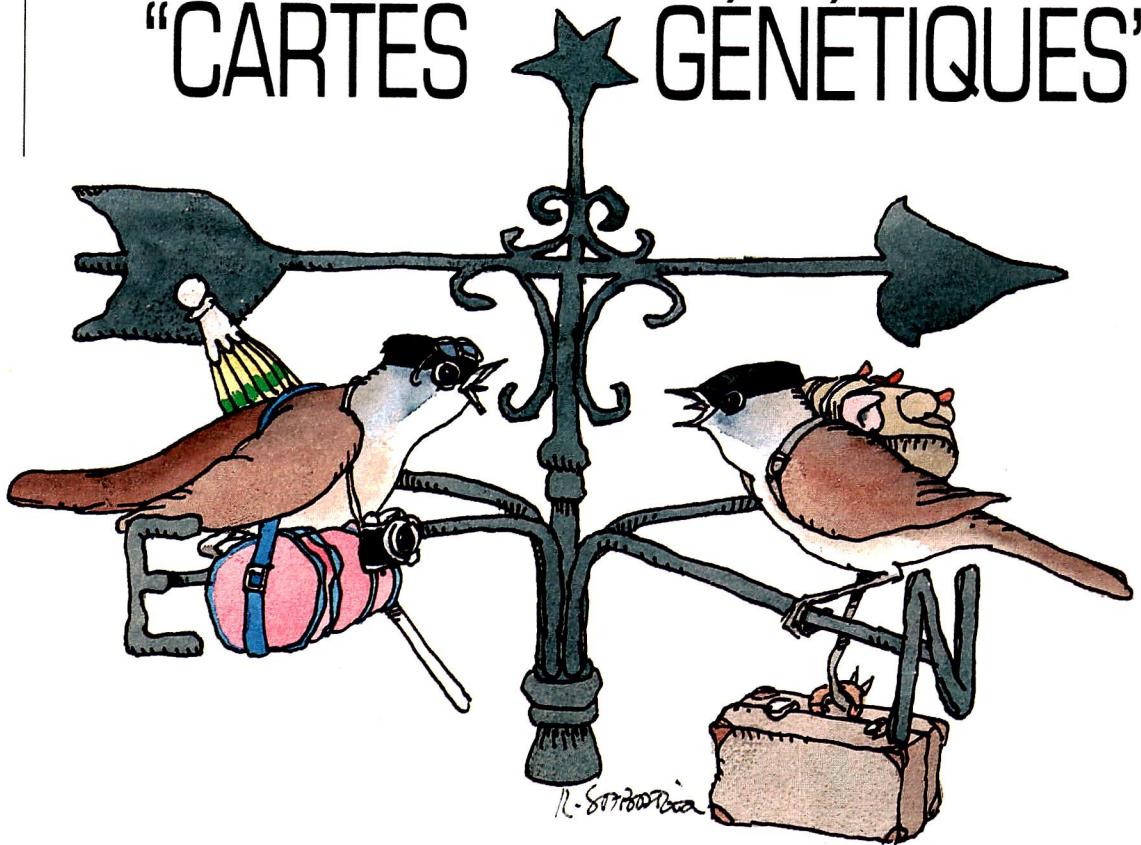
Adressez-nous ce Bon dès aujourd'hui à l'ECOLE UNIVERSELLE IFOR
28, rue Pasteur - 92551 SAINT-CLOUD Cedex. Tél. (1) 47.71.91.19

SOGEX

USV025



LES OISEAUX MIGRATEURS VOYAGENT À L'AIDE DE "CARTES GÉNÉTIQUES"



Le trajet qu'effectuent chaque année les oiseaux migrants est programmé génétiquement, et il semblerait qu'il traduise un caractère acquis. Mais il reste encore à en isoler les gènes.

Les oiseaux migrants, à peine sortis de leur coquille, "savent" déjà quels seront leurs quartiers d'hiver, l'itinéraire qu'ils emprunteront, les jours de départ et d'arrivée, ainsi que les escales où ils trouveront "le gîte et le couvert". Mais plus étonnant encore : lorsque deux oiseaux, appartenant à deux populations aux routes migratoires différentes, sont expérimentalement accouplés, leurs petits, lorsqu'ils sont en âge d'émigrer, n'empruntent ni la route migratoire de leur père, ni celle de leur mère, mais une voie intermédiaire. Le comportement migratoire se transmet donc comme un caractère génétique classique, tel que la couleur des yeux ou de la peau.

Par ailleurs, il semblerait que la migration soit un comportement acquis, au sens où Lamarck l'entendait, c'est-à-dire qu'il se serait inscrit dans les gènes

de l'oiseau et serait devenu héréditaire. Si les expériences mises en œuvre confirment cette hypothèse, on aura pour la première fois la preuve de l'acquisition génétique d'un comportement. Ces faits remarquables ont été mis en évidence chez la fauvette, un passereau qui émigre de jour comme de nuit, généralement de manière isolée et qui, de surcroît, est facile à éléver et à suivre dans ses déplacements. Pour ces raisons, elle est aux ornithologues ce qu'est la drosophile aux généticiens, ou la bactérie *Escherichia coli* aux biologistes.

Le résultat de ces recherches vient du centre d'observation des oiseaux de Radolfzell, en Allemagne, au bord du lac de Constance. Tout a commencé à la fin des années soixante-dix, lorsque Eberhard Gwinner eut l'idée de placer une jeune fauvette des jardins (*Sylvia borin*), en âge d'émigrer, dans une cage de forme octogonale, d'environ 80 cm de diamètre. Cette cage comprenait neuf compartiments : un compartiment central communiquant avec huit autres, périphériques, et dont les faces extérieures étaient orientées dans huit directions (voir dessin p. 49). La fauvette se mit alors à mimer la migration qu'elle aurait faite si elle avait été en liberté. Dès le 22 août, époque à laquelle les fauvettes des jardins commencent à quitter le sud de l'Allemagne pour leur zone d'hivernage, en Afrique équatoriale, la fauvette commença à manifester des signes d'agitation, puis elle quitta le compartiment central et s'installa dans celui orienté vers le sud-ouest. Or, cette direction est celle qu'empruntent, à la même date, ses congénères en liberté. Cette route "intelligente", qui relie l'Europe à l'Afrique, par l'Espagne et Gibraltar, évite l'obstacle infranchissable que constitue la traversée de la Méditerranée dans sa grande largeur.

Puis, le 7 octobre, la fauvette quitta le compartiment sud-ouest et prit possession de celui orienté vers le sud. Or, c'est encore à cette date précise que, dans les conditions naturelles, les fauvettes des jardins survolent la Mauritanie et mettent le cap plein sud pour se diriger vers l'Afrique équatoriale.

Cette expérience réitérée avec des spécimens différents a toujours donné des résultats identiques, même lorsqu'on perturbait l'animal en déplaçant la cage autour de son axe.

Une contre-expérience, également réalisée par Eberhard Gwinner, a permis de vérifier ce phénomène : des fauvettes élevées en captivité dès la naissance ont été relâchées individuellement, à l'époque des migrations (fin août), après avoir été baguées. On constate que chacune des fauvettes a trouvé d'emblée la route "intelligente" de l'Afrique équatoriale, par l'Espagne et Gibraltar.

Le comportement migratoire serait donc programmé dans les chromosomes, et transmis au fil des générations, comme un caractère génétique classique. Encore fallait-il le prouver. Les expérien-

ces réalisées par Peter Berthold, attaché au centre d'observation des oiseaux de Radolfzell, semblent confirmer cette hypothèse. Elles concernent cette fois une autre espèce de passereau, la fauvette à tête noire (*Sylvia atricapilla*). Un échantillon représentatif de cette population, soit 1 300 individus, fut capturé dans la vallée du Rhône, en Camargue et dans le Gard, puis élevé en captivité à Radolfzell. Berthold a constaté que 75 % des oiseaux commençaient à s'agiter dès septembre, alors que les 25 % restants demeuraient calmes. Il en a conclu que les premiers étaient des migrants qui provenaient du nord de l'Europe et stationnaient provisoirement dans le sud de la France, alors que les seconds étaient des sédentaires, correspondant à une variété locale française. Il a ensuite procédé à la reproduction des migrants et des sédentaires (séparément) afin d'étudier le comportement des petits de chaque groupe. Parmi les oiseaux issus des migrants, certains manifestaient un comportement sédentaire. Ils furent éliminés des croisements ultérieurs. Inversement, dans le groupe des sédentaires, il y en avait qui avaient un comportement migratoire. Ils furent, eux aussi, écartés. En poursuivant les croisements inter-migrants et inter-sédentaires Berthold finit par obtenir, au bout de trois générations, des races pures de migrants et, au bout de

Un animal peu farouche : la fauvette à tête noire, en effet, ne craint pas de nicher près des maisons. En fait, seul le mâle a le sommet du crâne noir, alors que la femelle arbore un "béret" brun.



ENTRE LA GAUCHE ET LA DROITE, LA

cinq générations, des races pures de sédentaires. Dès lors, on ne pouvait plus mettre en doute l'hérabilité du comportement migratoire, ni celui de la sédentarité.

D'autres expériences, plus passionnantes encore, semblent confirmer cette hérabilité. Réalisées par Andreas Helbig, un collaborateur de Gwinner et Berthold, elles ont consisté à croiser deux variétés européennes de fauvette à tête noire, l'une établie dans le sud de l'Allemagne, l'autre en Autriche (voir carte). Dès l'automne, la fauvette allemande vole en direction du Maroc pour y passer l'hiver, en traversant l'Espagne et Gibraltar. Elle emprunte un trajet direct orienté sud-ouest, alors qu'à la même époque la fauvette autrichienne se dirige vers l'Egypte par la Yougoslavie, la Turquie, le Bosphore et les Dardanelles. Cette route qui contourne la Méditerranée est d'abord orientée sud-est, jusqu'en Turquie où elle fait un virage, d'environ 50 degrés, puis elle se dirige, plein sud, vers l'Egypte.

Andreas Helbig préleva des individus dans chacune de ces deux populations et il les croisa. Il obtint des petits qu'il éleva en captivité et qui manifestèrent dès l'automne le désir d'émigrer. Ils furent lâchés et, à sa grande surprise, Helbig constata qu'ils empruntaient une route dirigée plein sud (vers la Tunisie) et donc intermédiaire à celle de leurs parents ! Mais aucun ne put parvenir à destination en raison des obstacles qu'impose un tel parcours : franchissement des Alpes et traversée de la Méditerranée. Cela expliquerait que ces deux populations, qui ne sont pas géographiquement éloignées l'une de l'autre, et qui peuvent éventuellement se croiser, ne donnent pas naissance à une population hybride vivante.

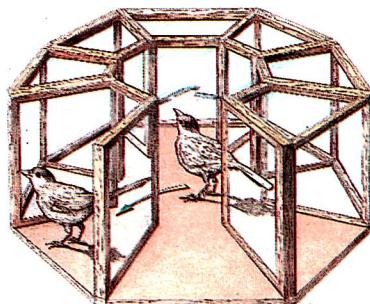
Helbig a démontré, à l'aide de la cage précédemment citée, que la route intermédiaire choisie par les hybrides, traduisait un changement de cap, correspondant au changement d'itinéraire réel des fauvettes autrichiennes. Dès septembre, époque à laquelle les fauvettes à tête noire partent en migration, les individus des lignées allemande et autrichienne avaient quitté le compartiment central de la cage pour venir respectivement s'installer dans les compartiments orientés sud-ouest (vers l'Espagne, Gibraltar et le Maroc) et sud-est (vers la Yougoslavie et la Turquie), tandis que leurs petits avaient choisi, eux, le compartiment intermédiaire, orienté plein sud (vers la Tunisie).

En octobre, les individus de la lignée allemande n'avaient toujours pas changé de compartiment, alors que ceux de la lignée autrichienne avaient occupé le compartiment orienté au sud. Or, dans les conditions naturelles, c'est justement en octobre que les fauvettes d'Autriche survolent la Turquie et négocient le virage qui les conduira vers l'Egypte. Les petits hybrides, quant à eux, hésitaient entre les compartiments adjacents, orientés au sud et au sud-

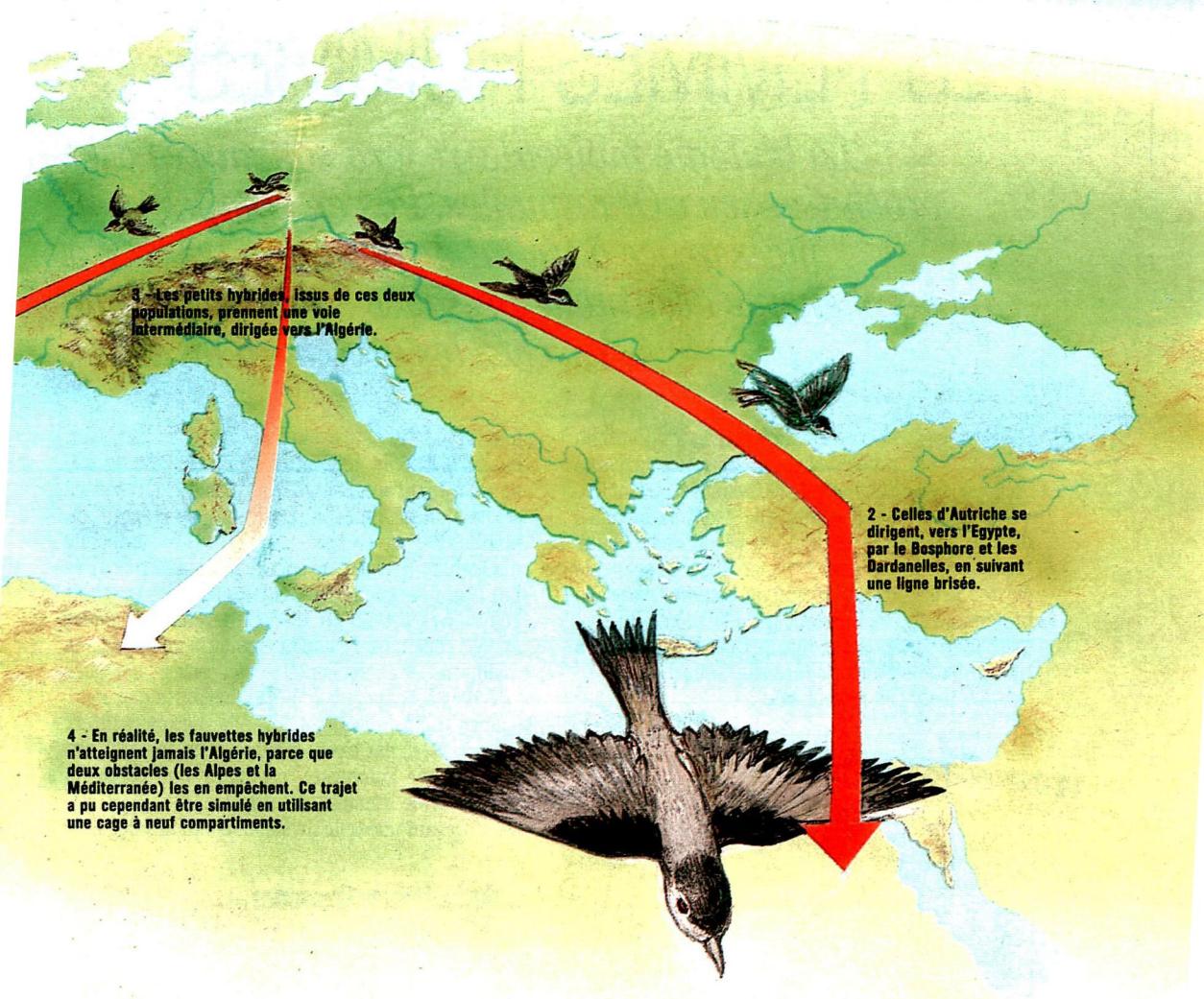
1 - Dès l'automne les fauvettes à tête noire d'Allemagne émigrent vers le Maroc, par Gibraltar, en empruntant un trajet en ligne droite.



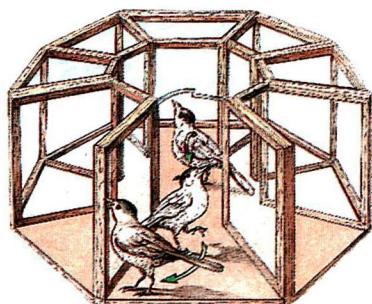
5 - Les fauvettes allemandes s'installent dans la cage dirigée vers le sud-ouest (en direction du Maroc), et n'en bougent plus.



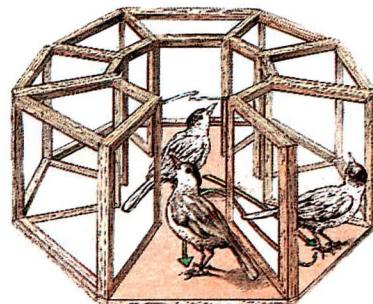
LE VOYAGE DU MILIEU EST SANS ISSUE



7 - Les fauvettes hybrides s'installent, elles, dans la cage orientée au sud (vers la Tunisie), puis elles viennent se plaquer contre la cloison séparant les cages sud et sud-ouest (en direction de l'Algérie).



6 - Celles d'Autriche vont d'abord dans la cage sud-est (vers le Bosphore et les Dardanelles), puis dans la cage orientée au sud (vers l'Egypte).



UN TEST POUR DÉTECTER LES FEMMES-HOMMES

La biologie moléculaire fera son entrée aux prochains jeux Olympiques. Pas en compétition, mais grâce à un kit de détection destiné à rechercher une éventuelle présence du chromosome Y... chez les athlètes féminines.

Cela ressemble à un gag. Et pourtant, rappelons-nous l'histoire d'Erika Schinegger, l'ex-skieuse autrichienne. En 1966, elle gagne la médaille d'or de descente à Portillo, devant Marielle Goitschell et Annie Famose. Mais, en 1988, le scandale éclate : Erika était en réalité un homme (mais elle prétend qu'elle ne le savait pas elle-même à l'époque) et se prénomme maintenant Erik. Il/elle a rendu sa médaille d'or à Marielle Goitschell.

Et ce n'est pas le seul cas,

La championne de course à pied, Claire Bressolles, à Oslo en 1946, pour les championnats d'Europe...



loin de là ! Citons par exemple Stella Walasiewicz, médaille d'or en 1932 et d'argent en 1936 au 100 mètres, dont l'autopsie révéla l'existence d'organes sexuels masculins, ou Dora Ratjen (record du monde de saut en hauteur en 1938) qui s'appelle maintenant Herman, ou encore les deux Françaises Léa Caurla et Claire Bressolles, secondes au 4 fois 100 mètres à Oslo en 1946 et devenues quelques années plus tard de bons pères de famille. Mais la palme revient sans conteste aux jeux Olympiques de 1964 à Tokyo, où 26 % des médailles d'or féminines (poids, disque, 4 fois 100 mètres...) furent remportées par trois athlètes (deux "sœurs" russes et une Polonoise) reconnues ultérieurement comme de "féminité insuffisante" !

Devant une telle invasion d'hommes déguisés

... devient Pierre Bressolles quelques années après.



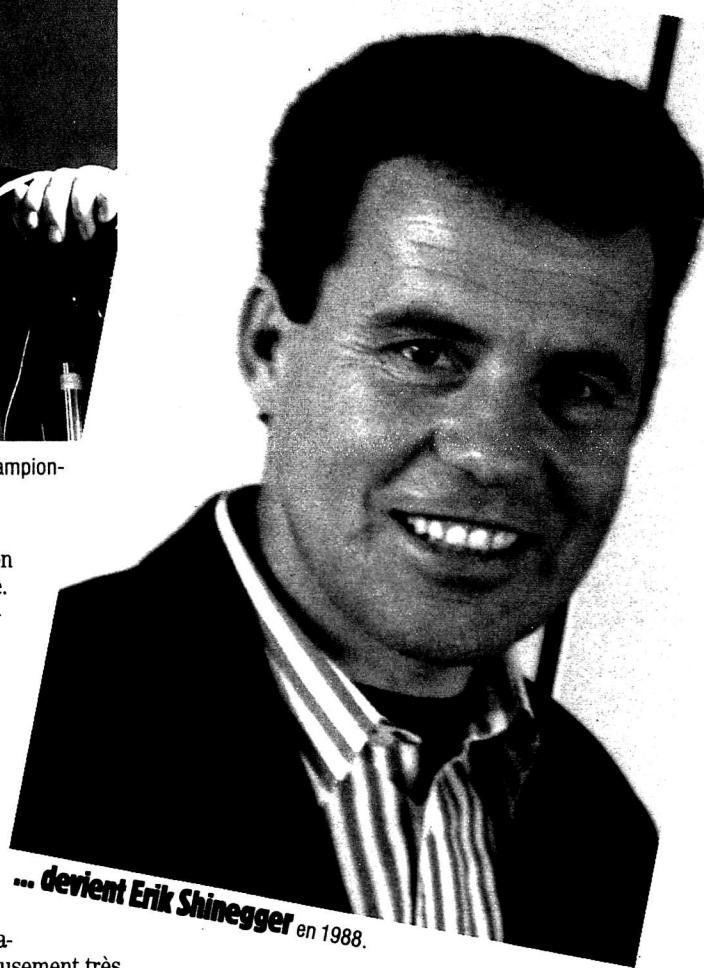


Erika Shinegger, médaille d'or aux Championnats du monde de ski, à Portillo en 1966...

en femmes, le problème de la détection des "fausses femmes" s'est alors posé. Faire passer un examen médical à plusieurs centaines de concurrentes aurait pris beaucoup de temps. De plus, on risquait de cette manière de laisser passer des transsexuels (des hommes ayant changé de sexe grâce à la chirurgie), lesquels ne peuvent concourir — si l'opération chirurgicale est effectuée après la puberté, la musculature s'est déjà développée, ce qui donne alors une femme avec des muscles d'homme. On risquait également de laisser passer les cas, heureusement très rares, d'anomalies génétiques (on trouve une femme XY sur cent mille naissances : ces femmes sont génétiquement des hommes, mais extérieurement féminines. Le seul moyen de séparer à coup sûr le féminin du masculin, était d'aller droit à la différence homme-femme : la composition des chromosomes. Chaque personne, rappelons-le, possède dans chacune de ses cellules 23 paires de chromosomes. 22 paires sont composées de chromosomes identiques deux à deux, et la 23^e paire correspond aux chromosomes sexuels X et Y. Les femmes possèdent deux chromosomes X, alors que les hommes sont dotés d'un X et d'un Y.

En 1968, pour éviter toute nouvelle fraude, volontaire ou involontaire, le Comité olympique décida d'opérer une analyse systématique des chromosomes de toutes les concurrentes. Le plus simple aurait été de rechercher la présence du chromosome Y, mais les techniques de l'époque ne permettaient pas de le mettre facilement en évidence. On utilisa alors un test, mis au point par Barr, un biologiste canadien, en 1957, dont le principe est très simple.

... devient Erik Shinegger en 1988.



Les femmes, nous l'avons vu, possèdent deux chromosomes X ; mais dans chacune de leurs cellules, seul l'un des deux fonctionne. L'autre est inactif et se trouve dans un état condensé (comme un ressort comprimé) détectable au microscope dans n'importe quel type de cellule. Les hommes, en revanche, n'ont qu'un X, et celui-ci n'est pas condensé. La présence d'un chromosome X condensé permet donc d'identifier les femmes.

Ce système de détection était encore en vigueur aux derniers jeux Olympiques. Mais, du fait d'une fiabilité limitée, il avait ses détracteurs. En effet, ce test vieux de trente ans — quasiment la préhistoire de la biologie — prenait du temps : il fallait examiner un grand nombre de cellules au microscope pour être certain de la présence du chromosome X condensé. Avec plusieurs centaines de concurrents à analyser, ça pose des problèmes ! De plus, certains cas d'anomalies génétiques risquent de passer à travers les mailles du filet. Il existe par exemple des individus possédant deux chromosomes X, plus

UNE SUPER-PHOTOCOPIEUSE MOLÉCULAIRE

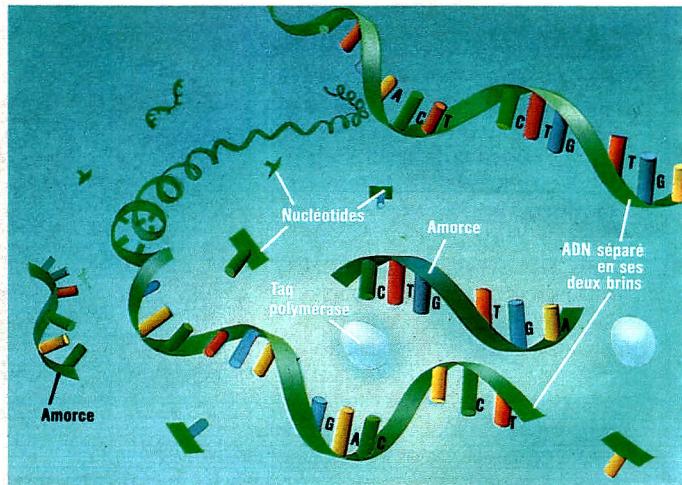
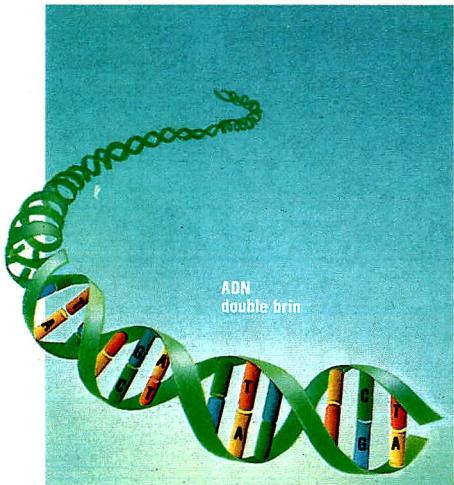
Avec la PCR (*Polymerase Chain Reaction*, réaction de polymérisation en chaîne), il n'est plus nécessaire de prélever de grosses quantités d'ADN pour effectuer une analyse génétique. L'ADN de quelques cellules suffit : cellules buccales ou sanguines, sperme, cheveux... Une enzyme, la Taq polymérase, fabriquée par une bactérie vivant à haute température, se charge d'amplifier le gène à étudier. Il suffit pour cela d'ajouter à l'ADN extrait des cellules (1) et à l'enzyme, des "amorces" ainsi que des nucléotides en vrac, briques élémentaires de l'ADN (2).

La première étape consiste à chauff-

er l'ADN à 90°C environ, pour le dénaturer, c'est-à-dire pour séparer les 2 brins. Ensuite, une amorce — fragment d'ADN monobrin fabriqué en laboratoire, correspondant à l'une des extrémités du gène que l'on souhaite recopier (ici la séquence de bases A-G-T-G-T-C de l'amorce est complémentaire de la séquence T-C-A-C-A-G de l'extrémité de l'ADN monobrin) — s'accrole à la portion d'ADN simple brin dont elle est complémentaire et ainsi amorce (d'où son nom) la reconstitution d'un ADN double brin : les nucléotides viennent à sa suite s'accrocher à leur complémentaire (là encore, les A s'accordent aux T et les C aux G),

grâce à la Taq polymérase qui se déplace le long du gène après l'accrochage de chaque nouveau nucléotide (3).

Au bout d'un cycle de ce processus, un ADN double brin en aura donné 2. On "redenature" chaque ADN en ses 2 brins, en chauffant de nouveau, et le processus recommence. Ce 2^e cycle donnera 4 molécules d'ADN, le 3^e en produira 8, etc. Au bout de n cycles, on obtiendra 2ⁿ copies du gène de départ. A partir de seulement quelques picogrammes d'ADN (10⁻¹² gramme), la Taq polymérase peut fabriquer en moins d'une heure plusieurs millions de copies strictement identiques à l'original, prêtes à être étudiées par les biologistes.

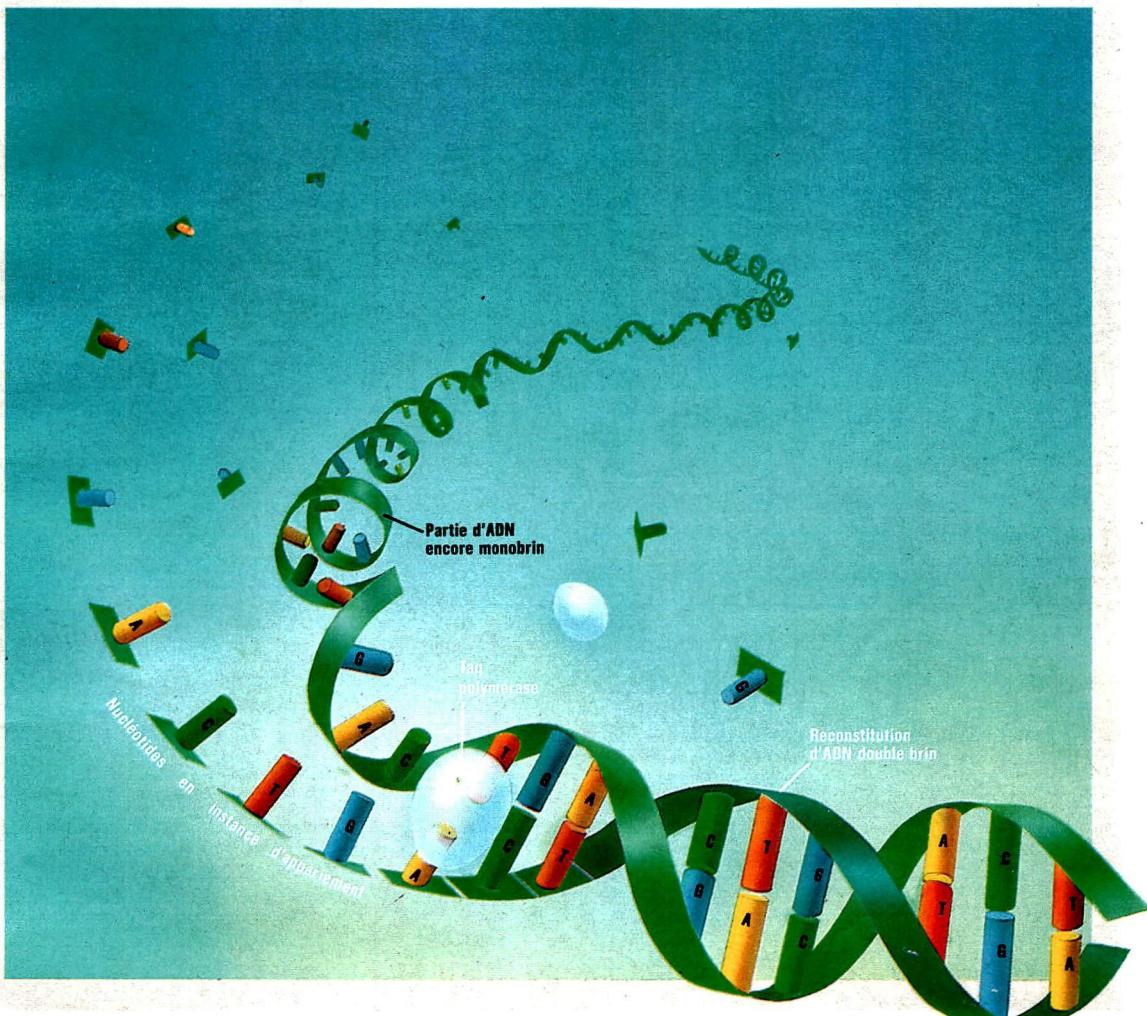


un chromosome Y. C'est le syndrome de Klinefelter, qui touche un homme sur 700, ce qui est relativement fréquent. Les individus porteurs de ce syndrome ont certains handicaps (stérilité, organes génitaux petits), mais peuvent posséder une musculature supérieure à celle des femmes, ce qui leur donne un avantage certain en compétition sportive. Mais, chez l'individu possédant deux chromosome X en plus du Y, l'un des deux est condensé et l'analyse au microscope diagnostiquera une femme.

Pour éviter de tels cas de figures, il était donc nécessaire de mettre au point un test déterminant cette fois la présence ou l'absence du chromosome Y, critère absolu de masculinité, et utilisant des techniques de biologie moléculaire plus modernes et plus rapides. C'est maintenant chose faite, grâce aux efforts conjugués des Drs Dingeon et Lebacq, à l'appui du Dr Schamasch, et des sociétés Bioprobe

Systems et Pharmacia (1).

Ce test, plus simple que le précédent, sera comme celui-ci effectué sur un échantillon de cellules buccales, après frottis (les prises de sang sont interdites pour des raisons éthiques : certaines religions les réprouvent), et utilisera une des techniques les plus en pointe de la biologie moléculaire, la PCR (*Polymerase Chain Reaction*, ou réaction de polymérisation en chaîne). C'est cette méthode dont se sont servis les policiers anglais pour identifier des criminels à partir de l'ADN de quelques cellules, et qui a permis à des archéologues d'étudier les gènes d'une momie égyptienne, pour s'apercevoir qu'il s'agissait d'une femme et non d'un homme ! Mais cette technique sert surtout pour les diagnostics prénatals de la mucoviscidose et de nombreuses maladies génétiques (hémophilie, thalassémies). Avec la PCR, il suffit de quelques cel-



lules pour obtenir, après amplification, une grande quantité d'ADN qu'on peut alors étudier facilement (*voir encadré ci-dessus*). Grâce à cette technique, si le chromosome Y est présent dans les cellules buccales d'une "sportive", il sera détecté en vingt-quatre heures.

Cette méthode, qui met en œuvre peu de moyens techniques et dont le coût est très faible, s'avère de plus extrêmement fiable, puisque les premiers essais effectués par le Dr Dingeon et Mme Berthaux à l'hôpital de Chambéry, sur 150 personnes des deux sexes, ont donné 100 % de bons résultats. Reste encore à réaliser l'expérience sur des cellules de patients possédant des anomalies chromosomiques, afin de s'assurer que le système s'adapte à toutes les situations : l'équipe de Chambéry sera alors fin prête à accueillir les sportives. Sur environ 750 concurrentes attendues pour les prochains jeux, 350 devront subir le test,

car c'est leur première participation, les autres ont déjà subi l'ancien.

Si l'expérience se révèle concluante à Albertville, ce test de détection 100 % français, de la conception à la réalisation, devrait être définitivement adopté par le comité d'organisation des jeux Olympiques et sans doute amélioré — on pourrait en effet alors utiliser le gène de la détermination sexuelle, SRY, découvert récemment (2).

Quel que soit le nombre de médailles que remportera nos athlètes, la France sera donc bien représentée ; dans un domaine très particulier, il est vrai, mais néanmoins important.

François Boissier

(1) Le Dr Dingeon est responsable des tests de féminité pour les J.O. d'Albertville. Le Dr Schamash est membre du comité d'organisation des J.O. La société de biotechnologie Bioprobe Systems, dirigée par Philippe Lebacq, est spécialisée dans les kits de détection des maladies virales ou génétiques par des techniques de biologie moléculaire.

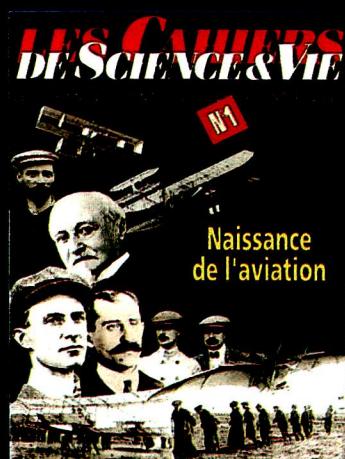
(2) Voir *Science & Vie* n° 885, juin 1991, "On a réussi à changer le sexe d'une souris".

L'HISTOIRE DES SCIENCES COMME ON NE VOUS L'A JAMAIS RACONTÉE.

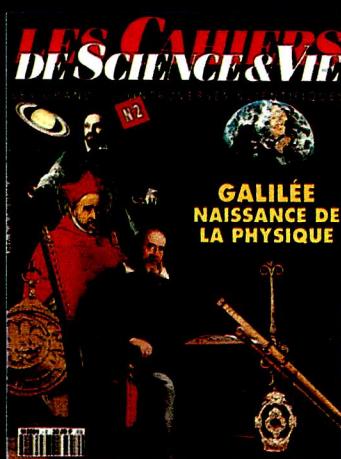
SCIENCE & VIE vous donne rendez-vous avec l'Histoire des sciences dans
LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE.

Construits comme des enquêtes, parfaitement documentés et richement illustrés,
ces CAHIERS vous plongent dans le contexte de l'époque
pour éclairer d'un jour nouveau la grande saga de la science.

Déjà parus :



N 1
Farman ou les Wright,
qui a inventé l'avion ?

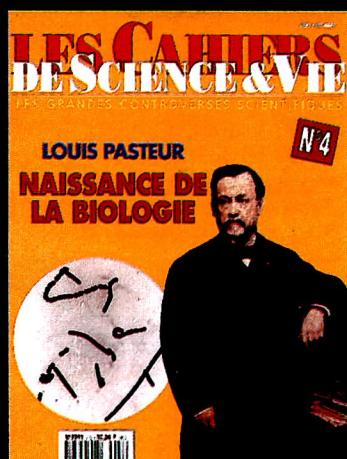


N 2
Galilée, naissance de
la physique moderne.

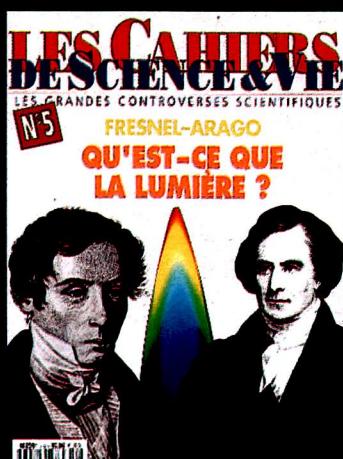


N 3
Wegener, l'homme qui inventa
la dérive des continents.

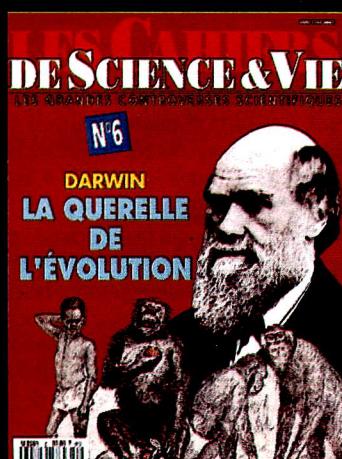
A paraître :



N 4 Pasteur contre Pouchet,
le procès de la génération
spontanée.
(Parution le 13 août 1991)



N 5 Fresnel, Arago et les autres,
quelle est la vraie nature
de la lumière ?
(Parution le 15 octobre 1991)



N 6 Darwin, l'homme qui nous donna
le singe pour ancêtre.
(Parution le 14 décembre 1991)

LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris cedex 15

ECHOS DE LA RECHERCHE

MEDECINE

Sida : une ténébreuse affaire et plusieurs lueurs d'espoir

Le sarcome de Kaposi, affection autrefois rare et d'évolution lente, est actuellement associé au sida, dont il représente l'une des manifestations possibles, et dans lequel son évolution est relativement rapide.

Il est donc normal pour un médecin, en présence d'un "Kaposi", de soumettre le malade à des tests du sida.

Or, un nombre troublant de cas de Kaposi chez des personnes séronégatives a été signalé depuis quelques mois, et il fait l'objet d'une communication à l'hemodamnaire *The Lancet* (1). Précisons qu'il ne s'agit pas là d'une séronégativité transitoire, décelée chez des personnes récemment infectées, mais d'une séronégativité relative, persistant depuis plusieurs années.

Celle-ci est dite "relative" parce qu'on a quand même trouvé dans le sang des malades (tous homosexuels) des anticorps à des segments déterminés du virus HIV. C'est là un phénomène jusqu'ici inconnu, qui amène à évoquer la nosologie inédite d'un "quasi-sida". L'explication la plus plausible est que les malades atteints de Kaposi auraient été infectés par un virus HIV défectueux et mutant, ou bien alors, cas extraordinaire, par un autre virus, encore inconnu, qui comporterait dans son génome des segments identiques à ceux du HIV.

Impossible de ne pas rappeler les travaux de Simon Wain-Hobson, qui a démontré que le virus subit des mutations rapides à l'intérieur même du corps, même quand le malade n'a pas été réinfecté. Les malades séronégatifs atteints de Kaposi étant tous homosexuels, il semble donc qu'ils ont bien été infectés par le virus HIV. Lequel aurait subi de telles muta-

tions, qu'il se serait alors "détraqué", ne pouvant plus produire qu'une seule des maladies opportunistes associées au sida : le sarcome de Kaposi en l'occurrence.

Pour le moment, on se borne à observer que, chez les personnes atteintes de ce type de sarcome (dont l'origine reste inconnue), il ne semble pas y avoir d'immunodéficience comme dans le sida proprement dit ; le nombre des lymphocytes CD4 est resté normal ; enfin, ce sarcome est nettement moins agressif que chez les malades atteints de sida "classique".

Cette découverte inspire trois réflexions. La première est que le virus du sida serait considérablement plus variable qu'on le supposait. La deuxième est que les tests de dépistage sont d'un intérêt encore plus relatif qu'on ne le croit ; leur principal intérêt consiste à confirmer des soupçons cliniques de la maladie, et surtout, à éliminer les spécimens de sang infecté dans les banques du sang, et ne fait que rendre encore plus discutable l'humeur répressive qui se manifeste actuellement dans l'opinion publique quant au dépistage de la maladie.

La troisième réflexion est que la récente mise au point (2) de Françoise Barré-Sinoussi (à laquelle il faudra sans doute que les médias rendent un jour un hommage un peu plus appuyé dans le cadre des réussites françaises sur le sida) est particulièrement opportune. Après avoir estimé qu'il n'y a pas lieu d'être exagérément pessimiste, non plus qu'optimiste, en ce qui concer-

ne un vaccin anti-sida, cette Pasteuriennne rappelle que la grande variabilité du virus HIV incite les chercheurs à étudier un vaccin du modèle de l'antigrrippal, c'est-à-dire capable de tenir en échec plusieurs souches. Pour cela, il faudra mieux connaître la structure du virus et, en particulier, d'un élément (épitope) dit V3. Cela signifie qu'il faudra encore du travail et de l'argent, donc du temps.

Cela étant, tous les raisonnements du monde ne valent pas un fait, et il en est un, récent, qui démontre que l'espoir n'est peut-être pas si éloigné. C'est l'efficacité du traitement de malades par des molécules CD4. Celles-ci sont des récepteurs de surface sur les cellules qu'infecte le HIV. Elles ont une très grande affinité pour ce virus et, si elles n'existaient pas, il est possible que l'infection ne se produirait pas. On a donc traité des macaques avec des CD4 modifiés (ou recombinants) et solubles. Or, on a réussi à guérir, au plein sens de ce mot, quatre macaques infectés par le sida des singes (SIV). En effet, il y a eu chez eux production d'immunogènes, mais aussi disparition du virus dans les lymphocytes et dans

(1) *Antibodies to gp 41 and nef in otherwise HIV-negative homosexual man with Kaposi's sarcoma*, F.J. Bowden, D.A. McPhee, N.J. Deacon, S.A. Cumming, R.R. Doherty, S. Souza, C.R. Lucas, S.M. Crowe, *The Lancet*, 1^{er} juin 1991 ; *le Quotidien du médecin*, 5 juin 1991.

(2) *Le Quotidien du médecin*, 14 juin 1991.
 (3) Watanabe et al, New England Primate Research Center de Harvard et Fisher, lab. Biogen, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 88, p. 4616, 1^{er} juin 1991.

la moelle osseuse (4). Et les taux de lymphocytes, qui étaient tombés très bas chez ces animaux, sont revenus à la normale.

L'utilisation de CD4 solubles avait été envisagée il y a quelque trois ans, en partant de l'hypothèse suivante : ces molécules agiraient à la façon de leurs et captureraient les virus circulants. Mais ces essais cliniques avaient été décevants. Cette fois-ci, il semble qu'il faille attribuer le succès des essais au fait que les CD4 en question sont non seulement solubles, mais aussi

recombinants, c'est-à-dire que la lignée génétique en est modifiée de façon héréditaire. Bien évidemment, on envisage d'appliquer cette technique à l'humain. Signons à ce propos que *Science & Vie* a traité par deux fois le sujet des molécules CD4, depuis le début des essais (5).

C'est déjà là une bonne nouvelle. Il en est une autre. Il y a environ deux ans qu'on utilisait, dans les circuits thérapeutiques parallèles, c'est-à-dire non reconnus par la médecine, la toxine de la diphtérie

pour lutter contre le sida. Utilisée déjà contre le cancer et la polyarthrite rhumatoïde, mais alors combinée par génie génétique à des fragments des sites de liaison avec le virus de l'interleukine 2, la toxine diptérique présente une particularité curieuse : elle tue sélectivement les lymphocytes infectés par le HIV, et elle les tue à un stade très précoce, peut-être même avant que le virus ait commencé à se multiplier (6). Cela a été démontré en laboratoire : le sida a disparu des cellules. Reste évidemment à passer au stade clinique, comme on l'a fait pour le cancer et la polyarthrite.

Autre bonne nouvelle : des chercheurs du Walter Reed Army Institute of Research, à Rockville, Maryland, ont obtenu une amélioration notable de l'immunité de 30 volontaires à un stade précoce de l'infection en leur administrant un vaccin dont le principe même avait pourtant été dénoncé plusieurs fois comme étant douteux. Ce principe était le suivant : si l'on apprend à l'organisme à réagir contre un élément du virus (en l'occurrence une protéine de l'enveloppe virale, dite gp 120), il détruira le virus entier, qui ne peut se passer d'aucun de ses éléments.

"Faux" avait-on objecté. "La défense immunitaire se fait, entre autres, par des lymphocytes qui sont justement des cibles privilégiées du virus. En utilisant cette stratégie, vous risquez donc d'accroître l'infection." Or, les essais cliniques du Walter Reed Institute ont indiqué que 19 des 30 volontaires, soit près des deux tiers, bénéficiaient de ce vaccin de deux façons : d'abord, leur production générale d'anticorps était accrue — ce qui permet d'espérer une meilleure réponse immunitaire à l'infection —, et ensuite, que leur production de cellules T ou "tueuses", qui reconnaissent et détruisent les cellules infectées, avait augmenté.

Cela confirme incidemment que le système immunitaire n'est pas aussi désarmé qu'on le croit par le HIV.

Il est trop tôt pour évaluer l'efficacité du vaccin utilisé. Mais il est évident que les chercheurs "brûlent", comme on dit dans le jeu de la main chaude.

G.M.

(4) *Science & Vie* n° 859 et 882.
(5) *Science*, 2 juin 1991.

NUCLEAIRE

L'Irak et Polichinelle

Grand cas a été fait, dans le courant de juillet, de ce que l'Irak, dont on savait bien qu'il préparait une bombe A, n'a livré qu'avec réticences le détail de ses programmes nucléaires militaires. On s'est, en termes graves, scandalisé à la fois de l'existence de ces programmes et du fait qu'ils aient été menés clandestinement, alors que, théoriquement, l'Irak était assujetti aux contrôles de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA), chargée de veiller à ce qu'il ne préparât pas d'arme nucléaire.

Il est pourtant cocasse que des Etats comme la France, la Grande-Bretagne et les Etats-Unis s'offusquent des ambitions nucléaires de l'Irak. Car si ce pays est aujourd'hui près d'obtenir la bombe atomique, c'est bien grâce à leur aide. Ce sont eux qui, à des degrés différents, l'ont considérablement aidé. La France au premier chef y a construit deux réacteurs, civils certes, mais dont les charges de combustible peuvent être aisément détournées vers un programme nucléaire. Et comme nous le disions dans notre n° 882, même après le raid des Israéliens, le 7 juin 1981, qui a endommagé l'un de ces réacteurs, les Français ont vraisemblablement aidé clandestinement au démantèlement du second, en 1987. Selon les clauses d'un accord secret, les Français assuraient, en effet, leur présence et leur aide jusqu'en 1989. Est-ce la charge de ce même réacteur, qui a été mise à l'abri et démenagée sous les yeux des experts de l'ONU et de l'AIEA, fin juin 1991 ?

On peut s'étonner quelque peu, par ailleurs, de l'indignation des experts de l'AIEA, qui sont pourtant les mieux placés pour savoir que la surveillance qu'ils exercent est unurre destiné à rassurer le public. Ce système de surveillance est plein de failles ; à preuve : les Etats ayant accepté de se soumettre à des vérifications, par leur adhésion au traité de non-prolifération (signé par l'Irak), ont pleins pouvoirs pour prononcer un veto contre des inspecteurs dépêchés par un pays qu'ils n'agréent pas. En d'autres termes, ils choisissent les inspecteurs chargés de les contrôler.

Ces mêmes inspecteurs "agréés" doivent de plus prévenir le gouvernement du pays qu'ils ont l'intention de contrôler, et cela, plusieurs semaines à l'avance. Ils doivent alors obtenir un "feu vert" avant de se présenter. Ce qui laisse largement assez de temps pour vider un réacteur de ses charges d'uranium clandestin.

Qui alors, excepté Polichinelle, spécialiste des grands secrets, s'étonnerait sincèrement de ce que l'Irak pût poursuivre un programme d'enrichissement de l'uranium par séparation électromagnétique, parallèle à son programme d'ultracentrifugation ? La séparation électromagnétique est une technique qui est tout à fait à la portée de l'Irak, elle est, en effet, ancienne : c'est celle qui avait été utilisée aux Etats-Unis pour la fabrication de la première bombe A, et qui est dans le domaine public.

J.D.-L.

Les simulateurs aussi sont parfois malades...

Molière en eût sans doute été surpris : les malades imaginaires sont parfois de "vrais" malades

On rapporte ici une étude médicale publiée par une équipe française dans le *British Journal of Medicine*, qui connaît un succès appréciable. Elle est consacrée à une description de maladie ou nosologie "pas sérieuse", le syndrome de Münchhausen, c'est-à-dire la maladie imaginaire.

L'article traite d'un homme de 35 ans qui fut hospitalisé à plusieurs reprises entre juin 1986 et juin 1988 dans divers hôpitaux parisiens où, détail piquant, il se présente sous des identités différentes (ce qui laisse pensif quant aux contrôles d'admission). Cet homme "souffrait" d'une pathologie assez riche, diabète, glaucome, péritonite, hernie, etc. Autre détail piquant : ce jeune homme finit par contracter une vraie maladie, une hépatite B (laquelle, on le sait, est transmise par le sang et les rapports sexuels). On l'examina donc, de toutes les manières possibles : électroencéphalogramme, radio, imagerie par résonance magnétique nucléaire (IRM)... et l'on ne trouva rien. Ou presque rien.



Un racontar fameux de Münchhausen : il s'avise que son cheval a été coupé en deux par un obus quand, l'ayant emmené s'abreuver, il constate que l'eau fuit par l'arrière...

Le diagnostic de ce simulateur fut rapidement fait : syndrome de Münchhausen, et ce diagnostic conserve toute sa valeur. A ce point près : l'IRM pratiquée plusieurs mois avant l'hépatite révéla des images anormales dans la substance blanche des deux hémisphères du cerveau. Chez ce malade imaginaire, le syndrome de Münchhausen pourrait être causé par une lésion cérébrale vraie. C'est-à-dire que les malades imaginaires pourraient bien être de vrais malades quand même !

L'hypothèse est intéressante et l'on attend donc de mettre la main sur d'autres simulateurs tels que celui-ci pour pratiquer sur eux des IRM afin de savoir si le délire de maladie ne correspondrait pas à une véritable affection. Peut-être serait-il utile, par la même occasion, de voir si les gens qui souffrent de certains autres délires ne seraient pas, eux aussi, atteints de

troubles neurologiques....

Le syndrome de Münchhausen fut ainsi nommé, en 1951, en l'honneur d'un personnage romanesque célèbre, le baron du même nom, dont l'ouvrage *les Extraordinaires voyages, campagnes et aventures du baron de Münchhausen* (plus tard rebaptisé baron de Crac) connut un grand succès à la fin du XVIII^e siècle. Paradoxe : le baron Karl Friedrich Hieronymus von Münchhausen exista bien ; officier en retraite, c'était un conteur de premier ordre, et sa réputation s'étendit dans toute l'Allemagne. Un escroc nommé Raspe s'en empara et rédigea les aventures imaginaires du même nom, ramassis de fantaisies extravagantes, telles que celle où ledit baron, s'étant mis à califourchon sur une bouche de canon, fit tirer un boulet et sauta sur celui-ci au moment où il était éjecté pour passer au-dessus des lignes ennemis... **G.M.**

Un virus de l'athérosclérose

Certaines athéroscléroses seraient causées par un virus. Selon plusieurs cardiologues et virologistes américains, ce serait le cytomégavirus, de la famille du virus de l'herpès. Il s'introduirait dans les parois vasculaires, provoquant une réaction inflammatoire. Celle-ci déclencherait la formation des plaques qui retrécissent les vaisseaux et en durcissent les parois.

Le Dr Joseph Melnick, virologue au Baylor College of Medi-

ne à Houston, rappelle que cette hypothèse est étayée par l'accélération du processus athérosclérotique chez les patients infectés par le virus — on a retrouvé celui-ci dans le tissu artériel de nombreux patients. Michael E. DeBakey, chirurgien au Baylor College, a constaté qu'un tiers seulement des patients opérés ont un taux élevé de cholestérol : on peut par conséquent penser à l'implication d'autres facteurs, tel le cytomégavirus.

Des expériences menées sur des animaux ont montré que l'infection par des virus semblables au cytomégavirus humain peuvent accélérer le blocage des vaisseaux par athérosclérose. Il est certain, selon le Dr Melnick, que le cholestérol alimentaire, l'hypertension, le tabac, et les facteurs génétiques jouent un rôle important dans cette maladie, mais l'infection virale pourrait également y contribuer.

A.D.

Trois idées reçues à renvoyer du côté de chez Schwann

Voici de nombreuses années qu'on se réfère à une enquête épidémiologique menée dans la ville de Framingham. L'interprétation des données indiquait que l'hypertension devait être systématiquement traitée, et ce jusqu'à ce qu'elle s'atténue, et qu'elle imposait un régime alimentaire non, ou peu, salé.

Mais ces deux conclusions, pourtant admises par la majorité des praticiens du monde entier, doivent être révisées : il n'est nécessaire de traiter l'hypertension que lorsqu'elle implique un risque d'hémorragie cérébrale. En effet, si la tension minimale se situe autour de 85 mmHg, les risques d'infarctus du myocarde, qui motivaient les traitements et surtraitements, sont négligeables⁽¹⁾.

On soutenait aussi que l'hypertendu devait se priver de sel de table et prendre du potassium. Mais ce type de régime est vain, a-t-on constaté. En revanche, l'abaissement du poids est toujours nécessaire, et l'efficacité des diurétiques et des bêta-bloquants est confirmée.

Toutefois, une analyse issue de 78 enquêtes indépendantes, portant sur 47 000 personnes, conclut, quant à elle, de l'influence effective du sel sur la tension artérielle : les

Indiens d'Amazonie, les Yanomamis, qui consomment très peu de sel, ont une tension de 103/65, alors que les Taïwanais, qui consomment 21 g de sel par jour, ont, eux, une moyenne de 132/85⁽²⁾.

Autre changement : on craignait jusqu'à présent les risques de malformations fœtales encourus lors des radiographies de femmes enceintes. Or, il apparaît que lorsque les irradiations sont faibles, ces dangers n'apparaissent pas. Radiographier de telles patientes n'est donc pas préjudiciable⁽³⁾.

Enfin, on n'enseignera plus en médecine que le neurone adulte de l'humain ne se régénère pas : les travaux de James Hopkins et de Richard Bunge⁽⁴⁾ ont démontré que des fibres de nerf optique mises en présence des cellules de Schwann (cellules qui entourent l'axone), se régénèrent. Cette démonstration fait s'effondrer un dogme fondé par l'illustre Ramon y

Cajal, il y a 80 ans.

On n'en a pas été tellement surpris : dès 1980, Aguayo, puis en 1986 Alain Privat et son équipe avaient fourni des indices précurseurs : le premier avait réalisé un "pontage" sur un fragment de fibre nerveuse et montré qu'il existe des possibilités de repousse ; les seconds avaient greffé chez le rat des neurones embryonnaires sur des lésions nerveuses et montré une reconstitution anatomique et fonctionnelle des parties détruites.

On peut donc imaginer dans un avenir plus ou moins proche des reconstitutions médullaires ou de nerf optique.

Ces changements d'opinion ne devraient pas être considérés comme une preuve que la science se trompe, mais au contraire, qu'elle progresse et qu'elle n'hésite pas à infirmer des postulats qui semblaient acquis.

Rappelons que le même revirement s'est produit dans le domaine de l'hygiène alimentaire : on soupçonna longtemps les nitrates (dans l'eau ou dans les aliments) d'être cancérogènes. Ce ne sont certes pas des éléments utiles — transformés en nitrites par les bactéries du tube digestif, ils oxydent la molécule de fer de l'hémoglobine, qui ne peut alors plus transporter l'oxygène. Mais dès 1984, un rapport des experts de l'OMS avait rejeté le soupçon de cancérogénéité.

G.M.

CLIMATOLOGIE

L'ozone f... le camp deux fois plus vite qu'on craignait

Les climatologistes américains sont consternés : des rapports récents sur la destruction de la couche d'ozone au-dessus de leur continent indiquent que celle-ci se fait deux fois plus vite qu'ils ne le croyaient. Rien qu'au cours des neuf derniers mois, la disparition de la couche en question a représenté de 4,5 à 5 % du total de ce qu'elle avait été pendant toute la décennie précédente. L'agence pour la protection de l'environnement s'est déclarée abasourdie, et le fonds pour la défense de l'environnement a, lui, qualifié ces nouvelles de "très mauvaises".

Les mesures ont été transmises

par un appareil spécial, dit spectro-mètre pour l'étude de l'ozone total, installé sur un satellite de la NASA. Les pertes d'ozone sont les plus importantes dans les régions polaires de l'hémisphère nord, où elles atteignent 8 % du total cité plus haut, et au-dessus de l'Antarctique, avec un taux extraordinaire de 50 %.

Il est évidemment urgent de supprimer toute production industrielle de chlorofluorocarbones, produits déjà largement accusés de détruire l'ozone. Mais il est tout aussi urgent d'étudier d'autres mécanismes qui pourraient affecter l'ozone stratosphérique. G.M.

(1) Panorama du Médecin, 10 juin 1991.

(2) British Medical Journal, 5 avril 1991.

(3) Quotidien du Médecin, 29 avril 1991.

(4) Experimental Biology, mai 1991.

Des os de dinosaures retrouvés au pôle Sud confirment l'hypothèse selon laquelle les grands sauriens occupaient toutes les terres émergées, et que l'Antarctique était, il y a 80 millions d'années — époque à laquelle remontent les vestiges en question —, une terre chaude.

PALEONTOLOGIE

Lamarck n'avait pas tout à fait tort

Selon la théorie darwinienne de l'évolution, un organisme ne peut pas transmettre à sa descendance un caractère acquis pendant sa vie.

Il ne peut évoluer que grâce à des mutations dues au hasard, les mutations favorables étant retenues, les autres rejetées par la sélection naturelle. Mais depuis quelques années, on s'est avisé que ce dogme n'est pas plus absolu que beaucoup d'autres. Chez certaines espèces vivantes, par exemple, des modifications génétiques induites par l'environnement sont transmises à la descendance. La notion de la "continuité du plasma germinatif" ou *germen*, selon laquelle les gènes restent "en réserve" pour la formation des cellules sexuelles de la génération suivante, n'est donc pas valable pour tout le monde.

Certes, chez les vertébrés et d'autres animaux, l'ADN, support de l'information génétique, est isolé du reste de l'organisme par la membrane du noyau cellulaire, et ne peut être modifié par l'environnement si ce n'est par action directe et aléatoire de substances chimiques ou de radiations. Mais chez les bactéries, microorganismes procaryotes (sans noyau cellulaire bien défini), des modifications génétiques héritables se produisent fréquemment. Ainsi, des échanges de gènes participent au développement de la résistance bactérienne à un antibiotique donné. Les modifications génétiques acquises par les souches nouvelles se transmettent d'une génération à l'autre. De tels échanges ont sans doute contribué à l'évolution rapide des premières cellules vivantes, les procaryotes.

Plus récemment, on a montré que l'acquisition de nouveaux caractères héréditaires peut être provoquée par l'environnement chez certaines plantes, composées, elles, de cellules eucaryotes (au noyau cellulaire bien défini). Christopher A. Cullis, professeur de biologie à la grande université agricole Case Western Reserve (Ohio), a montré que des modifications génétiques induites pendant la phase de croissance végétative du lin se retrouvent dans les générations suivantes de cette plante herbacée, cultivée pour ses fibres et ses graines oléagineuses.

Cullis a tenté de comprendre comment se produisent ces modifications, et il a mis au point des sondes génétiques, permettant d'identifier certains gènes et associations de gènes, et ensuite soumis des cultures de lin à des stress divers. Il a constaté que nombre des modifications génétiques ainsi induites concernaient des éléments génétiques transposables : ces fameux "gènes sauteurs" identifiés il y a quelques années dans le maïs indien, aux graines multicolores.

Ainsi, la fréquence des transpositions de gènes est-elle radicalement modifiée par des changements de température ou de composition du sol. Les modifications ainsi induites sont héritables, puisqu'elles se retrouvent dans les générations successives.

A la dernière réunion de l'association américaine pour l'avancement des sciences, le Pr Curtis soulignait un point important : les mêmes modifications de l'environnement induisent des modifications génétiques identiques pour plusieurs plantes d'une même variété, ce qui exclut le caractère aléatoire des modifications. La plante doit donc disposer d'un système d'induction de changements génétiques précis, correspondant à un environnement nouveau, ce qui, insistons là-dessus, contredit formellement le principe de la continuité du plasma germinatif.

En outre, le Pr Curtis a constaté que les plantes de première génération issues de plantes mutantes sont homozygotes. C'est-à-dire que les deux chromosomes d'une paire homologue (portant les gènes pour les mêmes caractères) possèdent la même mutation. Cela signifie que chez la plante-mère, la même mutation se produit dans les deux chromosomes de la même paire, et que ces mutations sont transmises lors de la reproduction par autofécondation. Il ajoute que la faculté que possède un végétal de modifier ses propres gènes doit elle-même être génétiquement contrôlée,

puisque certaines variétés de lin ne réagissent pas à ces modifications de l'environnement.

Lamarck croyait, assez naïvement, à l'hérabilité des caractères acquis, et il l'expliquait de façon encore plus naïve ; l'exemple typique étant celui de la girafe, dont le cou s'allongerait de génération en génération à force de s'étirer vers les branches hautes. Mais s'il avait tort en particulier, il avait un peu raison dans le principe. On n'a pas abandonné l'explication de Darwin, selon laquelle le mécanisme de l'évolution est tout autre. Reste à comprendre pourquoi certains organismes obéissent au naturaliste français plutôt qu'à son collègue britannique.

A.D.

Voici la belle saison de la salmonellose :

monellose : principaux vecteurs de cette infection digestive grave, les produits à base d'œuf. En recrudescence en France depuis 1986, la maladie semble sévir surtout dans le Limousin. Aux Etats-Unis, on a enregistré 300 épidémies, 10 000 personnes atteintes et 46 morts. Conseils : éviter, hors de chez soi, les produits à base d'œuf et, chez soi, faire cuire les œufs durs 7 mn, pochés, 5 mn, sur le plat et brouillés, à 110°C.

Recyclage des vieux pneus et

des bouteilles en plastique en Grande-Bretagne et en Allemagne (Rosehill et Helder KG). Encore au stade expérimental, le procédé utilisé est la fusion, qui transforme ces déchets en produits de qualité supérieure, comme des isolants soniques. Jusqu'ici, ils étaient incinérés ou convertis en produits inférieurs.

Recrudescence de l'herpès en France : 9 millions de cas d'herpès des lèvres, et 300 000 d'herpès génital en 1990.

Les articles de cette rubrique ont été réalisés par Jacqueline Denis-Lempereur, Alexandre Dorozynski, Jean-Albert Föex et Gérald Messadié.

Mir soviétiques pour l'épave du "Titanic"

En URSS, le développement des recherches et des réalisations concernant la plongée profonde avec engins commença en 1953, avec les appareils GKS 6 et GG 57

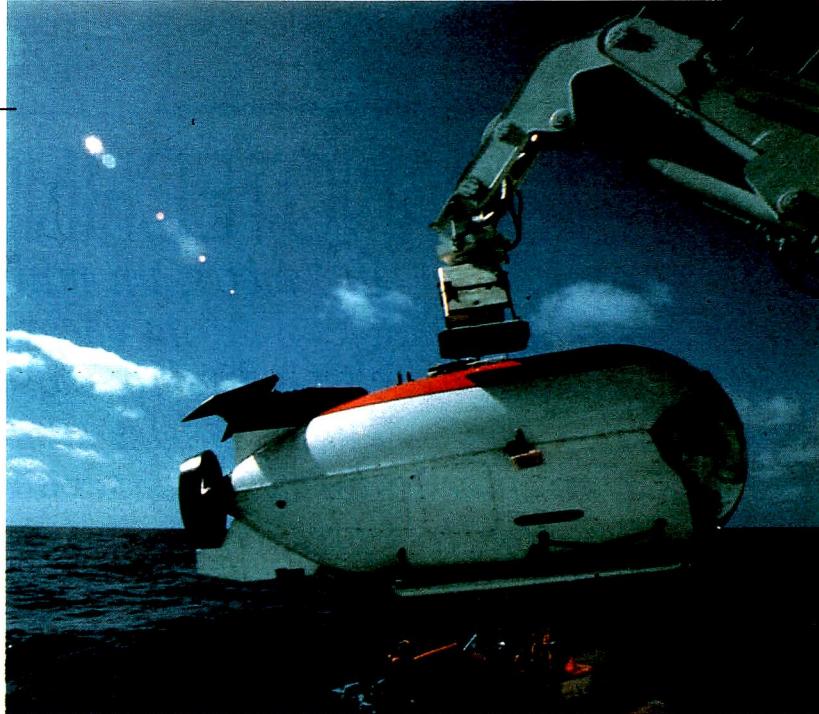
Ceux-ci furent utilisés par l'institut d'océanologie des mers froides (PINRO). Puis le grand sous-marin de combat *Severianka*, transformé en laboratoire de recherche sous-marine, effectua six expéditions (entre 1960 et 1970). En 1970, succédant à un *Sever 1* (le premier sous-marin autonome de recherche océanique profonde), fut lancé le *Sever 2* avec un équipage de cinq hommes.

D'autres engins intéressants sortirent des chantiers soviétiques : l'*Osa-3-600*, du type "soucoupe plongeante", pouvant atteindre 600 m de profondeur ; le *Shelf*, basé à Vladivostok, mais transportable par avion ; l'*Argus* de type bathyscaphe, équipé scientifiquement à Gelendzik (mer Noire) par l'institut océanographique soviétique, qui explora les fonds au large de Cuba (de 400 m à 500 m de profondeur).

En dépit de ces équipements, les aquanauts soviétiques enviaient les progrès de la technique occidentale. Aussi des contrats furent-ils passés avec le Canada, la France (Comex) et la Finlande.

En 1975-1976, on parla beaucoup en URSS des *Pisces*. Deux de ces petits sous-marins profonds embarquant trois hommes, fabriqués au Canada par la société Hyco, firent merveille dans le lac Baïkal. Au cours de missions dirigées par le commandant Podrajanski, *Pisces VII* et *Pisces XI* explorèrent l'abîme lacustre jusqu'à 1 410 m de profondeur.

Au début des années 1980, sur les chantiers de Leningrad, furent



construits deux *Benthox 300*, sous-marins "crache-plongeurs" reproduisant intégralement l'*Argyronète* sur lequel travaillait depuis longtemps le Centre d'études marines avancées (CEMA) de Cousteau.

Pour leurs constructions navales, les Soviétiques ont souvent recours au remarquable savoir-faire de la Finlande. En effet, des chantiers finlandais Rauma-Repola sont sortis *Mir 1* et *Mir 2*, deux engins de la classe des "moins 6 000 m", et dont l'apparition fit sensation dans la communauté scientifique. Leurs performances sont comparables à celles du *Nautile* français, du *Shinkai* japonais et dépassent celles des *Sea Cliff* et *Alvin* américains.

Les spécialistes soviétiques des engins et véhicules sous-marins s'entraînent en mer de Barentz (Mourmansk), ainsi qu'en mer d'Okhotsk, entre le Kamchatka et la grande île de Sakhaline ; les bases navales soviétiques sont nombreuses sur ces côtes : côté continent, Petropavlovsk, Magadan, Nikolayevsk, Sovietskaya, Gavan ; et sur les îles Korsakov, Sakhaline, Kunashiri, et Kouriles.

Les deux *Mir* ont procédé à des plongées profondes en mer de Norvège, sur l'épave du sous-marin nucléaire d'attaque *Komsomolets*, perdu en avril 1989, en océan Indien pour une mission à laquelle

étaient associés des océanologues américains.

Avec l'appui du plus moderne navire océanographique soviétique l'*Academik Matislav Keldysch*, des essais se sont déroulés en Atlantique, couronnés par une plongée à 6 170 m (*Mir 1*) et une autre à 6 120 m (*Mir 2*). Les observateurs ont souligné un rayon d'action exceptionnel et l'efficacité du système de positionnement.

Une épreuve décisive de maniabilité est attendue. Une expédition à laquelle participeront les deux *Mir* se prépare sur le site du *Titanic*. L'épave du paquebot géant est décidément confirmée dans son rôle de "grand juge" à l'égard des engins sous-marins les plus performants.

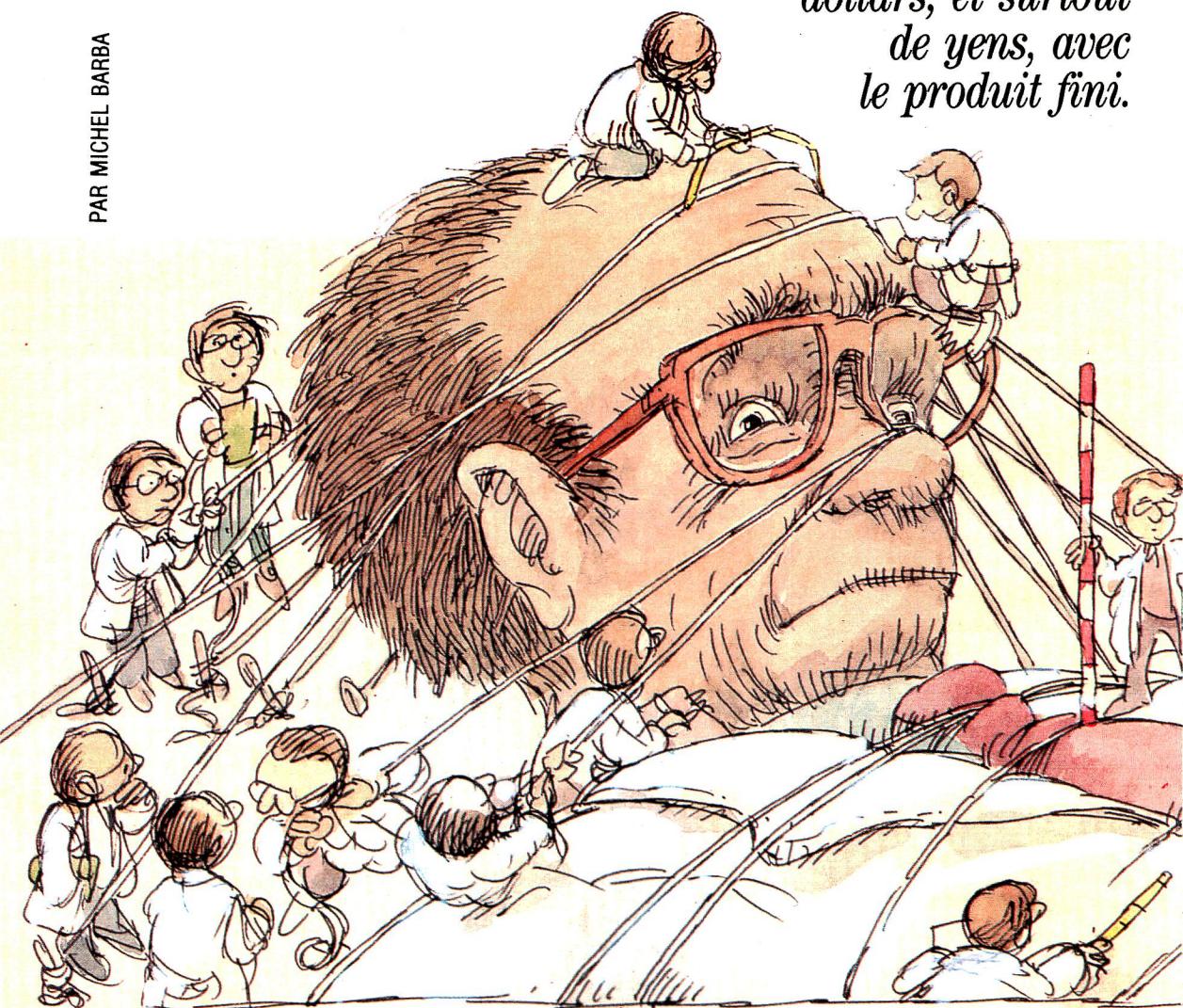
J.-A. Föex

Incidence anormale de glioblastomes, tumeurs extrêmement rares du système nerveux central, chez des ophtalmologistes américains. On en ignore la cause. Produits chimiques et champs électromagnétiques non ionisants ?

Les forêts tropicales seront difficiles à recréer, estiment les experts en se fondant sur le fait que celle qui existait sur le Krakatau (Java) et îlots environnants ne s'est pas reformée depuis 1883, date de l'éruption de ce volcan.

LA NANOTECHNOLOGIE

10^{-9} mètre, un millième de micromètre ou encore un millionième de millimètre, c'est-à-dire 10 angströms, la dimension atomique ! La nanotechnologie est l'art d'exécuter des formes, d'usiner des surfaces, à quelques nanomètres près, de les inspecter, de les mesurer... et de gagner des millions de dollars, et surtout de yens, avec le produit fini.



Si l'on se souvient qu'un centième de degré centigrade dilate un mètre d'acier d'une centaine de nanomètres, on imagine la vigilance, la ruse de l'ingénieur qui veut tenir en main ces petits êtres insaisissables. Un frôlement de doigt, un rai de soleil, un avion qui gronde à trente mille pieds au-dessus et ce sont des centaines de nanomètres qui échappent à tout contrôle.

Ainsi, une surface qui, à l'œil, paraît polie comme un miroir ressemble plutôt, observée au microscope à effet tunnel (Scanning Tunneling Microscope : STM (*voir encadré p. 68*)), à une chaîne de montagnes, en notant que les creux et les bosses de la taille d'un angström occupent un centimètre sur l'écran. Selon la notation traditionnelle du microscope de papa, c'est un grossissement de 10^8 (cent millions).

Ni gadget, ni féerie de science-fiction, la "nano" n'est pas un rêve pour demain. Le bébé est né avant-hier, il est déjà grand et ce ne sont plus des fées qui sont autour de son berceau, mais des hommes d'affaires, des machines, des millions de dollars. Chaque année, un congrès de nanotechnologie réunit plusieurs centaines d'ingénieurs et de cher-

cheurs appartenant à une vingtaine de pays ; toutes gens qui vivent dans le nanomètre, qui l'usinent, le contrôlent, le pourchassent, comme naguère on traitait le micromètre, étandard de ce que l'on nommait "la haute précision" (1).

L'étonnant de tout cela est qu'une brave machine-outil armée d'un brave outil-diamant (exceptionnellement braves, en réalité, et réclamant des précautions tout de même assez particulières) exécute une pièce en métal ou en verre à des précisions de 20 ou 30 nanomètres avec des bosses et des creux (l'état de surface) de 3 ou 4 nanomètres seulement.

Les nanomètres du grand siècle. Si l'esprit a quelque peine à admettre que l'on tripote le millième de micromètre, l'angström et les atomes comme un gamin son sac de billes, il faut tout de même se souvenir du regretté Spinoza qui polissait des verres de lunettes pour payer ses études philosophiques, ainsi que de la longue lignée de fabricants de télescopes de la fin du XVII^e siècle.

Ces gens-là n'avaient pas de STM, mais, en polissant à la main leurs miroirs (cela coûtait du temps, bien sûr), ils obtenaient des qualités de surfaces tout à fait comparables à ce que nous révèlent aujourd'hui nos moyens de mesures nanométriques.

L'énorme apport des moyens contemporains permet au nanotechnologue (abrégera-t-on en nanologue comme automatisation s'est contractée en automation ?), même s'il ne fait pas mieux que Cassegrain (2), de maîtriser le phénomène. L'illustre physicien polissait "à l'aveuglette" ses miroirs de télescope, et si le polissoir, marié trop fort, avait maltraité une zone, tout le miroir était à reprendre. Aujourd'hui, on ordonne à la machine d'enlever 30 nanomètres d'épaisseur

de matière, et ce sont 30 nanomètres qui sont enlevés. En tout cas, l'appareil de contrôle qui palpe la surface usinée est capable d'indiquer, en clair, s'il s'agit bien de 30 nm ou si, en fait, la machine en a enlevé 20 ou 40.

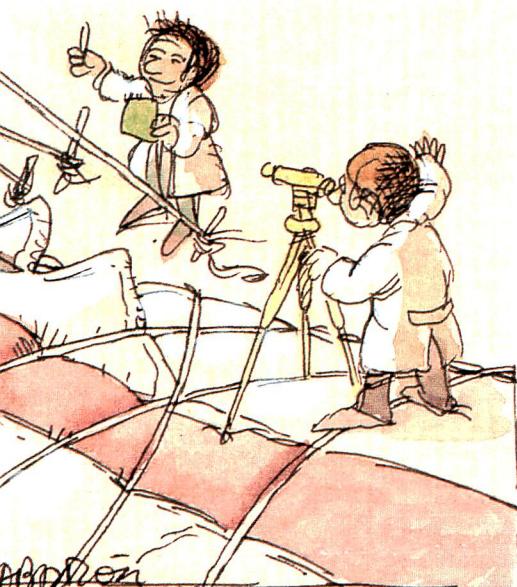
Malgré toute la finesse de ces procédés, la nanotechnologie opère dans un univers trouble où tout est du même ordre de grandeur. Les défauts de l'arête de l'outil sont de la dimension du copeau qu'il doit enlever et ceux du palpeur de contrôle de

POUR MÉMOIRE

- $10^{-6} \text{ m} = 1$ millionième de mètre = 1 micromètre (1 µm).
- $10^{-9} \text{ m} = 1$ milliardième de mètre = 1 nanomètre (1 nm).
- $10^{-10} \text{ m} = 1$ dixième de nanomètre = 1 angström (1 Å).

A noter aussi :

- diamètre de l'atome d'aluminium : 0,3 nm ou 3 Å ;
- dilatation d'une barre d'acier de un mètre : 11 nm pour une élévation de température de 1/1 000 de °C.



(1) L'Institut d'optique (université d'Orsay) sait détecter des erreurs de planéité de 0,027 nm.

(2) Jean Cassegrain, opticien français du XIX^e siècle, inventeur d'une disposition révolutionnaire des miroirs de télescope encore utilisée aujourd'hui.

celle des reliefs qu'il inspecte ; les vibrations (on ne peut pas les supprimer totalement), les variations de température apportent des erreurs de dimension aussi importantes que les variations de dimensions que l'on veut effectuer. C'est un peu comme si l'on équarrisait une poutre avec, non pas une hache, mais une autre poutre et que l'on vérifiait l'équarrissage avec un tronc d'arbre.

Le nanomètre perdu. Au-delà de cette image, voici un exemple vécu éclairant les conditions véritablement limites dans lesquelles navigue la "nano". Une machine prototype française d'ultra-précision (usinage à l'outil-diamant) a été bâtie avec cette particularité de posséder une broche porte-pièce maintenue en lévitation par un palier magnétique (quatre électro-aimants dont les champs sont pilotés par les indications des positions relatives outil/pièce), procédé sur lequel nous reviendrons plus loin. Au cours des essais, la machine usine des cylindres à des précisions de 80 nm et des plans à 3,5 nm près. Et puis, de manière aléatoire, apparaissent, sur les pièces, des rayures de quelques nanomètres de profondeur. Il fallut des semaines, mais surtout l'esprit d'observation véritablement génial du constructeur, pour découvrir la coïncidence entre l'apparition des rayures et l'usage de la chasse d'eau des toilettes voisines ! Le palier de broche de la machine était refroidi par de l'eau prélevée sur le circuit général du bâtiment : la manipulation de la chasse d'eau entraînait une perturbation du circuit de refroidissement, ce qui modifiait la tem-

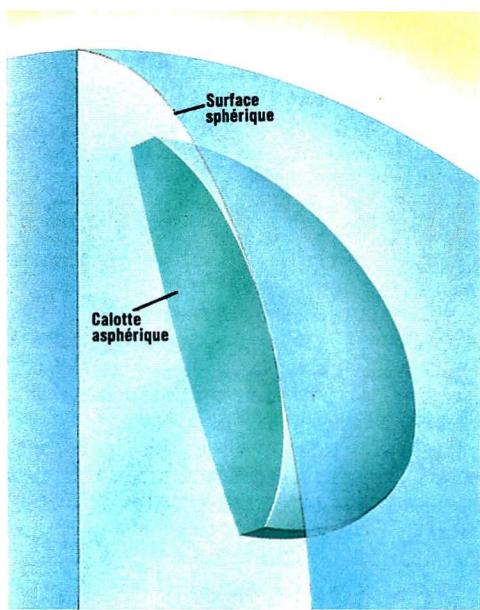
pérature du palier et de la broche (quelques centièmes de degré), provoquant ainsi des écarts de géométrie (quelques nm) générateurs de traces sur la pièce.

Les asphériques. Mais à quoi sert tout cela ? On se réjouit, évidemment, à l'idée de compter une par une les molécules d'arsénure de gallium ou les atomes de silicium et de remettre dans le rang celui qui n'est pas aligné sur ses copains mais, au-delà ?

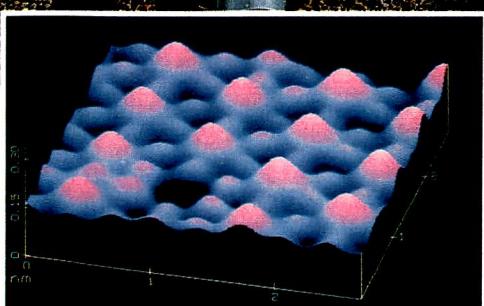
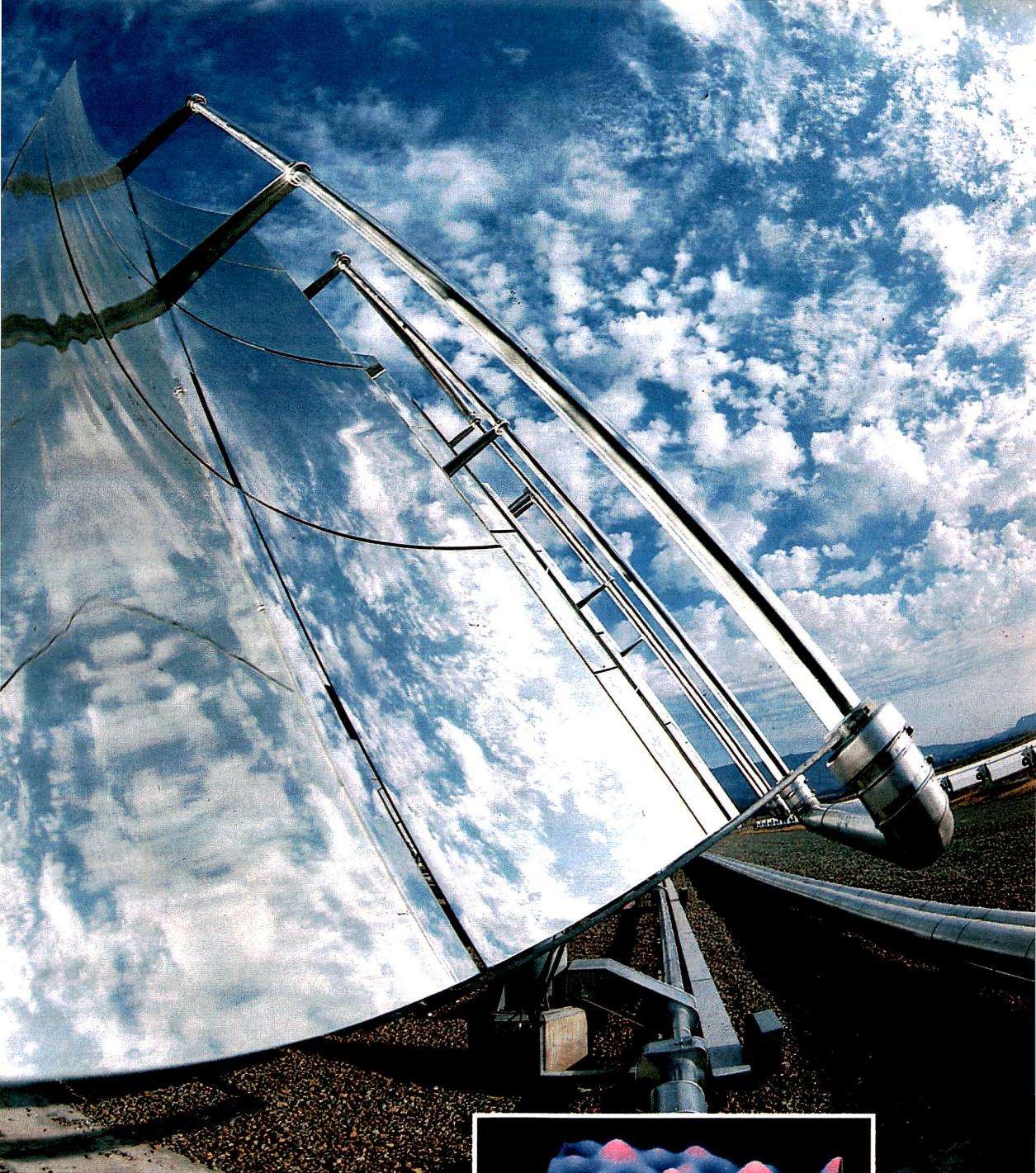
Eh bien ! Spinoza nous met sur la voie : la première application de toutes ces belles choses est l'optique, les optiques devrait-on dire. De l'antique, mais géniale, lunette de Galilée à l'incroyable empilage de lentilles de la plus banale de nos caméras, il y a tout un univers de découvertes scientifiques, de méthodes de calcul, de recettes, de chasse aux aberrations et aux pertes par transmission, de plongée dans la vision nocturne. Parmi les mille difficultés qu'il a fallu surmonter pour atteindre le niveau de qualité des optiques d'aujourd'hui, l'une, classique, concerne les aberrations géométriques. Depuis toujours, les lentilles (convexes, bi-convexes, concaves) sont "sphériques" ; des calottes sphériques, en vérité. Une telle surface est, en effet, plus commode à usiner sur un tour que, par exemple, une paraboloïde, mais cela introduit des aberrations provenant de ce que les rayons lumineux ne convergent pas rigoureusement en un point : le foyer. On sait corriger ces aberrations en multipliant le nombre de lentilles, et c'est un véritable empilage qui remplace, dans un système optique moderne, les quatre lentilles du cher Galilée.

Le grand nombre de lentilles, s'il améliore la qualité de l'image, a des effets pervers non négligeables : supplément de poids, de volume, de prix de revient aussi. Déjà gênant pour les engins courants portables, cela devient rédhibitoire dans les appareils de vision nocturne où le verre est remplacé par le germanium, métal lourd très coûteux, et où légèreté et miniaturisation revêtent une importance considérable.

Pour corriger ces aberrations, une méthode moderne consiste à remplacer les calottes sphériques



Quelques nanomètres de différence seulement entre la calotte sphérique et l'asphérique qui remplace avantageusement, en optique, plusieurs lentilles.



par des surfaces différentes (*voir dessin page ci-contre*). A court d'imagination, les opticiens ont appelé "asphériques" ces formes qui diffèrent de la sphère. Pour des lentilles petites, l'écart à la sphère est minuscule, inférieur au micromètre et c'est l'exécution de ces asphériques qui a fait naître le besoin de l'usinage d'ultra-précision, mamelle de la nanotechnologie.

Comment réaliser des asphériques ? A l'aide

Grossi 100 millions de fois par le microscope à effet tunnel, ce capteur solaire ne ressemble-t-il pas à une chaîne de montagne ?

d'une machine-outil d'ultra-précision — ultra-précise elle-même, protégée des vibrations et des changements de température (*voir encadré ci-dessous*) —, équipée d'un outil-diamant et d'un programme (la machine est, naturellement, à commande numérique (CNC)) définissant point par point le profil voulu et qui pilote en temps réel les positions relatives de l'outil et de la pièce. La machine en question est, en fait, un tour. La lentille (la calotte sphérique) est fixée sur la broche tournante, et l'outil (un burin, comme disent les Suisses, et ce mot décrit bien l'outil de tour) se déplace suivant deux directions dans un plan horizontal passant par

l'axe de la broche, "levant" des copeaux sur la lentille. Pour travailler le verre ou le germanium, l'arête coupante de l'outil est constituée par un diamant serti dans un support (outil-diamond). Les mêmes machines peuvent être équipées de "têtes de rectification",

qui font tourner une meule constituée de grains de diamant enrobés dans un liant métallique. Les meules, en forme de disque, agissent comme une multitude de micro-outils dont les arêtes sont disposées de manière aléatoire.

En résumé, le procédé choisi pour passer d'une surface sphérique à une surface "aspérique", est d'enlever de la matière sur les bords de la lentille ou du miroir (verre ou métal, germanium par exemple). Une autre façon, aboutissant au même résultat, au lieu d'amincir les bords, est de "gonfler" le centre : d'ajouter de la matière.

Pour ce faire, on projette des particules de la même matière par bombardement ionique sur la zone qu'il faut épaissir. L'expérience montre que les précisions de forme obtenues sont comparables par

usinage et par "gonflage", en notant toutefois que tous les matériaux ne se prêtent pas au bombardement ionique.

Il existe un procédé plus radical encore : mouler directement une surface asphérique, sans passer par une sphère. Deux grands opticiens, l'un américain, l'autre japonais, maîtrisent cette technique délicate. Pour l'instant, elle ne s'applique qu'à des lentilles de petites dimensions (de 10 à 20 mm de diamètre), mais on imagine la somme de difficultés que créent la température du verre, la prise en compte du retrait, la méthode de refroidissement et la précision requise pour usiner le moule (à moins de quelques nanomètres près), lequel est en métal ou en céramique.

Plus banal est l'usinage des moules pour lentilles oculaires de contact, mais qui demande, lui aussi, des précisions meilleures que le simple micromètre.

Le difficile usinage du verre. Dans tous les cas, l'usinage du verre à l'outil ou à la meule pose problème : au lieu des copeaux en rubans qui se détachent du métal, la coupe du verre (matériau friable) produit des éclats et, bien que précise en dimensions, la surface apparaît dépolie. Paradoxe humoristique de la "nano" : après avoir usiné le verre de l'aspérique ou le miroir parabolique à quelques millièmes de micromètres... retour au XVII^e siècle, il faut polir à la main ! Usiné à l'outil ou à la meule, le verre n'est pas transparent. Cette incapacité irritante des moyens ultra-modernes — et aussi, faut-il le dire, un souci d'efficacité, de productivité — a conduit de nombreux chercheurs à découvrir une méthode d'usinage du verre qui permet d'éviter le polissage et de terminer la lentille ou le miroir "à la machine". On sait maintenant usiner le verre et le germanium, également friable, en produisant des copeaux "en rubans" : c'est l'usinage en "mode ductile". Malheureusement, cette méthode est pour l'instant inexploitable industriellement. En effet, ou

bien il faut chauffer le verre pour l'usiner en mode ductile (et adieu les nanomètres !), ou bien, si, pour respecter les précisions, on opère à 20°C, les conditions d'usinage du verre donnant des rubans sont tellement minuscules (30 à 40 nanomètres de profondeur de coupe et des avances de quelques nanomètres par seconde !) que le moindre usinage demande des dizaines d'heures.

Beaucoup de travaux théoriques se poursuivent, et notamment au Precision Engineering Center de l'université de Caroline du Nord, pour comprendre le phénomène du passage du mode "fracture" au mode "ductile" sur le même maté-

Une technologie : précise au dix-millième de cheveu près

qui font tourner une meule constituée de grains de diamant enrobés dans un liant métallique. Les meules, en forme de disque, agissent comme une multitude de micro-outils dont les arêtes sont disposées de manière aléatoire.

En résumé, le procédé choisi pour passer d'une surface sphérique à une surface "aspérique", est d'enlever de la matière sur les bords de la lentille ou du miroir (verre ou métal, germanium par exemple). Une autre façon, aboutissant au même résultat, au lieu d'amincir les bords, est de "gonfler" le centre : d'ajouter de la matière.

Pour ce faire, on projette des particules de la même matière par bombardement ionique sur la zone qu'il faut épaissir. L'expérience montre que les précisions de forme obtenues sont comparables par

LES MACHINES-OUTILS D'USINAGE NANOMÉTRIQUE

- opèrent à température rigoureusement constante (au moins le 1/10 de degré Celsius) ;
- dans un local isolé ; ou sous forme de machine "boîte à gants" ; ou encore sous une pluie d'huile à température contrôlée ;
- doivent être insensibles aux vibrations, et pour cela sont bâties à l'aide de matériaux qui éteignent les vibrations (composé résine-granit) ;
- sont scellées sur un massif isolé ;
- ont une masse considérable ;
- sont fabriquées d'éléments de haute précision (paradoxalement, grâce aux corrections qu'apportent

commande numérique et logiciel, la machine n'a pas besoin d'être aussi précise que les pièces qu'elle use) ;

- mesurent les distances outil-pièce par interférométrie laser et pilotent les mouvements par commande numérique à travers un logiciel exceptionnellement performant ;
- utilisent des outils-diamond dont les arêtes doivent présenter des rayons de quelques dizaines de nanomètres (de 20 à 30 nm par usinage ionique) ;
- doivent constituer, avec la pièce et l'outil, un ensemble d'une très grande rigidité, à la manière d'une boucle fermée exempte de flexion.

riau. Les conditions de coupe jouent, on le sait maintenant, un rôle dans ce phénomène : la profondeur de coupe, la position de l'outil par rapport à la pièce, l'angle formé par l'arête de l'outil avec le matériel usiné...

Dans l'état actuel de la technique, on est donc conduit à polir le verre après l'avoir usiné. Cette obligation n'enlève cependant rien à l'intérêt considérable, pour l'optique, de l'usinage nanométrique dans la mesure où celui-ci, approchant de très près la cote finale, réduit le temps de polissage de manière d'autant plus significative que la surface à obtenir est plus grande.

C'est ainsi que pour exécuter le miroir de 10 m de diamètre du télescope astronomique Keck de Mouna Kea (aux îles Hawaï), Kodak a fait fabriquer une rectifieuse géante (de 130 tonnes). Cette machine use un par un les 36 segments de paraboloides constituant le miroir, mais elle est capable de travailler des pièces nettement plus volumineuses (un parallélépipède de 2,5 m × 2,5 m × 0,6 m) en garantissant des précisions d'exécution inférieures au micromètre (*voir photo p. 69*). Comme pour toutes les nanomachines, aucun système mécanique classique ne peut assurer de pareilles performances. Le repérage des positions relatives de l'outil et de la pièce se fait par interférométrie (3).

Le monde de l'optique. Tout ce qui vient d'être dit se traduit par des millions de dollars, qu'il s'agisse du prix des machines, des installations ou des appareils ou du coût des recherches. L'optique représente-t-elle un marché suffisant pour amortir de telles sommes (100 millions de dollars pour le programme japonais, étalé sur 5 à 8 ans) sur ses applications actuelles et même sur toutes celles à venir, telles les caméras de télévision à haute définition qui réclament sept ou neuf asphériques de grande dimension ?

Question type à laquelle une réponse réfléchie et bien documentée a toujours neuf chances sur dix d'être une sottise. Les bonds et les entrelacs des sciences et des techniques ne manquent jamais de ridiculiser économistes, devins, prophètes et autres "docteurs en sciences humaines". Ne jamais oublier, à ce propos, la prévision faite, en 1890, en Angleterre, par un comité de doctes spécialistes du trafic hippomobile : « Si aucune mesure n'est prise,



Pour rendre "encore plus plan" un miroir plan,

on le monte sur une broche tournante, dont le mouvement, combiné à celui de l'outil installé dans son porte-outil (qui se reflète dans le miroir), permettra d'usiner la pièce à quelques nanomètres près (le porte-outil se déplace dans deux directions horizontales, perpendiculairement et parallèlement à l'axe de la pièce).

les rues de Londres seront, en 1950, recouvertes de six pieds de crottin. »

Le monde de l'informatique. En tout cas, si les asphériques et l'optique en général ont été les mères nourricières de la "nano", elles ne sont pas les seules. Un autre gros client est évidemment le secteur des composants d'ordinateurs : puces, wafers (4), circuits intégrés denses et autres empilements où l'on cherche à ranger atomes et molécules comme flacons de parfum sur une étagère. Cela implique des techniques où l'on examine, nanomètre par nanomètre, les surfaces qu'il faut contrôler à la fraction d'angstrom. A noter aussi les lecteurs de disques durs informatiques dont les têtes "volent" aujourd'hui à une altitude d'un micromètre, altitude maintenue constante, à quelques pour cents près.

Il y a encore les lecteurs de disques compacts, la fabrication de tubes récepteurs de télévision couleur à haute définition, beaucoup d'organes miniaturisés des missiles, satellites et autres engins volants (le gyrolaser par exemple) ou rampants (chars d'assaut modernes) où le nanomètre est aujourd'hui ce qu'était hier le centième de millimètre.

Les nanophiles. La fonction, comme on le disait naïvement au début de ce siècle, créerait-elle l'organe ? Le fait de pouvoir usiner au nanomètre près

(3) Voir *Science & Vie* n° 885, juin 1991.

(4) On sait que deux ondes lumineuses de même fréquence, ayant suivi des cheminement différents, se superposent en créant des "franges d'interférences" (zones sombres et zones brillantes correspondant à l'addition ou à l'annulation des intensités lumineuses). Le "défilement" des franges permet d'apprécier les écarts de cheminement d'une demi-longueur d'onde de la lumière (des fractions de micromètre). L'interféromètre mesure des distances (ou des variations de distance) à de telles précisions.

(5) Mot anglais (gaufrette, en français) du jargon informatique désignant un élément de mémoire d'ordinateur.

créerait-il le besoin de nanomètres ? C'est un peu cela qui vient d'arriver au NBS (National Bureau of Standards, récemment rebaptisé NIST, National Institute of Standards and Technology) près de Washington ; on y a, en 1986, formé un *department of precision engineering* qui dispose d'un attirail "nanologique" assez complet, dont deux machines-outils d'ultra-précision.

Un jour, ces nanologues sont visités par les physiciens d'un autre laboratoire, intéressés par tout autre chose que la fraction de micromètre. « Quoi, vous pouvez exécuter des pièces au nanomètre près ? Tout juste ce dont nous avons besoin et dont nous n'osions pas rêver ! » Et de commander au

NIST des pièces d'ultra-précision représentant deux ans de charge de leurs machines, ouvrant encore un champ d'application à la nanotechnologie : le marché des laboratoires de recherche, et qui n'est pas près de se tarir dans notre univers scientifique (sciençomane même !).

Certes, la nanotechnologie n'est pas un raz-de-marée qui va balayer toute la mécanique mondiale traditionnelle, mais, à coup sûr, elle n'est pas une vaguelette ou une mode éphémère ; le nombre d'ingénieurs qui y travaillent, le nombre de fabricants de nanomachines et les applications à venir que l'on croit apercevoir en font foi.

La vague "nano" a touché, en France, un certain

COMMENT FONCTIONNENT LES MICROSCOPES À EFFET TUNNEL

La raison pour laquelle deux surfaces appartenant à deux corps différents, même rapprochées l'une de l'autre, ne se soudent pas est qu'une barrière de potentiel — que l'on peut assimiler à une montagne — empêche les molécules de l'une de se mêler à l'autre. Toutefois, si les surfaces sont extrêmement proches, on constate le passage d'électrons entre elles, comme si ces électrons avaient creusé un tunnel dans la montagne. Ce courant d'électrons est très faible, quelques nano-ampères (nA), mais il a ceci de particulier qu'il varie fortement (dans un rapport allant de 1 à 10) pour de faibles variations de distance entre les surfaces (un angström).

C'est ce phénomène qui est utilisé pour détecter des bosses (ou des creux) de quelques angströms sur des surfaces conductrices.

Le microscope à effet tunnel ou STM (Scanning Tunneling Microscope). Un stylet conducteur très fin parcourt la surface de l'échantillon en restant à quelques nanomètres d'altitude — écartement optimal pour la manifestation de l'effet tunnel (1). Simultanément on établit une différence de po-

tentiel entre échantillon et stylet, et, par un dispositif piézo-électrique dont la tension est pilotée par le courant de tunnel, on maintient constante l'altitude du stylet au-dessus des trous et des bosses de la surface. La tension du dispositif est numérisée et transformée en image sur un écran cathodique (2). Les "accidents" de la surface apparaissent grossis : des écarts de quelques angströms se tra-

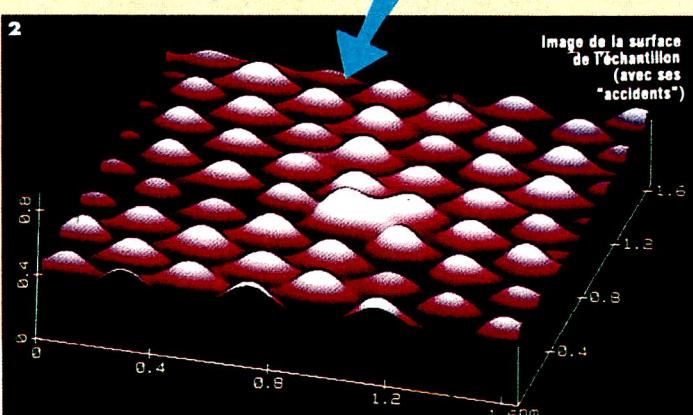
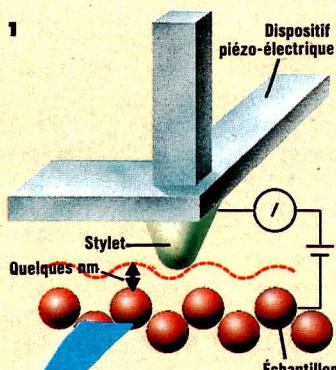
duisent par plusieurs centimètres.

Le fait qu'on établisse un courant d'électrons implique que le matériau soit conducteur et interdit l'emploi du STM pour examiner des surfaces isolantes, tels le verre ou les tissus biologiques. L'idée est venue récemment de faire jouer aux photons le rôle que jouent les électrons dans le STM et de se libérer ainsi de la contrainte de la conductivité.

Le microscope à effet tunnel photonique. Un rayon lumineux (laser) envoyé dans un prisme sous l'angle de réflexion totale y reste théoriquement prisonnier et ne franchit pas la surface réfléchissante. Cependant, si l'on approche de cette surface la pointe d'une fibre optique (qui joue le rôle du stylet conducteur du STM), des photons s'échappent et rejoignent la fibre optique, constituant un "champ évanescent" dont la décroissance est exponentielle. Cela signifie que le courant de photons voit son intensité divisée par 10 lorsque l'on éloigne la pointe de la fibre optique de 80 angströms de la surface de l'échantillon, et cela quel que soit le matériau examiné.

Le Laboratoire de Bourgogne (Pr J.-P. Goudonnet), en coopération avec le laboratoire américain d'Oak Ridge (Pr T.L. Ferrel) dans le Tennessee, a mis au point un PSTM (Photonic Scanning Tunneling Microscope) dont la résolution verticale est de 3 angströms (0,3 nm).

La résolution spatiale est d'autant meilleure que la longueur d'onde est plus petite. D'où l'idée nouvelle d'aller au-delà du spectre des longueurs d'onde visibles en provoquant le phénomène en utilisant des longueurs d'onde plus petites encore, les rayons X.



nombre de laboratoires, tous en pointe, les opticiens français, les fabricants d'appareils à contrôler les circuits d'ordinateurs, mais elle n'a pas provoqué, dans notre pays, la création de machines-outils nanométriques. Le prototype français de machine à usiner au nanomètre près, mentionné ci-dessus, équipé de palier magnétique, de conception avancée à sa naissance (1981) n'est pas arrivé à maturité. Si la nanotechnologie est véritablement, comme tout porte à le croire, le grand secteur de demain, la situation attardée de la France peut devenir dramatique.

Le ministère de la Recherche et de la Technologie en est conscient. Relayé par l'université de Compiègne, elle-même liée depuis plusieurs années au Department of Precision Engineering de l'université de Cranfield, pôle britannique de la "nano", sous la houlette du Pr P. MacKeown, ce ministère est en train de prendre les choses en main. Il vient de mettre sur pied un "club de nanotechnologie" d'où doivent sortir des idées puis des appels à proposition débouchant peut-être sur l'insertion dans des programmes européens.

Les nanomachines. On peut donc installer une pièce en verre, en germanium ou en quelqu'autre métal sur la broche d'une machine-outil, monter un outil-diamant dans le porte-outil et exécuter un usinage précis à quelques millièmes de micromètre près.

Si l'on se souvient que le diamètre d'un cheveu humain est d'environ 100 micromètres (100 000 nanomètres), on a quelque peine à ne pas crier au miracle ou plutôt à ne pas mettre en doute les résultats qu'annoncent les constructeurs de machines d'ultra-précision.

La chose paraît d'autant plus stupéfiante que, voici seulement une dizaine d'années, le micromètre était la limite de précision atteinte par les usineurs et encore dans des conditions tout à fait particulières.

Les bonnes machines-outils courantes "tenaient" 1 ou 2 centièmes de millimètre (10 000 nm) et seules quelques machines exceptionnelles : machines à pointer, rectifieuses de précision (°), étaient en me-

(6) Machine à pointer ou "pointeuse" : machine-outil de grandes dimensions (table de plus d'1 m²) effectuant des usinages légers (trous de petit diamètre, petits fraisages), ne réclamant pas de grosses énergies de coupe. On exécute sur ces machines des outillages, des prototypes, pour lesquels les précisions géométriques sont primordiales. Rectifieuse : machine de finition (arbres, plans, engrenages) enlevant les ultimes millimètres de matière à l'aide de meules (émeri, corindon, diamant) tournant à grande vitesse.



"Boîte à gants" et 130 tonnes, deux nanomachines.

Pour obtenir l'ultra-précision, elles travaillent toutes les deux à température rigoureusement constante, mais alors que seul le volume de travail de la machine ci-dessus (où la pièce et l'outil sont en cours d'installation) sera contrôlé, c'est en revanche la température de tout le local où est située la machine de 130 tonnes (en haut) qui sera réglée au 1/10 de degré Celsius près. Cette dernière, qui usine notamment les segments de miroirs de télescopes astronomiques (comme le Keck des îles Hawaï), a un volume de travail de 4 m³.

sure d'exécuter des pièces en respectant les dimensions au micromètre près. Encore, ces machines particulières doivent-elles fonctionner dans des enceintes maintenues à température constante, être convenablement mises à l'abri des vibrations et des poussières, et leur fabrication réclame-t-elle, des astuces de conception, des soins d'exécution tout à fait particuliers, apanage d'une demi-douzaine de constructeurs de réputation mondiale (les Suisses tiennent une place éminente dans ce domaine).

Comment est-on passé, en dix ans, du micromètre au nanomètre ou plutôt, à la dizaine de nanomètres ? Un gain d'un facteur 1 000 ou, pour être tout à fait réaliste, d'un facteur 100, est tout à fait extraordinaire dans les procédés industriels, sur une si courte période.

Ce saut technologique résulte du croisement de deux démarches : l'une, modeste, succession de petites améliorations de pratiques déjà éprouvées par les constructeurs de machines de "haute précision", l'autre, bien plus téméraire : l'introduction dans l'univers mécanique classique de découvertes scientifiques fondamentales : le microscope à effet tunnel ou STM (Scanning Tunneling Microscope) (*voir encadré p. 68*), interférométrie laser, informatique ultra-rapide.

Mesurer ce que l'on fabrique. La première question posée aux usineurs de nanomètres est celle de la mesure. Comme le dit Duncan T. Moore, directeur de l'Institut d'optique de l'université de Rochester (New York) la ville d'Eastman Kodak : « Le plus difficile n'est pas d'usiner les surfaces, mais de mesurer ce que l'on a usiné. »

Les progrès parallèles faits par les machines d'inspection, par les microscopes et notamment le STM, ont ouvert des horizons extraordinaires. Il faut toutefois noter que, par la petitesse même des déplacements qui fait sa puissance de vision, il faut plusieurs heures à un STM pour parcourir un objet de quelques millimètres carrés, une puce d'ordinateur, par exemple. Se déplacer d'un millimètre, c'est, pour le STM, comme pour un arpenteur marcher un kilomètre (de 1 000 à 2 000 pas).

Usiner avec précaution. En adoptant l'hypothèse optimiste que, grâce aux moyens d'inspection actuels (analyseurs de surface STM et maintenant PSTM, Photonic Scanning Tunneling Microscope, c'est-à-dire microscope à effet tunnel photonique), on sait à peu près mesurer ce que l'on a usiné, les remarques faites plus haut sur la dilatation des métaux induisent la première condition à remplir pour emprisonner le nanomètre : s'assurer que machine, pièce et outil sont à la même température et travailler à température rigoureusement constante,

Nanotechnologie, c'est du Japon que nous vient le mot ; les choses ont changé, fini le temps où les néologismes de la science naissaient en Californie, maintenant c'est à Tsukuba.



préceptes déjà suivis par les fabricants et les utilisateurs de machines à pointer.

C'est d'ailleurs un fabricant américain de pointeuses qui s'est, le premier, en 1979, lancé dans l'ultra-précision en exécutant une commande de machine pour le laboratoire de recherche de la Marine des Etats-Unis. Température contrôlée du local (on obtient couramment le 1/10 de °C) qui est isolé et en légère surpression pour expulser les poussières, introduction des pièces à usiner et des outils plusieurs heures avant usinage afin qu'elles "prennent" la température, limitation de la présence humaine, source de chaleur, circuits de refroidissement (eau ou huile) pour dominer les échauffements créés par la marche de la machine sont le B, A, BA du nano-usinage.

Au sujet du refroidissement et du maintien de températures homogènes, une méthode originale consiste à enfermer la machine dans une cage transparente et à arroser, par de multiples orifices, la zone de travail avec de l'huile à température contrôlée. Cette solution est l'une de celles adoptées par le laboratoire californien Lawrence Livermore, l'un des hauts lieux (sinon "le" haut lieu) mondiaux de l'ultra-précision. Une autre manière est de bâtir une machine "boîte à gants" (constructeur britannique CUPE) hermétiquement fermée. Le contrôle de la température ne s'exerce que dans la zone de travail (*voir photo p. 69*).

Des solutions plus radicales consistent à employer des matériaux peu sensibles aux variations de température : l'invar (alliage de fer et de nickel) connu depuis fort longtemps, en est un ; d'autres composés, récents, tels le Zérodur (alliage de diverses céramiques dont certaines se contractent lorsque la température s'élève) ne varient pratiquement pas de volume pour des écarts de température même importants.

Le prix élevé de ces matériaux en freine évidemment l'usage. On n'imagine pas une machine de 130 tonnes construite en Zérodur. Cependant, on peut employer ces produits miracles pour quelques éléments des appareils de mesure ou des mécanismes nanométriques.

Vibrations. Comme toutes ses aînées de haute précision, la machine nanométrique est massive, elle est scellée sur un bloc de béton isolé du sol de l'atelier. Elle peut aussi reposer sur des amortisseurs actifs dont la non-transmission de vibrations est contrôlée.

Le socle de la machine n'est plus en fonte mais en granit et, plus récemment, en un composé de poussières de granit et de résine synthétique, aisément mouler, trois fois moins sensible que la fonte aux variations de température et qui éteint les vibrations six fois mieux que la fonte.

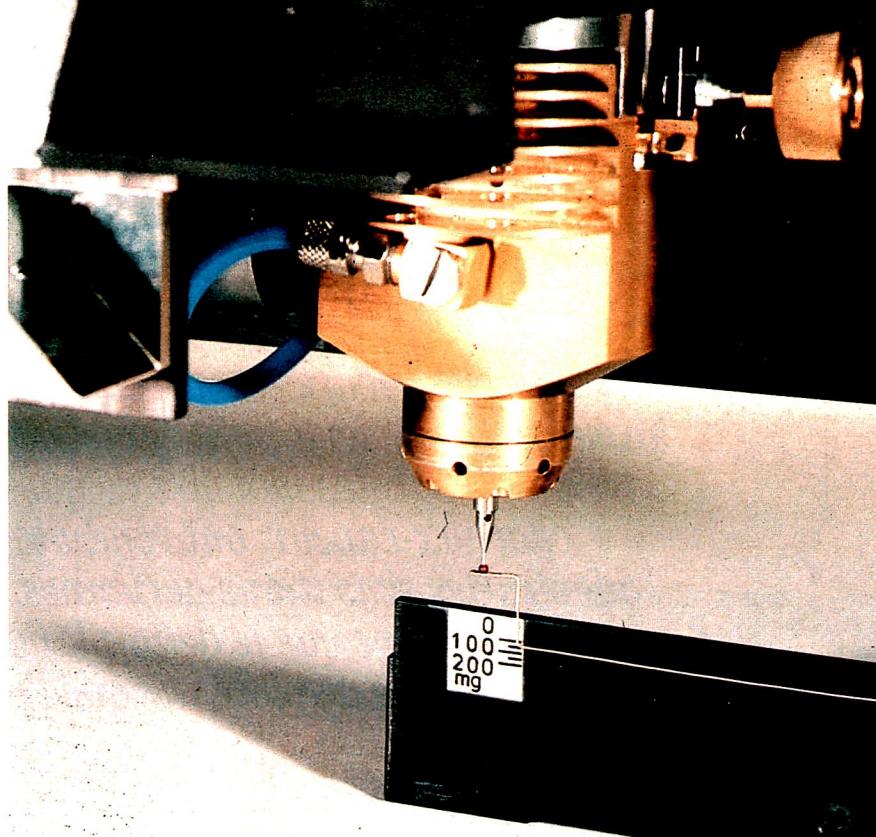
L'emploi du granit pour les appareils "de précision" n'est pas chose nouvelle ; les mécaniciens

savent tous ce que veut dire "passer au marbre", un "marbre" qui est une table de granit. Le remplacement des bâts en fonte moulée par des socles en composés résine-granit est, en revanche, une nouveauté dans les machines-outils. Les nanomachines y ont fait école. De plus en plus de machines bancales (le centième de millimètre) remplacent, depuis deux ou trois ans, leurs bâts en fonte par des composés granit-résine.

Ces dispositions ont pour objectif de minimiser les chances d'apparition des vibrations et de disposer de masses qui les "absorbent". Des méthodes plus fines encore sont en train de voir le jour : acceptant la vibration comme une donnée, elles visent à maintenir "immobile" l'élément sollicité en le déplaçant (en temps réel ou, plus exactement, avec un temps de réponse de 50 microsecondes) de

la même quantité, et en sens opposé à celui qu'impose la vibration. Le mouvement vibratoire n'est plus "étouffé", il est annulé. Une intéressante application au laboratoire : l'outil-diamant est monté dans un porte-outil comportant un dispositif piézoélectrique. les vibrations engendrées par le phénomène de coupe lui-même sont captées et injectées dans le piezo qui les contrecarre, interdisant qu'elles ne se transmettent à la surface usinée.

Précision de conduite des organes. Là aussi, les procédés ne sont pas nouveaux, l'application est seulement plus soignée, plus raffinée. Les vis de conduite à billes circulantes permettent des déplacements sans jeu, et sont connus depuis les années 1950. La nanotechnologie a conduit les fabricants de billes à trier celles-ci (et à n'en conserver qu'une ou deux sur mille) afin d'obtenir des sphères parfaites (adjectif absurde ; rien n'est parfait ; disons que l'écart à la sphère géométrique est inférieur à 100 nm). Les glissières sont du type hydrostatique, c'est-à-dire qu'un matelas d'huile sous pression est inséré entre les deux surfaces métalliques glissant l'une sur l'autre (on peut aussi créer un matelas d'air, mais ce gaz, même filtré, semble plus porteur de poussières qu'une huile bien nettoyée). Les bro-



Bonne pour le service ? Un stylet, muni d'une sphère de rubis, "palpe" la surface de la pièce à contrôler, en suivant ses bosses et ses creux. Les déplacements sont enregistrés et apparaissent sur un écran sous la forme du profil palpé, ou bien d'une liste des dimensions relevées sur la pièce — exprimées en nanomètres.

ches ne tournent plus sur des roulements à billes ou à rouleaux, mais sur des paliers à air, ou lévitent dans un palier magnétique. Ces dispositions (températures, vibrations, précision de conduite des organes mobiles) ne sont pas nouvelles, mais leur application au nanométrique nécessite de les conjuguer et de les mettre en œuvre avec un soin tout particulier.

L'innovation. Tout autre est le contrôle de la position relative de la pièce et de l'outil à quelques nanomètres près.

Il s'agit là d'une véritable première, tant pour mesurer cette distance avec une telle précision que pour la comparer à ce qu'elle devrait être, et corriger l'écart en temps réel. On peut se faire une idée de la rapidité nécessaire du "temps de réponse" en rappelant qu'une vitesse de 36 km/h, soit 10 m/s représente 10 nanomètres par millionième de seconde (10 nm/μs).

Aucun système classique ne peut atteindre de telles performances. C'est l'intervention de l'interférométrie laser (un interféromètre pour l'axe des x, un autre pour l'axe des z) adjoint à un logiciel de commande numérique exceptionnellement riche et rapide qui apporte la solution.

(suite du texte page 150)

L'ULM RÉINVENTE LE PLAISIR DE VOLER

Le rêve d'Icare est inscrit dans le subconscient humain. De curieux petits jouets volants, propulsés par des moteurs de quelques dizaines de chevaux-vapeur, ont rendu le goût du ciel aux adeptes des sensations aériennes. Ils leur donnent l'autonomie que le delta-plane n'offre pas, et la liberté de plein air que l'avion leur refuse.

Evidemment, le Français André-Georges Lafitte n'est pas le premier pilote d'avion à avoir traversé l'Atlantique en solitaire. Lindbergh inaugura cet exploit en 1927. Il le fit en 33 heures 27 minutes non-stop, alors que Lafitte, parti de Montréal, a mis 45 heures, en se posant deux fois, à Terre-Neuve et aux Açores. Et non sans quelques contre-temps, car l'étape des Açores n'était pas au programme ; le plan de vol, contrarié par un méchant vent debout (vent contraire), prévoyait à l'origine une deuxième escale à Shannon, en Irlande, et l'arrivée au Bourget, en plein milieu du 39^e Salon international de l'aéronautique et de l'espace. Au lieu de cela, l'appareil, baptisé *North American Flight Center*, a atterri le 25 juin dernier dans le petit aérodrome de Biarritz-Parme (1).

Mais si Charles Lindbergh a bien mérité sa place dans l'histoire, l'actualité doit quand même un grand coup de chapeau à André-Georges Lafitte. Car cette traversée de l'Atlantique, il l'a accomplie dans un petit aéronef : un ULM (ultra-léger motorisé), ou du moins une extrapolation de celui-ci. Un engin qui ne pèse pas plus de 250 kg à vide, alors que *Spirit of Saint-Louis*, l'avion de Lindbergh, dépassait la tonne. Le monoplan américain était mû par un moteur de 250 ch, le mini-avion de Lafitte par un Rotax de 80 ch (ce qui se fait de mieux en matière de motorisation pour l'aviation ultra-légère).

La machine du Français débordait les normes officiellement admises pour les ULM. La réglementation fixe à 150 kg la masse à vide maximale pour un monoplace, à 175 kg pour un biplace (avec une extension possible à 200 kg pour le travail aérien).

Le *North American Flight Center* avait donc pris quelques libertés avec les règles établies. Pour un tel raid aérien, on lui pardonne. L'engin était en fait une version un peu "gonflée" d'un modèle d'ULM dûment homologué comme tel, le Pélican, normalement équipé d'un moteur de 64 ch et dont l'aile en toile a été remplacée ici par une voilure métallique (le profil ne se déforme pas, et les qualités aérodynamiques sont meilleures). On a augmenté la capacité des réservoirs d'essence jusqu'à 240 litres (habituellement de 60 à 80 l), ce qui assure une autonomie de vingt-six heures de vol. Ainsi, le *North American Flight Center* n'est plus tout à fait un lilliputien du ciel, mais pas encore l'avion léger classique, dont il se rapproche néanmoins.

La réglementation sur les ULM, élaborée dans les années 1980, vise à garantir le plus rigoureusement possible la sécurité des amateurs de ce sport aérien, sans les astreindre à un entraînement relativement long et coûteux comme celui d'un pilote d'avion de tourisme.

En vol, c'est la portance qui équilibre le poids de l'appareil et assure la sustentation. La portance résulte de deux forces : la dépression, qui exerce une sorte d'aspiration sur l'extrados de l'aile (face supérieure de la voilure) et qui est majoritairement responsable de la portance ; et la surpression, qui s'exerce sur l'intrados de l'aile. La portance est liée à la surface de l'aile et à la vitesse. Si cette dernière est faible, il peut arriver que la portance soit insuffisante ; l'avion décroche, avec le risque d'un basculement vers l'avant. Circonstance scabreuse quand elle se produit à proximité du sol. En limitant le poids, et en imposant une surface assez grande de



La liberté retrouvée



3

l'aile (²), on réduit considérablement la vitesse à laquelle l'engin est susceptible de décrocher — 50 km/h, parfois même moins. En cas de mauvais atterrissage, la violence du choc avec le sol sera atténuée et les risques de casse seront bien moindres.

L'application de ces dispositions techniques a permis à l'administration française de libéraliser les conditions d'accès au club des ULM. L'âge minimum pour obtenir le brevet et la licence est de quinze ans (³). La visite médicale est conseillée mais non obligatoire. La licence, une fois acquise, a une valeur définitive, au contraire de la licence de pilote privé qui exige d'être renouvelée tous les ans.

Les ULM, contrairement aux avions, sont habilités à décoller et atterrir n'importe où en France, dès lors que le propriétaire du terrain l'autorise.

Des formalités aussi peu exigeantes expliquent le formidable développement de l'ULM dans notre pays, où l'on dénombre quelque 13 000 détenteurs de brevets et plus de 6 000 pratiquants réguliers, selon les estimations de la Fédération française des planeurs ultra-légers motorisés, la FFPULM (⁴).

L'obligation du brevet ne date que de 1984, instaurée à la suite d'accidents imputables à la croissance anarchique de ce sport, à l'imprudence de certains pilotes, et à la légèreté de quelques constructeurs. C'est en cette même année que furent strictement réglementées les caractéristiques techniques des ULM quant au poids et à la surface alaire, deux paramètres essentiels à la sécurité de

vol. L'instauration du brevet et de la licence impliquait celle d'une formation codifiée, et donc la création d'un corps d'instructeurs responsables et compétents. La Direction générale de l'aviation civile, plutôt que de vouloir tout régenter elle-même, a eu la sagesse de confier cette tâche à la FFPULM et au SNPPULM (Syndicat national des pilotes et professionnels d'ULM).

Les ULM sont nés en Californie dans les années 1970, inspirés par le désir de quelques amateurs enthousiastes d'équiper leur aile libre, ou aile Delta, (⁵) d'un moteur. La formule a vite évolué vers des appareils dotés d'un châssis d'atterrissement, puis vers des machines ultra-légères de types différents, dont les seules caractéristiques communes sont précisément le poids maximum à vide et la surface alaire.

En effet, il n'y a pas grande ressemblance, entre un Pélican (*voir photo page 78*), véritable avion miniature — avec son aile, son empennage (la queue), ses gouvernes de direction, de profondeur (pour monter ou descendre) et d'inclinaison —, et un modèle "pendulaire".

L'ULM de type pendulaire se présente comme une aile Delta sous laquelle est fixé un "chariot" (tricycle avec deux roues arrières tirées et une roue avant directrice), avec un moteur de 40 ch à l'arrière, deux sièges à l'air libre et une commande de vol unique. Celle-ci est une barre horizontale que le pilote manœuvre pour déplacer le chariot par rapport à l'aile, d'avant en arrière ou de droite à gauche



1



2

Un oiseau de plus en plus perfectionné. Certains ULM font appel, pour leur construction, à des techniques de pointe. L'Hydroplum Pétrel (1) est ainsi fabriqué en stratifié verre époxy, carbone, bois et toile. Il possède un train d'atterrissement rétractable qui lui permet même de se poser sur l'eau (4, p. 78) ! Son moteur Rotax 532 lui assure une vitesse de croisière de 120 km/h, à laquelle il consomme 12 litres d'essence à l'heure. Son réservoir a une capacité de 50 l.

Le grand avantage de l'ULM réside dans ses capacités à se poser à peu près partout sur terre. Sa très faible vitesse d'atterrissement — souvent moins de 60 km/h — lui permet de se contenter de pistes sommaires, un pré ou une plage, et de faibles dimensions : un ULM s'arrête en moins de 100 m. Seule obligation : que le propriétaire du terrain choisi ait donné son accord préalable pour l'atterrissement. Mais il peut arriver qu'on n'ait pas vraiment eu le loisir de choisir (dans le jargon on dit "se vacher"). C'est encore de la bonne volonté du propriétaire que dépendra la suite des opérations(2).

Mais la pratique de l'aviation ultralégère, à bord d'un ULM multi-axes (1) ou d'un ULM pendulaire (4 et 3), est source d'un plaisir rare et inoubliable, à goûter seul (en monoplace) ou accompagné (en biplace).



4

Des techniques que les frères Wright auraient aimé

— l'appareil se déplaçant selon deux axes : le tangage et le roulis. Le chariot agit comme un pendule : l'utilisation de la barre de contrôle comme point d'appui pour déplacer son poids à droite ou à gauche a pour effet de déplacer le centre de gravité de l'ensemble, et donc de charger un côté de l'aile plus que l'autre, et de faire ainsi virer l'ULM du côté le plus chargé. De même, les déplacements de la barre en avant ou en arrière font monter ou descendre l'appareil.

L'idée de doter les ailes volantes d'un moteur est venue très vite, donnant naissance à l'ULM. Les moyens de propulsion furent d'abord empruntés à des engins existants — tronçonneuses, hors-bord, tondeuses à gazon —, mais la tendance est aujourd'hui à la création de moteurs spécifiques. Les passionnés de l'époque héroïque bricolaien un châssis et un moteur de fortune sous leur aile de toile et de tubes, s'affranchissant ainsi des limitations du vol

d'une montée en pente très forte, si une panne de moteur survenait ou si une rafale augmentait trop l'angle d'incidence, l'ULM décrochait et partait vers l'avant ; il y avait dépassement de la vitesse de rupture, et chute libre. Ou alors, l'inertie entretenait ce mouvement de bascule, l'engin se retournait alors complètement. De ce fait, le chariot se retrouvait au-dessus de la voilure et s'écrasait sur elle. Les pilotes peu aguerris — beaucoup étaient dans ce cas — avaient tous les risques d'y laisser leur peau.

Les constructeurs ont donc cherché — et trouvé — la parade au *tumbling*. Ils ont disposé des cordes de rappel sur le bord de fuite de l'aile, c'est-à-dire sa partie arrière. Ces cordes sont reliées à un mât placé au-dessus de la voilure. En cas de décrochage, à la suite d'un piqué prononcé, la toile de l'aile se creuse vers l'arrière, créant un couple redresseur : les cordes de rappel tirent sur le bord de fuite de l'aile, provoquant son braquage vers le haut. Ainsi, l'ULM réagit automatiquement à la situation de crise et se sort de lui-même du piqué dans lequel il s'est si fâcheusement engagé.

Aux dispositifs de sécurité sont venues s'ajouter d'importantes améliorations dans la construction même des ULM. Les tubes, qui forment la structure sur laquelle est tendue la toile de l'aile, sont aujourd'hui en alliage d'aluminium spécial au titane. Même progrès pour la toile : Air Création, qui fabrique exclusivement des ULM pendulaires, utilise des tissus synthétiques de type Mylar (©) pour confectionner l'extrados de l'aile, la partie qui subit le plus d'efforts aérodynamiques, la face supérieure de la voilure ayant tendance à se gonfler en vol. L'intrados est en Dacron. Ces matières, si elles ont une excellente tenue mécanique, souffrent d'une certaine sensibilité aux rayons ultra-violets du soleil. Aussi le constructeur colle-t-il sur les ailes des petites bandes de Dylar qu'on peut prélever une à une à chaque révision de l'appareil ; leur analyse témoigne du degré de vieillissement de la toile sous l'effet du rayonnement solaire (†).

La réglementation en vigueur, cependant, n'oblige personne à faire contrôler régulièrement le bon état de son ULM. Les révisions et leur périodicité sont laissées à l'appréciation du constructeur et du propriétaire. Pour voler, un ULM n'est d'ailleurs pas tenu de subir des épreuves de certification, comme celles qui attestent la navigabilité des avions. Il suffit d'un simple dépôt de dossier technique. Rien n'oblige non plus la tenue d'un livre de bord où serait consigné le temps de vol effectué quotidiennement ; la totalisation des heures de fonctionnement est pourtant un bon moyen de mesurer l'état d'une machine. Pour Jean-Luc Tilloy, d'Air Création : « Tout est basé sur l'auto-responsabilité du pilote. L'accès du plus grand nombre à cette activité est à ce prix. »



libre. Les frères Wright ne connurent pas plus grande euphorie. La liberté apportée par l'ULM, la facilité du pilotage, donnaient à ces pionniers le sentiment de réinventer le plaisir du vol.

Cette facilité n'exorcisait pas le risque. Sur un "vrai" avion, ou même sur un ULM dit "multi-axes" avec ses gouvernes arrière, l'empennage horizontal et la gouverne de profondeur qui lui est associée permettent d'assurer une parfaite stabilité longitudinale (*voir photo page 73*). Autrement dit, lorsqu'une rafale constraint l'avion à prendre un angle de cabrage ou de piqué excessif, l'appareil a naturellement tendance à retrouver son assiette normale, à reprendre sa position de départ sur l'horizon. En revanche, ce ne l'était pas des toutes premières ailes volantes auxquelles on avait simplement accroché un moteur. Plus d'un accident a été causé par le *tumbling*, la "culbute" par l'avant : lors

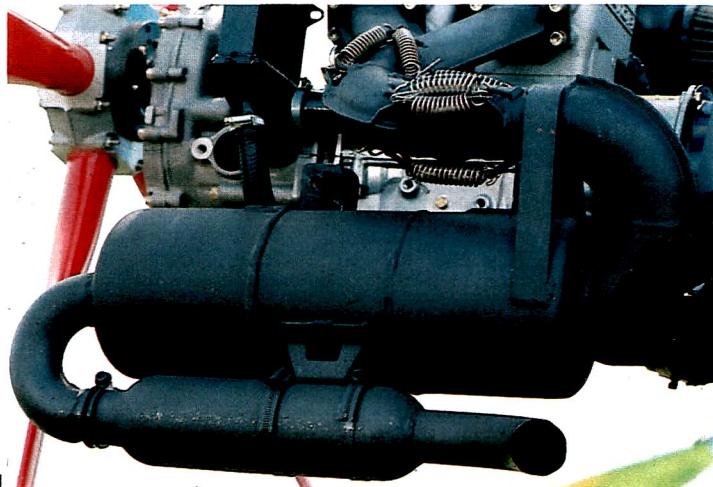
La guerre au bruit. Les constructeurs d'ULM dotent les échappements des moteurs de dispositifs "silencieux" (1) : système d'absorption d'effet de résonance à l'admission ; système de réduction de bruit à l'échappement ; ou bien réducteurs permettant d'obtenir des vitesses de rotation d'hélice (c'est elle qui produit l'essentiel du bruit) de trois à quatre fois moins importantes que celles du moteur (2). Mais avec des hélices qui tournent moins vite, la poussée est

moindre. Pour pallier cet inconvénient, les constructeurs ont élargi les pales (3) et, dans le cas des biplaces, ont porté leur nombre à cinq (au lieu de quatre).

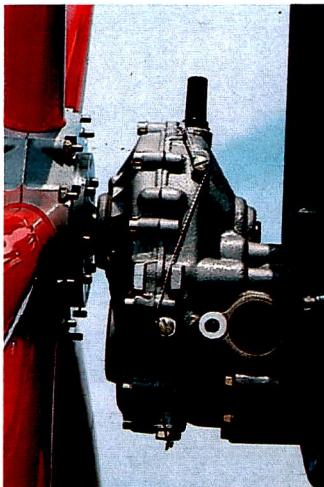
Si réduire la nuisance sonore intéresse les constructeurs et les utilisateurs, la sécurité est une préoccupation majeure. La formation dispensée actuellement par les écoles de pilotage insiste beaucoup sur cet aspect de la pratique de l'aviation ultra-légère. La grande liberté offerte par l'ULM a comme corollaire incontournable la

responsabilité du pilote.

En effet, les ULM ne sont soumis à aucun contrôle périodique obligatoire, à la différence des avions légers. Il appartient donc au pilote de vérifier, avant chaque vol, l'état de son engin. D'où l'importance de ce qu'on appelle la "visite pré-vol" (photo page ci-contre), au cours de laquelle on procède au contrôle des éléments vitaux de l'aéronef : chariot, groupe moto-propulseur et aile. Cette opération dure de vingt à trente minutes.



1



2



3

Une même structure de base pour deux



1



4



2



3

ULM ou avion ? Ce qui fait l'ULM, c'est son poids, et la surface de son aile. Le premier ne doit pas dépasser 150 kg pour un monoplace et 175 kg pour un biplace. La surface alaire, elle, doit être suffisamment grande pour qu'1 m² de voilure ne supporte pas plus de 10 kg (ce qui fait, pour un ULM de 150 kg, une aile de 15 m² minimum). De telles contraintes limitent les performances, puisqu'on doit se contenter d'un moteur relativement léger et, par conséquent, peu puissant. Aussi, les constructeurs réalisent-ils des avions légers et des ULM à partir d'une même structure de base : en version ULM (3), le Pélican est équipé d'un moteur de 64 ch ; la version avion (2) est dotée d'un moteur de 80 ou 90 ch. Mais dans l'esprit de beaucoup de pratiquants, l'idée d'ULM reste souvent associée à celle d'une simple aile volante motorisée (1).

conceptions d'appareil

Jean-Marie Durand, vendeur d'ULM et instructeur à Pont-sur-Yonne, fait remarquer que la dispense de certification officielle explique le taux élevé d'innovations et d'améliorations techniques réalisées par les constructeurs français, lesquels cherchent en permanence à rendre leurs machines plus maniables, plus rapides, plus sûres, plus fiables. Selon lui, s'ils devaient pour chaque modification, même mineure, se soumettre à un contrôle de l'administration, avec ce que cela entraîne de temps perdu et de dépenses, rien n'avancerait plus.

Le problème risque pourtant de se poser de façon aiguë en 1993, avec l'ouverture du grand marché européen. Tous nos voisins n'ont pas des vues aussi tolérantes que la France en matière de réglementation sur les ULM. « En Grande-Bretagne, par exemple, chaque engin doit être certifié par les autorités, et cette formalité coûte environ 50 000 francs », précise Marc Mathot, qui dirige Ultralair, fabricant d'ULM à Valenciennes, et préside le Syndicat des constructeurs d'aéronefs ultra-légers (SCAUL).

Les constructeurs français ont pu innover et créer des machines spécialement performantes, grâce, disent-ils, à la non-ingérence de l'administration. Ils espèrent bien écouter leurs engins sur le grand marché unifié de 1993. Encore faudrait-il que les fabricants européens s'entendent sur un ensemble de normes communes. Français, Belges et Britanniques ont entamé des discussions dans ce sens, qui pourraient déboucher sur quelques principes, ou définitions, des caractéristiques de l'ULM : entre autres points, les masses minimum et maximum autorisées, la vitesse minimum de sustentation. On n'évitera sans doute pas l'entrée en vigueur d'une certification, mais elle sera probablement moins contraignante que l'actuelle procédure pour les avions légers.

En matière de normes, bien des questions restent en suspens. Ne serait-ce que la définition des caractéristiques des matériaux utilisés pour la construction. Rien chez nous n'a été entrepris dans ce domaine, du fait même de l'extrême liberté dans laquelle travaille l'industrie de l'ULM. Pour la spécification des matériaux, un premier pas vient tout de même d'être franchi en France : l'Etat a acquis quatre ULM sur lesquels ses ingénieurs ont installé des jauge de contrainte qui mesurent les efforts subis par la structure et l'aile ; ces valeurs sont ensuite enregistrées. Un programme de 2 500 heures de vol est en cours. Cette étude conduira à définir quels seront les matériaux à employer pour chacun des éléments de la machine.

Les constructeurs ont devancé les normes à venir concernant le bruit. Nécessité fait loi, car leurs engins sont autorisés à se poser partout en France, et évoluent à faible altitude. Le problème de la nuisance acoustique est réel. Or, la pratique même de l'ULM ne se conçoit pas sans l'assentiment du

public. Les constructeurs ont donc déployé de gros efforts pour en réduire le niveau sonore, à la fois au niveau de la motorisation et de l'hélice. Les moteurs sont équipés de silencieux à l'admission comme à l'échappement (*voir photo page 77*). Ils sont souvent "détarés", c'est-à-dire qu'ils fonctionnent en deçà de leur puissance nominale.

Quant à l'hélice, elle tourne à régime lent : 1 350 tours/minute au maximum pour un moteur fonctionnant à 5 500 tours/minute, la différence étant obtenue grâce à un réducteur, dispositif servant à réduire la vitesse de rotation de l'axe (*voir photo page 77*). On arrive alors à des vitesses périphériques — en extrémité de pale — inférieures à 400 km/h, loin de la vitesse où commencent à se manifester les phénomènes de compressibilité de l'air, générateurs de bruit.

Reste le problème des ULM biplaces (¹), qui sont plus lourds que les monoplaces et réclament davantage de poussée. La solution : des hélices à cinq pales, mises au point par la société Arplast, spécialiste des hélices en composite, matériau très résistant, composé de fibres minérales maintenues par un liant (*voir photo page 77*). Bien que plus coûteux, le composite est préféré au bois pour les hélices, car il permet d'obtenir un meilleur profil des pales, et d'accroître leur rendement.

Les constructeurs, aujourd'hui, cherchent moins à augmenter la puissance qu'à amortir le bruit des moteurs. Tous les pratiquants d'ULM savent que leur activité ne pourra continuer de se développer si elle engendre des nuisances insupportables pour ceux qui n'ont pas eux-mêmes les moyens ou l'envie de s'embarquer sur ces machines volantes. La bataille se gagnera sur le front des décibels.

Germain Chambost

(1) L'itinéraire suivi, et celui prévu au départ, ainsi que les étapes intermédiaires correspondent exactement à la route empruntée autrefois par les long-courriers à hélices sur l'Atlantique Nord.

(2) L'aile doit avoir une surface telle qu'1 m² de voilure ne supporte pas plus de 10 kg de poids.

(3) Le brevet reconnaît une certaine aptitude au vol ; la licence est l'autorisation définitive de le pratiquer.

(4) FFPULM, 24 rue du Plateau, 94700 Maisons-Alfort.

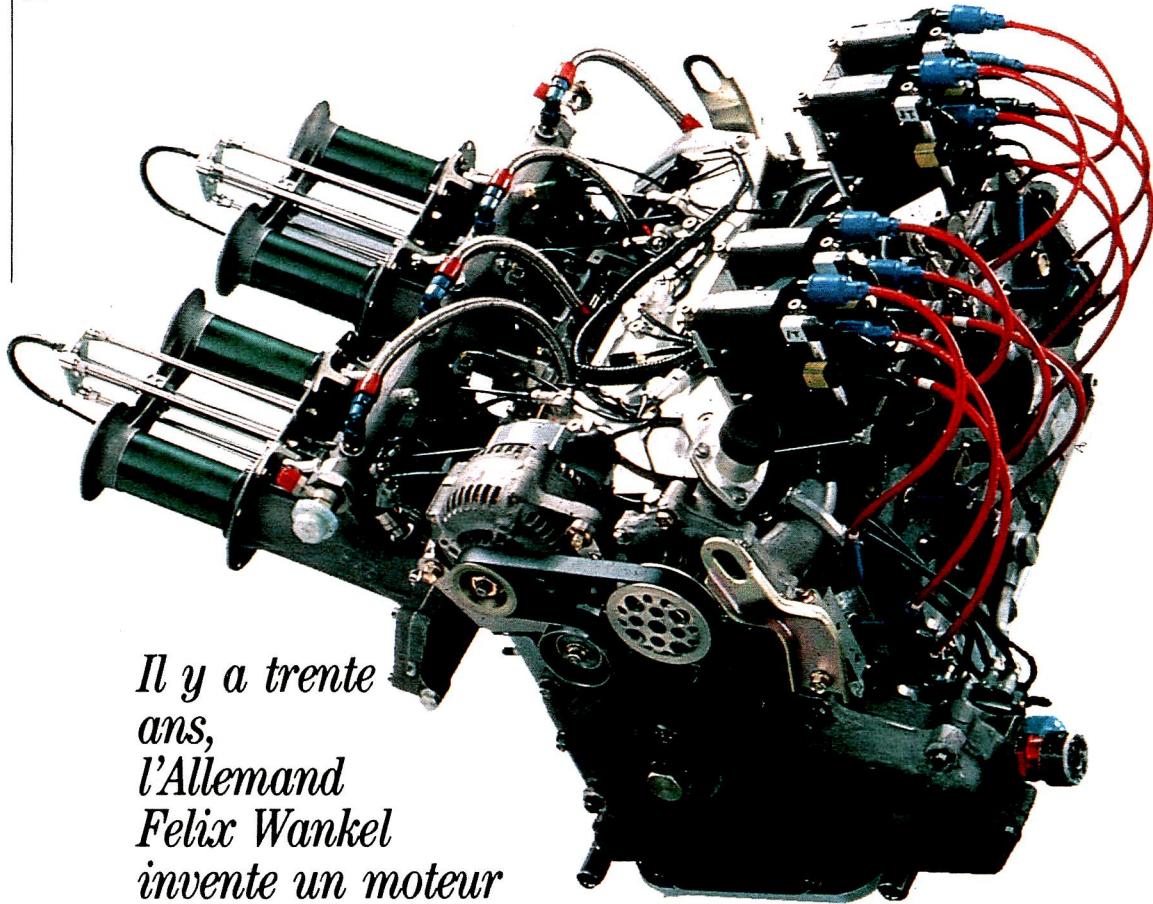
(5) Engins non motorisés, aussi appelés ailes volantes, servant au vol libre et constitués uniquement d'une carcasse légère sur laquelle est tendue une voilure en tissu synthétique, et d'un harnais auquel l'homme se suspend.

(6) Tissu constitué d'une grille de fils trame recouverte de deux films de polyester.

(7) La légende d'Icare ne dit-elle pas qu'il s'éléva si près du Soleil que la cire qui attachait ses ailes à ses épaules fondu ? Périssant ses ailes, il fut précipité dans le mer et se noya.

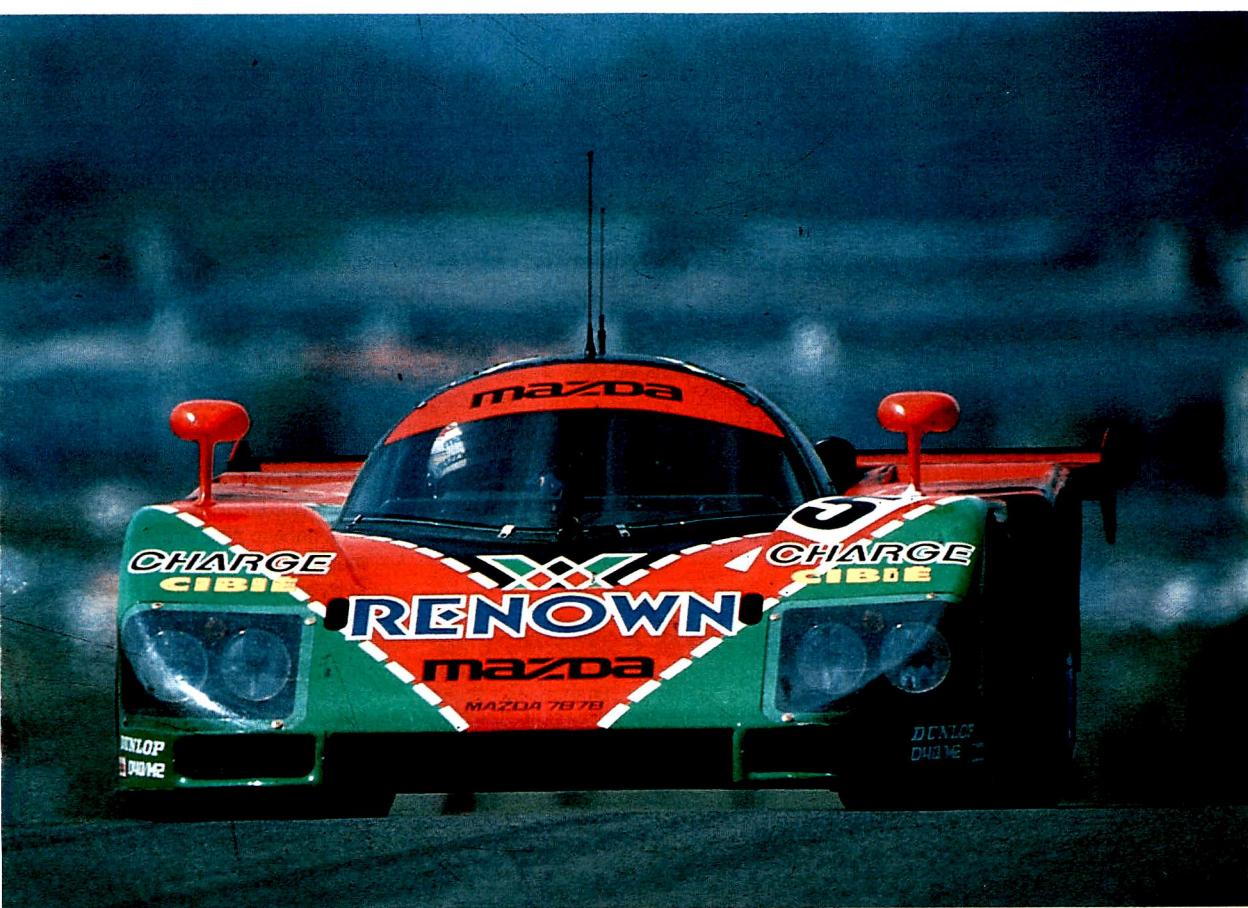
(8) Surtout utilisés pour l'apprentissage et les "baptêmes de l'air" de touristes.

WANKEL ENLÈVE LES VINGT



Il y a trente ans, l'Allemand Felix Wankel invente un moteur pas comme les autres : pas de bielles, pas de pistons, pas de soupapes, juste un rotor triangulaire dans un carter en haricot. Il sera fabriqué en série par NSU, puis en France par Citroën, et au Japon par Mazda. En Europe, le choc pétrolier le fera tomber dans l'oubli, mais les Japonais continuent à le commercialiser et l'ont fait triompher cette année aux Vingt-Quatre Heures du Mans.

QUATRE HEURES DU MANS



Patience et longueur de temps peuvent mener loin, très loin même quand s'y ajoute le talent ; plus loin et plus vite que les autres quand les circonstances s'y prêtent, ce qui a été le cas lors des Vingt-quatre heures du Mans cette année. Ce n'était pas la première fois que les ingénieurs japonais de la firme automobile Mazda venaient là : ils étaient apparus en 1970, et déjà avec une voiture à moteur rotatif.

Avec une rare ténacité, ils sont régulièrement revenus avec le même type de moteur qui progressait lentement mais sûrement ; en douze participations, Mazda a engagé vingt-cinq voitures dont seize ont été classées ; les premières années, leurs voitures terminaient rarement. Ces derniers temps, elles terminaient toujours et, depuis cinq ans, toutes les Mazda engagées sur le circuit du Mans se sont

classées à l'arrivée.

Pour la fiabilité, elles étaient donc exemplaires ; en juin dernier, elles l'ont été aussi pour la rapidité puisqu'elles occupent les

première, sixième et huitième place. Celle qui a gagné a couvert 4 923 km à 205,33 km/h de moyenne, ce qui constitue le nouveau record du circuit. Qu'une voiture japonaise gagne les Vingt-quatre heures n'avait en soi rien d'imprévisible : après avoir imposé leur technologie dans les championnats du monde de moto avec les moteurs 2 temps des Honda et Yamaha, puis en Formule 1 avec les moteurs 4 temps Honda, et enfin en rallye et en endurance moto avec Suzuki et Kawasaki, il n'y avait rien d'extraordinaire à ce qu'ils enlèvent aussi les épreuves d'endurance auto.

A plus de 205 km/h de moyenne, la Mazda 787B numéro 55 a remporté les Vingt-Quatre Heures du Mans. Grâce à la fiabilité et au rendement de son moteur Wankel à quatre rotors.

La grande surprise, et ce qui constitue l'exploit technique, c'est qu'ils ont gagné avec un moteur rotatif Wankel qu'ils sont à peu près les seuls à fabriquer encore. On doit tout de même signaler que la firme anglaise Norton commercialise depuis 1989 une moto à moteur Wankel, et que le même type de moteur existe en modèle réduit pour les petits avions télécommandés (OS-Graupner de fabrication japonaise) depuis près de vingt ans.

Pour être juste, la victoire d'un moteur rotatif est l'histoire d'une immense patience : cela fait maintenant un siècle que l'on cherche à s'affranchir du mouvement alternatif des moteurs à pistons pour transformer la pression d'un gaz en rotation. Grâce à la turbine, on y a très bien réussi pour ce qui est des grosses puissances — plusieurs centaines de kW — mais quant aux unités moyennes, on peut dire que les pistons règnent toujours en maîtres sous les capots des voitures, des camions ou des petits avions de tourisme.

Pourtant, en 1636, l'Allemand Pappenheim inventait la pompe à engrenage, dont on se sert toujours pour assurer la pression d'huile dans les moteurs — deux engrenages en prise dans un carter étanche épousant parfaitement leur pourtour. C'est elle qui

allait mener au moteur rotatif : si on lui envoie un fluide sous pression, cette pompe devient moteur. En 1799, l'anglais Murdock construit donc une machine à vapeur rotative sur ce principe. Par manque d'étanchéité, et ce sera l'éternel problème des moteurs dits rotatifs (par opposition à ceux qui ont des pistons), le rendement est très faible.

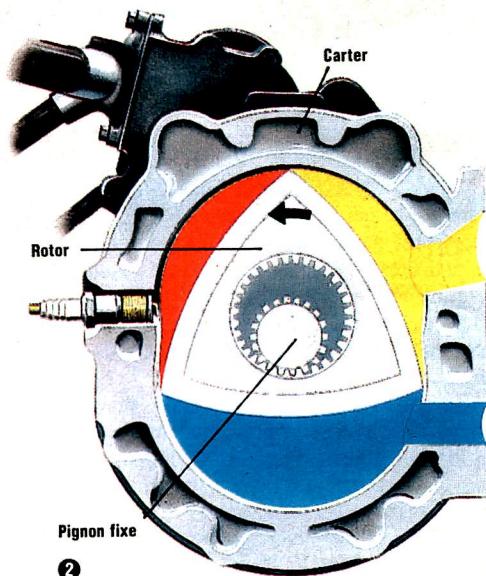
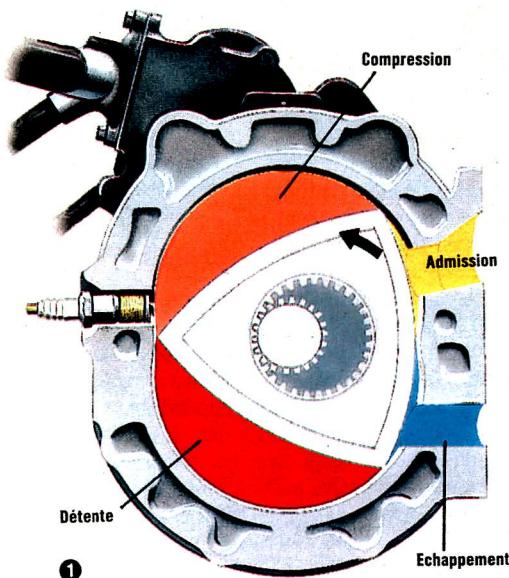
Les recherches se poursuivent au fil des ans, mais les produits qui en découlent mèneront plus souvent à de nouveaux types de pompe ou de compresseur qu'à des moteurs. On voit apparaître des rotors et des carters dont le profil est celui des cycloïdes — courbes engendrées par un point d'un cercle qui roule sans glisser sur une surface qui peut être plane ou courbe.

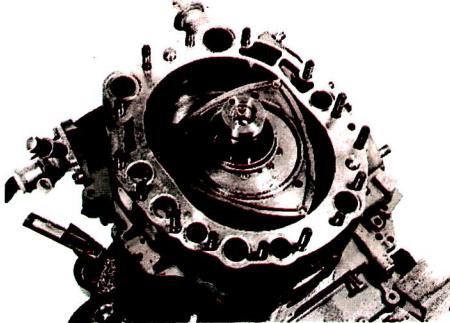
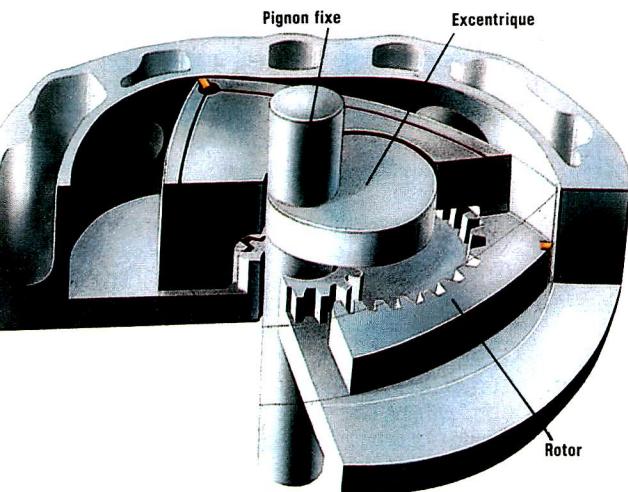
C'est à l'allemand Felix Wankel que reviendra le mérite d'avoir fait la synthèse de toutes ces inventions pour aboutir à un moteur qui fonctionne si bien qu'il équipera près de 2 millions de voitures fabriquées par Mazda.

Cet inventeur est né le 13 août 1902 en Forêt-Noire ; après avoir terminé ses études secondaires, il entre en 1921 dans une maison d'édition scientifique pour y apprendre le commerce.

En réalité, il est beaucoup plus intéressé par les moteurs que par les finances et, deux ans plus tard, il jette les bases d'un premier moteur rotatif. Mais, et c'est là qu'il se montre plus tenace que ses prédécesseurs, il passe en revue toutes les solutions possibles et élimine peu à peu, après

En continu, admission-compression-détente-échappement. Réaliser les quatre temps du moteur à explosion sans pistons ni soupapes, tel est le but du moteur rotatif Wankel. L'engrenage central est fixe et lié au carter ; un arbre à excentrique maintient le rotor triangulaire qui tourne autour de cet engrenage grâce à sa denture interne. On voit qu'en un tiers de tour du rotor il y a eu un tour de l'excentrique et un temps moteur. Chaque face du triangle a complètement exécuté un des temps : admission (jaune), compression (orange), détente (rouge), échappement (bleu).





Un tour de rotor, trois tours d'arbre moteur.

Le moteur Wankel, basé sur la géométrie des cycloïdes, est purement rotatif. L'excentrique oblige le rotor triangulaire à rester en contact avec le pignon fixe central ; mais ce rotor porte aussi une denture interne qui reste engrenée avec le pignon denté, et il tourne donc autour sans glisser. Les trois sommets du triangle décrivent alors une courbe en forme de haricot — c'est le profil du carter — tandis que ses faces engendrent des volumes variables par rapport à ce carter.

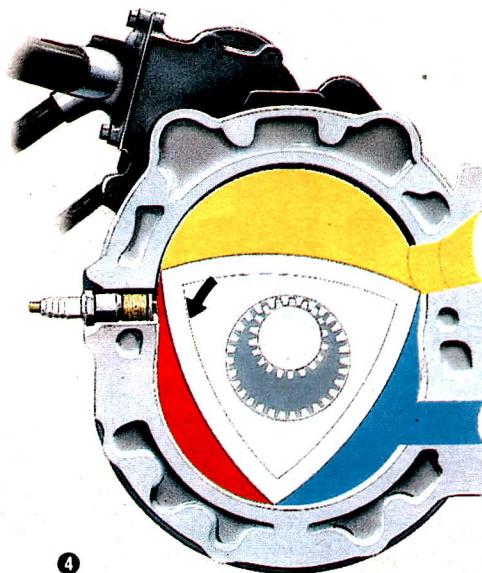
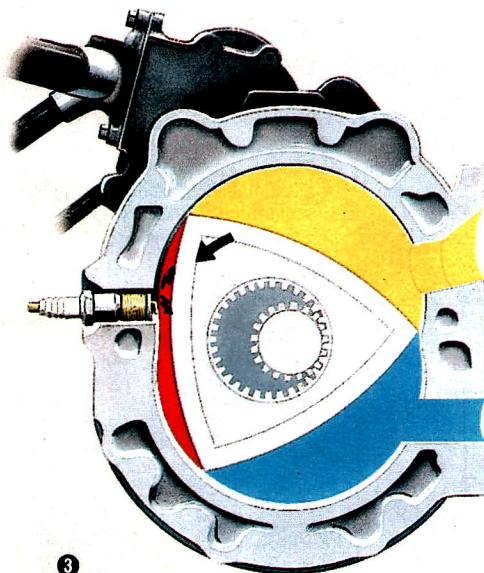
une longue et minutieuse étude, les procédés non viables.

Un tel travail prend du temps et, à la veille de la guerre, il en est toujours aux prototypes en association avec BMW. Pendant les hostilités, c'est le ministère de l'Air du III^e Reich qui lui accorde son soutien pour monter une entreprise de recherche. En 1953, un accord est conclu entre la firme NSU et Wankel ; pour la première fois, un constructeur de voitures, avec tout l'apport d'une usine puissante, s'intéresse vraiment à l'invention.

En 1958, les premiers moteurs tournent au banc et les résultats sont bons, spectaculaires même, au

point que déjà d'autres firmes s'y intéressent : Curtis-Wright (Etats-Unis), spécialisée dans les moteurs d'avion, puis Daimler-Benz (Allemagne) et, surtout, Toyo Kogyo, qui fabrique les voitures Mazda.

Dès 1964, la première voiture à moteur Wankel est mise sur le marché : c'est le spider NSU qui sera suivi, quatre ans plus tard, de la NSU Ro-80, plus grosse et plus puissante. Entre-temps, en 1967, sort la première Mazda à moteur Wankel, la 110 S. La même année est constituée la société Comotor qui associe NSU et Citroën pour la fabrication de moteurs rotatifs.



Toujours soucieux d'innovations, Citroën est en effet le seul constructeur européen à s'intéresser vraiment au Wankel après NSU. En 1970, il fait tester par des clients choisis une voiture à moteur rotatif dite M 35. En 1974, il lance sur le marché une GS biotor ; mais la même année c'est le choc pétrolier, l'époque est aux économies d'énergie et le Wankel consomme plus qu'un moteur conventionnel. La fabrication finit par être arrêtée quand Citroën est racheté par Peugeot.

En Allemagne, NSU disparaît à son tour, et Mazda reste seule à fabriquer en grande série des voitures à moteur Wankel. Il faut dire que les débuts furent difficiles car de nombreux problèmes affectaient les premières réalisations : refroidissement, allumage, usure de l'excentrique, démarriages laborieux et, surtout, usure des segments ; ce problème

Les Japonais ont mis au point le moteur rotatif sans crédits militaires ni gouvernementaux.

d'étanchéité, nous l'avons dit, fut toujours le point faible des rotatifs, et il fallut l'opiniâtreté de Mazda pour le résoudre complètement.

Pour bien voir où se situe la difficulté, il faut commencer par regarder le principe du moteur ordinaire à piston ; celui-ci est comparable à une seringue dont la tige de poussée serait liée à un arbre tournant par une manivelle. On tourne d'un demi-tour, la manivelle tire le piston vers le bas et aspire un mélange inflammable air-essence ; un demi-tour de plus, la bielle remonte le piston et comprime le mélange dans le cylindre.

Une étincelle enflamme les vapeurs comprimées qui se détendent et renvoient le piston en bas : c'est

le demi-tour moteur ; un quatrième demi-tour sur la lancée remonte le piston qui chasse les gaz maintenant brûlés et inutiles, et le cycle recommence. Pour suivre la voie qu'ont empruntée tous les inventeurs de moteurs rotatifs, imaginons qu'on supprime l'étincelle qui enflamme le mélange.

A ce moment, le moteur devient un compresseur : le piston aspire un gaz, puis le refoule en force lors de sa remontée ; en fait, ce n'est plus qu'une pompe à vélo, et bien des compresseurs sont bâtis sur ce principe très simple. Inversement, et c'est là un point essentiel, si on envoie un fluide sous pression dans un compresseur, celui-ci peut se mettre à tourner et devient un moteur.

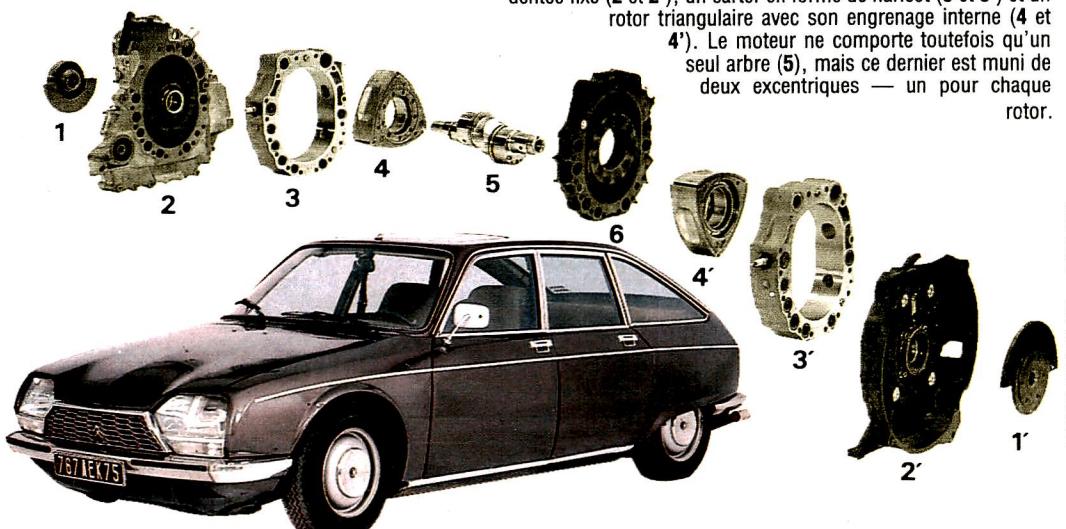
C'est ce qui se passe dans le cycle habituel à 4 temps : pendant le premier tour le piston aspire puis comprime un gaz ; il travaille en compresseur. Pendant le second tour, le mélange enflammé devient un gaz à haute pression qui repousse le piston avant d'être évacué : le même engin travaille en moteur. Or la théorie des moteurs thermiques enseigne que, pour avoir un bon rendement, un engin doit obligatoirement passer par ce stade de compression du mélange inflammable.

De là l'idée de transformer en moteur une autre variété de compresseur que celle à piston. Or il existe quantité de pompes rotatives (un compresseur n'est jamais qu'une pompe munie d'un clapet anti-retour genre valve), ce qui explique, comme nous l'avons vu, que tous les inventeurs soient partis de ces pompes dont le modèle est la pompe à engrenage.

Mais le gros inconvénient de ces pompes est de fonctionner en continu : quand on fait tourner les engrenages, le fluide pris dans l'espace entre les dents est emporté de l'autre côté par la rotation

En 1974, Citroën propose une version Wankel biotor de sa GS.

On note, pour chacun des deux éléments du moteur, de chaque côté de la flasque centrale (6), une masse d'équilibrage (1 et 1'), une flasque de base munie de sa roue dentée fixe (2 et 2'), un carter en forme de haricot (3 et 3') et un rotor triangulaire avec son engrenage interne (4 et 4'). Le moteur ne comporte toutefois qu'un seul arbre (5), mais ce dernier est muni de deux excentriques — un pour chaque rotor.



sans qu'il y ait la moindre interruption dans l'écoulement. Si l'on dispose d'une source également continue de fluide sous pression, par exemple la vapeur d'une chaudière, aucun problème ne se pose : ainsi alimentée, une pompe à engrenage devient un moteur.

Il en va tout autrement avec le moteur à essence qui est discontinu par principe, avec des étapes bien séparées : aspiration, compression, détente, échappement. Il fallait donc pouvoir fractionner l'écoulement dans une pompe rotative, et c'est là, justement, que se situe la réussite de Wankel : il inventa un système rotatif engendrant des volumes variables séparés les uns des autres.

Le principe de base, qui avait déjà été exploré au siècle précédent, repose sur les cycloïdes. Ce sont, nous l'avons vu, les courbes engendrées par un point d'un cercle roulant sans glisser sur une surface quelconque. Quand cette surface est un plan, il s'agit d'une cycloïde stricte ; s'il s'agit d'un cylindre, il peut s'agir d'épi-, d'hypo- ou de péricycloïde selon que le cercle est intérieur ou extérieur au cylindre. Le mouvement est, pour schématiser, celui d'un anneau qu'on fait tourner autour du doigt.

Dans le cas du moteur Wankel, il s'agit d'une hypocycloïde : les deux cercles sont tangents intérieurement ; le cercle de base, fixe, a un rayon inférieur à celui du cercle mobile — en général, on connaît surtout le cas où le cercle de base encloit le cercle mobile ; dans le cas contraire, celui qui nous intéresse ici, où le cercle de base est enclos dans le cercle mobile, on parle parfois de péricycloïde plutôt que d'hypocycloïde.

Précisons aussi que, lorsque la courbe est décrite non par un point du cercle mobile mais par un point qui lui est lié, extérieur ou intérieur, on parle de trochoïde. Enfin, chose essentielle, la courbe n'est simple d'apparence que si les rayons des deux cercles sont dans un rapport de nombres entiers petit : par exemple $R/r = 1$ ou 3 ; ou $1/2$, $1/3$, $3/4$.

Dans le cas du Wankel, ce rapport est $2/3$; la courbe est complètement décrite quand le cercle mobile a parcouru 3 tours ; autrement dit, si un excentrique axé sur le cercle de base commande le cercle mobile, il faut que cet arbre excentré fasse trois tours pour qu'un point du cercle ait parcouru un tour complet autour du cercle de base.

Dernier point important : dans le cas de la péricycloïde rapport $2/3$, trois points liés au cercle mobile décrivent la courbe en même temps : le point qui sert de référence, bien sûr, et deux points symétriques



Depuis 1967, Mazda fabrique des automobiles à moteur rotatif.

Et, à ce jour, près de deux millions de voitures de ce type sont sorties des usines installées à Hiroshima. La RX7, ci-dessus, est un coupé à vocation sportive doté d'un moteur birotor.

ques de son diamètre à 120° de part et d'autre de celui-ci ; autrement dit, trois points qui dessinent un triangle équilatéral sur le cercle.

Le carter du Wankel a donc la forme d'une périphérie de rapport $2/3$, soit la silhouette d'un 8 ou d'un haricot ; à l'intérieur tourne un rotor en triangle équilatéral curviligne porté par un excentrique monté dans l'axe du cercle de base au centre du 8. Ce cercle de base, qui doit assurer un roulement sans glissement, est un pignon denté fixe monté au centre de l'un des deux flasques qui ferment la trochoïde.

Le cercle mobile, lié au triangle rotor, est un engrenage à denture interne deux tiers plus grand. Le déplacement giratoire du triangle dans le carter en 8 engendre des volumes variables (*voir dessins p. 82*) qui permettent de reproduire, au fil d'une rotation continue, le cycle admission/compression/détente/échappement. La cinématique de ce moteur fait que, pour un tour complet du rotor, l'arbre moteur qui porte l'excentrique fait trois tours.

Chaque face du rotor travaille en même temps : pendant que l'une aspire, l'autre comprime et la troisième détend ; il y a donc un temps moteur par tour de l'excentrique, mais, comme ce temps dure plus longtemps, le Wankel est du point de vue souplesse analogue à un trois cylindres 4 temps ordinaire. En couplant deux rotors, on a l'équivalent d'un six cylindres ; avec trois rotors on est au neuf cylindres (formule classique dans les moteurs en étoile pour avions), et avec quatre rotors on arrive au douze cylindres.

Il n'y a nul besoin de soupapes puisque le rotor masque et démasque les orifices d'admission et d'échappement lors de sa rotation. Le vrai problème, en fait, s'est posé quand il a fallu assurer l'étanchéité périphérique du moteur, c'est-à-dire les arêtes de contact entre les trois sommets du triangle et la

(suite du texte page 156)

L'AUTO N'IRA PLUS AU CIMETIÈRE

au passé : les constructeurs automobiles mettent en place des chaînes de démontage de leurs vieilles voitures pour en faire des neuves.



place la

première fi-

lière européen-

ne de collecte et de
ramassage des déchets

dans son réseau commercial.

Ainsi, 8 000 t de plastique, prove-

nant essentiellement des boucliers,

, 50 000 pots catalytiques contenant du plati-

ne et du rhodium, et 700 000 batteries renfer-

mant du plomb, seront recyclés. Voilà pour la récu-

pération. Mais le fin du fin en matière de recyclage

automobile est la création de chaînes de démontage

d'épaves : à Landshu, en Allemagne, pour BMW ; au

centre de Flins pour Renault ; et à Saint-Pierre de

Chandieu, près de Lyon, pour Peugeot.

Ces installations doivent améliorer les rende-

ments actuels. Pour l'instant, toutes marques con-

fondues, les constructeurs recyclent en moyenne

70 % du poids des voitures. Ce bilan repose sur la

récupération des pièces qui sont vendues sur le

marché de l'occasion. Les épaves sont ensuite

broyées. Les déchets subissent alors un tri sélectif

qui permet d'alimenter les aciéries ou les raffineries

d'aluminium et de cuivre. Il reste de 25 à 30 % de

résidus de broyage qui partent en décharge de

Heu-
“fièvre verte” chez les constructeurs automobiles. Après les pots catalytiques et l'essence sans plomb, c'est aujourd'hui la voiture toute entière qui doit se plier aux lois du respect de l'environnement. BMW en a déjà fait son slogan publicitaire pour ses voitures de la nouvelle série 3 « qui sont à 80 % recyclables ». Beaucoup plus prudent, le groupe PSA s'est bien assigné comme objectif le “zéro décharge” mais il n'en fait pas pour autant un argument de vente. Renault, enfin, met en



A

Du neuf avec du vieux. Les voitures sont désassemblées sur la chaîne de démontage (A), et ce qui reste de leur carcasse métallique est broyé. Cette 405 Peugeot (B) est un véritable gisement de "matières premières" composées à 72 % de matériaux ferreux (1), à 16 % de polymères plastiques (2), et à 4 % de métaux non ferreux (aluminium, zinc, cuivre provenant du câblage électrique et plomb extrait de la batterie) (3). Le vitrage (3 %) (4) est recyclé dans la fabrication de microbilles incorporées à des plastiques ou à des peintures. Les pneus (5 %) (5) serviront de combustible aux cimenteries et entreront dans la composition du revêtement étendu sur les routes urbaines afin d'atténuer le bruit des voitures. Dans la série 3 de BMW (C), l'effort a porté sur le plastique recyclable (en vert). Les parties en bleu sont déjà du plastique recyclé.



C

classe II⁽¹⁾). Résultat : les douze millions d'épaves détruites chaque année en Europe produisent 1,8 million de tonnes de déchets par an, composés de plastique et de textile (42 %), de caoutchouc (30 %), de verre (13 %) et de terre (15 %) (collée à la carrosserie).

La mise au point de techniques de recyclage centrées en particulier sur l'élimination des résidus de broyage aboutira à des voitures entièrement recyclables. Il faut donc démonter les épaves existantes pour définir les filières de valorisation des déchets automobiles, et évaluer la rentabilité des techniques. C'est le but de l'atelier de recyclage automobile ouvert par PSA en collaboration avec la Compagnie française des ferrailles et le groupe cimentier Vicat. Pendant 2 ans, 7 200 voitures (des "reprises 5 000 F" de chez Peugeot, Citroën ou Talbot) seront "désossées" avant d'être réduites en poussières par le plus gros broyeur d'Europe, capable de traiter 120 000 épaves par an.

Les voitures entament la chaîne de désassemblage par une étape de dépollution qui les vide de tous leurs liquides (huile, liquide de suspension, essence). Puis les sièges en mousse de polyuréthane, qui représentent à eux seuls 20 % du volume des résidus et qui étaient mis en décharge jusqu'à présent sont désormais recyclés dans la fabrication d'isolants pour les bâtiments. Les pneus sont rechappés, ou bien transformés en combustible pour alimenter les fours des cimenteries. Enfin, on dépose le groupe moteur, qui est rénové si son état le permet. Tous les plastiques des voitures sont récupérés et triés en fonction de leur famille chimique⁽²⁾.

Du tableau de bord aux pare-chocs, la collecte des plastiques est d'autant plus intéressante qu'en 20 ans les constructeurs européens ont triplé le poids de plastique dans l'automobile (60 % des réservoirs à essence sont actuellement en polypropylène, lesquels n'exploseront pas en cas d'incen-

die) ; les véhicules n'en sont que plus légers et consomment moins d'essence. Ce matériau recyclé servira à fabriquer des pièces neuves. Peugeot les transforme également en petits granulés de plastique qui servent, eux aussi, de combustible pour les cimenteries. A l'avenir, les Européens chercheront, dès la conception des véhicules, à réduire la gamme des plastiques utilisés dans la fabrication des pièces, afin de privilégier les plus facilement réutilisables. Cela limitera les filières de recyclage qui sont trop nombreuses selon les constructeurs. Les pièces plastiques des nouvelles générations d'automobiles seront toutes marquées d'un code international qui indiquera la composition chimique du matériau ; cela facilitera sa réutilisation. La General Motors a montré l'exemple avec ses modèles OPEL et Vauxhall.

Toutes ces dispositions seront-elles rentables ? « En observant les ouvriers de la chaîne de désassemblage de Peugeot démonter les éléments plastiques à l'aide d'un pied de biche ou à la force du poignet, on réalise à quel point les industriels sont en retard en matière de valorisation des déchets » déplore un fonctionnaire de L'ANRED (Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets). « De plus, les voitures démontées sur les chaînes sont en bon état, mais quel sera le sort réservé aux milliers d'autres voitures accidentées ? ». Les cimetières de voitures n'ont pas fini d'encombrer nos campagnes.

Didier Dubrana

(1) Décharges assimilées aux décharges d'ordures ménagères.

(2) Les thermoplastiques, comme le polyéthylène ou le polypropylène, sont des matériaux malléables et pâteux à chaud qui se fixent à froid. En revanche, les thermorétractables (polyester insaturé, silicones) sont rigidifiés de manière irréversible à chaud.

SOUS LES DÉCHETS, LA PLAGE

Les plages landaises seront les plus propres d'Europe, mais à quel prix ! 340 jours par an, d'étranges machines enlèveront tous les déchets d'une taille supérieure à un mégot de cigarette.

Les déchets plastiques s'étalent au rythme des marées sur les plages de la Côte d'Argent. Les bouteilles et les bidons multicolores représentent à eux seuls 24 % du stock d'ordures gisant sur le sable. Les autres polluants sont composés de bois (49 %), de ferraille (1 %), de verre (1 %) ainsi que de toute une panoplie d'autres débris liés essentiellement aux activités de pêche (filets, bouées flottantes, cagettes... 24 %).

Certains déchets restent des années sur ces plages tandis que d'autres sont repris périodiquement par la mer à la faveur des grandes marées. Pour les plus légers, tels les emballages plastiques, cette portion du littoral comprise entre les plus hautes et les plus basses mers, ou estran, n'est qu'une halte provisoire : ils polluent dans un deuxième temps la dune, pour se déposer finalement sur la lette, cette frange de végétation buissonnante qui sépare le

cordon des dunes du massif forestier des Landes.

La plage est donc un "gisement" de déchets sans cesse alimenté par la mer. Et ces derniers sont d'autant plus abondants dans la région que les courants du golfe de Gascogne (dans le sens inverse des aiguilles d'une montre) amènent sur le littoral français les ordures rejetées un peu plus bas par les Espagnols. Ainsi plus de 60 % des bouteilles en plastique proviennent de la péninsule Ibérique.

Jusqu'à présent, l'enlèvement des déchets se résumait à un grossier nettoyage de printemps, les municipalités se sentant tout à un coup animées de considérations écologiques à l'idée d'accueillir les touristes. Les détritus de tout genre étaient alors brûlés dans un immense trou creusé sur la plage, faisant fi de la pollution atmosphérique due aux émanations de chlore provoquées par la combustion du PVC (polychlorure de vinyle). Quant aux résidus non consumés, une couche de sable suffi-

PAR DIDIER DUBRANA



sait à donner l'illusion d'une plage propre. Enfin, durant l'été, les communes ratissaient, tôt le matin, les portions de plage surveillées, afin d'en prélever les dépôts de la nuit, mais laissaient s'amonceler les ordures sur le reste du littoral.

Depuis le mois de mai, cette méthode archaïque n'a plus cours dans le département des Landes. En effet, le conseil général vient de signer un contrat d'entretien avec la STMB-ONYX (1), une filiale de la Compagnie générale des eaux. Un appel d'offre avait été lancé à l'échelon européen, en juillet 1990, et c'est cette société bordelaise qui a emporté le marché pour sept ans, et pour cause : l'entreprise s'engage à débarrasser la plage de tout résidu de plus de 50 mm sur 50 mm. L'opération sera quotidienne sauf pendant les trois mois d'hiver où elle ne sera effectuée que cinq jours sur sept. Une première en Europe !

L'organisation repose tout d'abord sur la mise en place d'une cellule de surveillance composée d'une moto et d'un véhicule 4x4 équipé d'une caméra-vidéo et d'une radio. Ces engins motorisés sillonnent chaque jour les 106 km de plage qui séparent Tarnos (extrémité sud des Landes) de Biscarrosse (extrémité nord), afin d'évaluer la quantité de déchets et de contrôler le travail effectué la veille par les véhicules d'entretien. Six tracteurs dotés de râteaux cribleurs (photos 2 et 3) ou de systèmes de ratissage à dents mobiles récolteront les débris (plastique, ferraille...) de petite et moyenne taille. Ces derniers sont mis dans des bacs en aluminium (photo 4) avant d'être dirigés vers les centres de traitement (usine d'incinération ou centres de revalorisation).

« Mais il faut surtout enlever les gros bois, ce qui

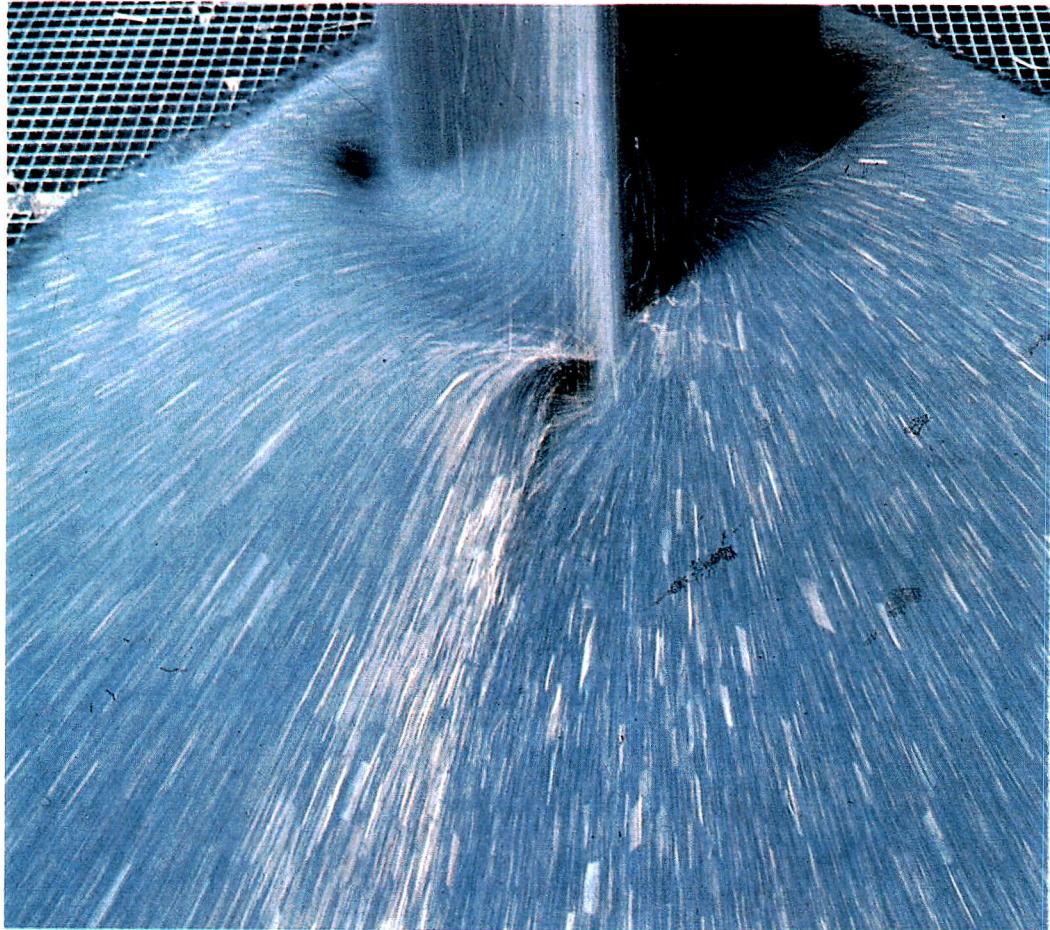
n'est pas une mince affaire » relève Frédéric Duvelé directeur de STMB-ONYX. En effet, selon un sondage effectué par le conseil général des Landes et l'AREDRA (Association pour la récupération et l'élimination des déchets en région Aquitaine), la côte landaise peut recevoir, par an, 725 tonnes de gros bois (troncs d'arbres). Ce combustible sera récolté par deux tracto-chARGEURS équipés de pinces à tronc (photo 1) afin de l'utiliser comme bois de chauffage pour les écoles de la région.

C'est un travail de titan qui attend ces pionniers de la propreté des plages. En effet, le golfe de Gascogne est devenu une grande poubelle dans laquelle flottent des îlots de déchets de 100 mètres de diamètre, menaçant la sécurité des plaisanciers et quelquefois celle des baigneurs. Cette pollution chronique décime d'ailleurs les dauphins qui s'échouent régulièrement sur les plages landaises. Ainsi, en moins d'une semaine (du 18 au 23 février dernier), les pompiers ont ramassé 189 cadavres sur 40 km de littoral. La dépollution de l'Atlantique est urgente. Pour M. Estournes de la Direction de l'aménagement du conseil régional des Landes : « Cette campagne de nettoyage quotidien pourrait vider à terme les réservoirs de déchets flottants dans le golfe de Gascogne ». Mais la réussite de ce projet dépend surtout de la politique européenne en matière d'environnement. Les directives de la CEE sauront-elles décourager l'Espagne de décharger des ordures en mer dans la région du Pays basque espagnol ? De plus, il faudrait que les départements de la Gironde et des Pyrénées-Atlantiques, qui composent le reste du littoral aquitain, suivent l'exemple des Landes.

Didier Dubrana

(1) Société des transports mixtes bordelais. Tél. : (16) 56 30 51 22.





LE CARBURANT EN GRAINS

L'huile de colza transformée en ester peut être utilisée

comme carburant dans les moteurs Diesel actuels. Cette solution permettrait de réduire la pollution, de limiter les importations de gazole et d'offrir un nouveau débouché aux agriculteurs.

Mais pour cela, l'Etat doit renoncer à une partie de ses taxes sur les produits pétroliers, et la CEE doit trouver les moyens de subventionner 400 000 hectares de colza supplémentaires.

L'huile qui assaisonne nos salades pourrait bientôt faire tourner les moteurs Diesel de nos automobiles, bus, tracteurs et camions. Outre la possibilité de limiter notre dépendance énergétique, cette perspective représente un débouché salutaire pour les agriculteurs européens invités à geler leurs terres pour ne pas accroître les excédents. Avec 2 millions d'hectares cultivés en Europe (dont 700 000 ha en France en 1991) le colza est le principal gisement de ce nouveau pétrole vert. Dans notre pays, l'Organisation nationale interprofessionnelle des oléagineux (Onidol) envisage d'en produire à moyen terme 400 000 ha supplémentaires pour approvisionner les pompes à essence.

Il existe deux façons d'utiliser l'huile de colza comme bio-carburant. La première consiste à l'utiliser pure dans certains moteurs Diesel à injection directe comme celui mis au point par l'ingénieur allemand Ludwig Elsbett (1). Les performances de cet engin sont remarquables. Capable de fonctionner indifféremment au gazole ou aux huiles végétales, son rendement thermodynamique élevé est de l'ordre de 40 %. En France, une Renault 21 turbo Diesel a déjà effectué 70 000 km avec un moteur

Elsbett turbo de 1 450 cm³ à trois cylindres. Les performances sont identiques à celles du moteur d'origine standard de 2 053 cm³ à quatre cylindres, pour une consommation réduite de 15 à 20 %. Cette technologie très prometteuse ne suscite pourtant qu'un faible intérêt chez les responsables politiques et les constructeurs automobiles. Il est vrai que le développement d'un nouveau moteur produit en série représente au bas mot un investissement de 5 à 10 milliards de francs. Or aujourd'hui, aucun motoriste n'est prêt à prendre un tel risque économique : "le carburant doit s'adapter au moteur et non l'inverse" explique-t-on.

De fait, l'huile pure, dont les propriétés sont très différentes de celles du gazole, ne peut être utilisée telle quelle dans les moteurs Diesel existants.

En France, l'Onidol et Sofiprotéol (l'organisation financière de l'interprofession des oléagineux) ont donc choisi une autre voie, celle de l'ester de méthyle. Baptisé "diester" (par contraction des mots "diesel" et "ester"), ce produit est obtenu en faisant réagir de l'huile avec du méthanol en présence d'un catalyseur. Ce procédé, dit de transestérification, a été mis au point par l'Institut français du pétrole (IFP). L'aptitude à l'auto-inflammation (indice de cétane), la densité et la viscosité du diester sont très proches de celles du gazole (*voir tableau page 92*). Si bien qu'il est possible de l'utiliser en mélange avec ce dernier dans les moteurs Diesel actuels sans les modifier.

Depuis quelques années, les bio-carburants bénéficient de l'intérêt croissant de l'opinion pour la protection de l'environnement. Or, le diester contribue à réduire les émissions polluantes des moteurs Diesel. Ces derniers ont déjà une consommation moindre, d'environ 30 %, par rapport aux moteurs à essence, et rejettent moins de monoxyde de carbone (CO) et de gaz carbonique (CO₂). Mais ils émettent en revanche beaucoup plus de suies (particules solides) et d'hydrocarbures. En améliorant la combustion, la présence d'oxygène dans la molécule de diester limite considérablement ces rejets. Dans un mélange à part égale avec du gazole, on estime que l'émission de suies est réduite de 40 %. Seule ombre au tableau, le milieu étant plus oxydant, la part des oxydes d'azote (NO_x) a tendance à augmenter. Plusieurs villes se sont déjà portées candidates pour alimenter en diester leurs bus et véhicules municipaux. Il s'agit notamment de Mulhouse, Clermont-Ferrand et Compiègne. Les dépôts de suies sur les édifices publics occasionnent en effet des travaux de rénovation coûteux et justifient le recours à un carburant plus propre.

Le diester est aussi totalement exempt de soufre. La Communauté européenne prévoyant de généraliser l'utilisation des pots catalytiques sur les voitures Diesel dès 1996, la concentration des gazoles en soufre ne devra pas dépasser 0,05 %, contre 0,3 %



Du champ à la pompe. Les champs de colza pourraient produire un nouvel "or noir" : l'huile, transformée en ester, est capable de faire tourner les moteurs Diesel actuels sans qu'il soit nécessaire de les modifier. D'ici à peu de temps, le nouveau biocarburant, baptisé "diester", devrait être incorporé, à raison de 5 %, dans les gazoles distribués à la pompe.

aujourd'hui. Les pétroliers vont donc être contraints de désulfurer encore plus qu'ils ne le font déjà. L'opération, qui consiste à extraire le soufre par hydrogénéation et dégagement d'acide sulfhydrique (H_2SO_4), se traduira par un coût supplémentaire de 5 à 10 centimes par litre de gazole, que l'incorporation de diester permettrait de réduire.

Par ailleurs, le CO_2 émis par la combustion du diester n'augmente pas la teneur de l'atmosphère en gaz carbonique et les risques de réchauffement de la planète par effet de serre. En effet, le CO_2 émis par ces biocarburants a été préalablement soustrait à l'atmosphère par les plantes lors de la photosynthèse. Le bilan est donc nul, voire légèrement négatif puisque certaines parties du végétal (racines, tiges, feuilles) n'étant pas brûlées, elles retournent au sol après la récolte où elles sont recyclées par les micro-organismes. A l'inverse, en brûlant des carburants fossiles (gazole, essence), on accroît dans l'air, le taux de gaz carbonique. Le CO_2 qui est rejeté a été fixé par des bactéries des millions d'années auparavant, au cours des ères secondaire et tertiaire.

Le bilan énergétique de la filière de production du diester est aussi nettement plus avantageux que celui de l'alcool, ou bioéthanol, produit à partir

de blé ou de betterave sucrière. Les pétroliers ont d'ailleurs toujours été réticents à incorporer le bioéthanol, peu énergétique, à la place du plomb dans les essences automobiles.

L'IFP calcule que le rapport entre les dépenses énergétiques nécessaires à la fabrication d'une tonne de diester et l'énergie qu'elle produit est de 0,51 contre 0,80 pour l'éthanol de betterave, et 1,21 pour l'éthanol de blé ! De fait, la trituration (extraction de l'huile des graines) puis la transestérification sont des opérations peu gourmandes en énergie. La seconde se déroule à pression ambiante et à une température de 45°C. Ce qui n'est pas le cas de l'éthanol qui doit être extrait par distillation des sucres fermentés, puis déshydraté.

Sur le plan économique, l'incorporation de diester permettra de limiter les importations de gazole qui, avec 7,5 millions de tonnes l'an passé, représentaient plus du tiers de la consommation nationale. C'est pour éviter de produire trop de fioul lourd, moins utilisés depuis que la majeure partie de l'électricité est d'origine nucléaire, que les pétroliers français procèdent à ces achats. Le diester apparaît donc plus comme un produit complémentaire que concurrent.

Enfin, après extraction de l'huile de la graine de colza, on obtient des résidus, ou tourteaux, riches en protéines destinés à l'alimentation animale. Grâce aux nouvelles variétés à très faibles teneurs en glucosinolates (composés soufrés indésirables), ceux-ci se substituent parfaitement aux tourteaux de soja importés des Etats-Unis et du Brésil. D'où la possibilité de réduire sensiblement le déficit en protéines de la CEE.

En 1989, Sofiprotéol a procédé, avec le concours de l'IFP, à une série d'essais sur une flotte de 16 poids lourds, 11 chargeurs à roues, 5 tracteurs et 5 automobiles appartenant à la coopérative "la Providence agricole" à Reims. Les poids lourds et les véhicules légers ont fonctionné avec un mélange de 80 % de gazole et de 20 % de diester pendant 53 000 km en moyenne pour les premiers, et de 5 000 à 12 000 km pour les seconds. De leur côté les tracteurs et chargeurs ont consommé pendant 400 h, en moyenne, un carburant composé de 80 % de fuel oil domestique (FOD) et de 20 % de diester. Dans l'ensemble, le rapport de l'IFP conclut que le fonctionnement de ces engins s'est effectué sans incident mécanique imputable directement à l'utilisation de diester.

Depuis le début de cette année, un programme officiel de validation est en cours sous l'égide de la division des hydrocarbures et des carburants du ministère de l'Industrie sur une vingtaine d'automobiles et autant de bus et de camions. Y participent, les sociétés Elf-Aquitaine, Total, Renault et Peugeot SA, Sofiprotéol, l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie, l'Agence pour la qualité de l'air, le

LE DIESTER, UN CARBURANT PROCHE DU GAZOLE

CARACTÉRISTIQUES	HUILE DE COLZA	DIESTER	GAZOLE
DENSITÉ (à 20°C)	0,916	0,88	0,84
VISCOSITÉ (à 20°C)	77,8	7,52	5,1
INDICE DE CETANE (¹)	31,8	48,7	50
TEMPÉRATURE LIMITÉE	+ 20	- 12	- 9
DE FILTRABILITÉ (°C) (²)			

(1) Aptitude à l'auto-inflammation, cette valeur est obtenue par rapport à un étalon, le céthane, dont l'indice est 100.

(2) Température à partir de laquelle le fluide ne passe plus à travers un filtre et pose donc des problèmes d'alimentation du moteur.

... ET COMPÉTITIF GRÂCE AUX TAXES

PRIX	DIESTER (F/I)	GAZOLE (F/I)
PRIX DE REVIENT (hors taxes)	2,20	1,10
TIPP (taxe intérieure sur les produits pétroliers)	0,40	1,60
FRAIS DE DISTRIBUTION	0,40	0,40
TVA (18,6 %)	0,56	0,58
TOTAL	3,56	3,68

Ces prix ont été calculés par Sofiprotéol en décembre 1990 sur la base d'un pétrole à 20 dollars le baril et d'un dollar à 5,50 F. Le diester coûte deux fois plus cher à produire que le gazole, sortie usine. Seul l'abaissement de la TIPP, de 1,20 franc par litre, permet d'établir la parité. Cette défiscalisation, dont le diester bénéficiera jusqu'au 31 décembre 1992, ne sera définitivement entérinée qu'au vu des résultats du programme de validation technique mené par le ministère de l'Industrie, et qu'après accord avec les autres pays de la Communauté économique européenne.

ministère de l'Agriculture et l'IFP. Le carburant testé ne contient plus 20 % mais 5 % de diester. « Avant de passer à des taux d'incorporation supérieurs et de proposer ce nouveau carburant au grand public, il faut s'assurer du bon fonctionnement des moteurs dans les conditions normales d'utilisation, c'est-à-dire quelle que soit la saison, en ville comme sur route, avec ou sans charge etc. » explique André Douault directeur de recherche à l'IFP.

Ces précautions sont justifiées car si le diester mélangé à 5 % obtient son agrément, la responsabilité des pouvoirs publics, des constructeurs et des pétroliers sera engagée en cas d'accident ou de dysfonctionnement d'un moteur. Néanmoins, il paraît très probable, au vu des précédents essais, que le diester réussira cet examen décisif pour la suite de sa carrière. Ce qui en ferait du même coup le premier biocarburant massivement utilisé en Europe !

Mais tout ne sera pas gagné pour autant. On peut déjà remarquer qu'une incorporation de 5 % de diester dans du gazole ne changera pas grand chose aux problèmes de pollution. Ensuite, même s'il s'avère techniquement possible de passer à des mélanges à 20 %, les agriculteurs ne pourront jamais fournir la demande, à moins de recouvrir toute la France de champs de colza ! Pour des raisons agronomiques, cette culture ne peut en effet avoir lieu sur une même parcelle que tous les trois ou quatre ans. L'objectif que s'est fixé l'Onidol — produire 500 000 t de diester par an sur une superficie de 400 000 ha — est bien le maximum que l'on puisse atteindre. Mais cela ne représente qu'à peine 3 % de la consommation annuelle de gazole en France ! Le jeu en vaut-il la chandelle ? « Oui », répond Jean Georger chef de la division carburants d'Elf-Aquitaine : « Même si cela ne résoudra pas tout, loin s'en faut, l'utilisation du diester va dans le bon sens, tant sur le plan de la protection de l'environnement que de la réduction de nos importations de gazole. Dès lors, si son emploi est compatible avec les moteurs actuels et si cela permet de faire vivre les agriculteurs, pourquoi ne pas lui donner sa chance ? »

Pour rendre plus tangibles les effets positifs du diester sur l'environnement, une solution consiste à alimenter en priorité les autobus et véhicules municipaux dont l'Observatoire économique et statistique des transports évalue la consommation de gazole à 250 000 t par an. Ces flottes étant captives, les villes ont la possibilité de les alimenter avec du diester à des taux d'incorporation supérieurs (20 % par exemple) sans avoir besoin de l'agrément du ministère de l'Industrie. C'est pourquoi une vingtaine de municipalités sont déjà candidates pour procéder à des essais de ce type. En France, les établissements Robbe à Compiègne sont les seuls à fabri-



500 000 tonnes de pétrole vert. C'est l'objectif que les agriculteurs se sont fixé, en cultivant 400 000 hectares de colza qui produiront la base du nouveau carburant. Mais la Communauté européenne acceptera-t-elle de verser de nouvelles subventions ?

quer du diester en plus de lubrifiants, peintures et adjuvants biodégradables et dérivés de l'huile de colza. Cette société (dont Sofiprotéol et Elf-Aquitaine sont actionnaires) s'est dotée d'une nouvelle usine d'une capacité de 25 000 t par an qui sera opérationnelle dès la fin de l'année.

Un point d'interrogation subsiste : les compagnies pétrolières ne sont prêtes à utiliser du diester que si celui-ci ne coûte pas plus cher que le gazole.

Or, parallèlement au programme de validation, le gouvernement a accordé une détaxation provisoire de 1,20 F par litre de diester pour les années 1991-1992. La taxe intérieure sur les produits pétroliers (TIPP), qui est de 1,60 F par litre de gazole, a donc été ramenée à 0,40 F. Cette mesure est salutaire. Car en décembre 1990, compte tenu d'un dollar à 5,50 F et d'un baril de pétrole à 20 dollars, le prix de revient hors taxe du diester était le double de celui du gazole (2,20 F contre 1,10 F). Grâce à la détaxation, les deux arrivent à parité (*voir tableau page ci-contre*). On peut également penser que la réalisation future d'unités de production de 50 000 à 100 000 t de diester permettra de réaliser des économies d'échelle.

Toutefois, pour rester compétitifs, les industriels devront valoriser la glycérine, issue de la réaction de transestérification. A raison d'1 t pour 10 t de diester, c'est 50 000 t de ce sous-produit qu'il faudra écouter si l'objectif des 500 000 t est atteint. Or le marché mondial de la glycérine, évalué à 300 000 t

(suite du texte page 154)

(1) Voir *Science & Vie* n° 861, juin 1989.

UN COUP D'ÉPÉE DANS L'EAU

Ce n'est pas l'eau qui manque en France, c'est l'eau propre. Parce que n'appartenant à personne, elle est le dépotoir de tous. Et parce qu'elle est trop bon marché pour qu'on s'en soucie. Une nouvelle loi devrait mettre bon ordre à tout cela. Mais les législateurs ont trop souvent voulu contenter le meunier, son fils et l'âne.

Chaque année, de 400 à 500 milliards de m³ d'eau de pluie tombent sur le sol français. Les arbres et les plantes en restituent environ la moitié à l'atmosphère, par évaporation et transpiration. Mais ce qui reste dans le sol, environ 200 milliards de m³, suffit largement à nos besoins, qui ne dépassent guère une trentaine de milliards de m³. Bref, contrairement à d'autres pays du monde, nous ne risquons pas la pénurie. Notre stock est même très riche : les nappes souterraines, qui fournissent près des deux tiers de l'approvisionnement en eau potable (7 milliards de m³) — le reste provenant des rivières — se montent à 1 000 milliards de m³ au moins !

Pourtant, ces dernières années, certaines régions ont gravement manqué d'eau durant l'été. Le para-





dioxane n'est qu'apparent. Ce n'est pas qu'il n'y ait pas d'eau, car elle est bien présente, enfouie dans les roches, dans les nappes souterraines. Mais elle est mal ou sous-exploitée, et parfois impropre à la consommation. Ainsi, chez deux millions de personnes, dans de petites communes aux réseaux déficients, l'eau du robinet n'est pas potable.

Au problème de gestion, s'ajoute en effet celui de la pollution. Si les nappes dites "captives", généralement profondes et recouvertes de couches de terrains imperméables, sont bien protégées, la qualité de l'ensemble des nappes libres s'est beaucoup dégradée. Or, ce sont les plus nombreuses : 175 sur 200.

Leur dégradation s'explique ainsi : lorsque les pluies s'infiltrent dans le sous-sol, elles entraînent les produits répandus sur le sol, surtout par les agriculteurs : engrains, insecticides, etc. Et là, aucun système d'épuration ne s'interpose, comme pour les rejets des produits industriels dans les rivières. Les substances nocives s'accumulent donc progressivement dans les réserves souterraines.

La migration des nitrates, par exemple, est si

Les nappes souterraines sont en danger : l'eau qui les alimente est contaminée.

Les poissons donnent l'alerte en cas de déversements accidentels, comme ici sur la Seine. Les usines de traitement ont de plus en plus de mal à produire de l'eau potable.



lente qu'il faut de 10 à 20 ans à ces sels solubles, pour traverser les diverses couches de terrain avant de rejoindre l'eau des nappes. Donc, même si l'on freinait les épandages, le taux de nitrates dans les nappes continuerait à augmenter de 1 à 2 mg par litre par an, et ce, pendant 10 ou 20 ans ! Et les agriculteurs ne sont pas les seuls responsables : les villes contribuent pour 22 % à cette pollution, et les industriels pour 12 %. Les taux deviennent inquiétants (*voir carte p. 98*). En Brie, dans la Beauce et en Bretagne, il n'est pas rare que la teneur en nitrates dépasse la norme européenne, qui est de 50 mg/l.

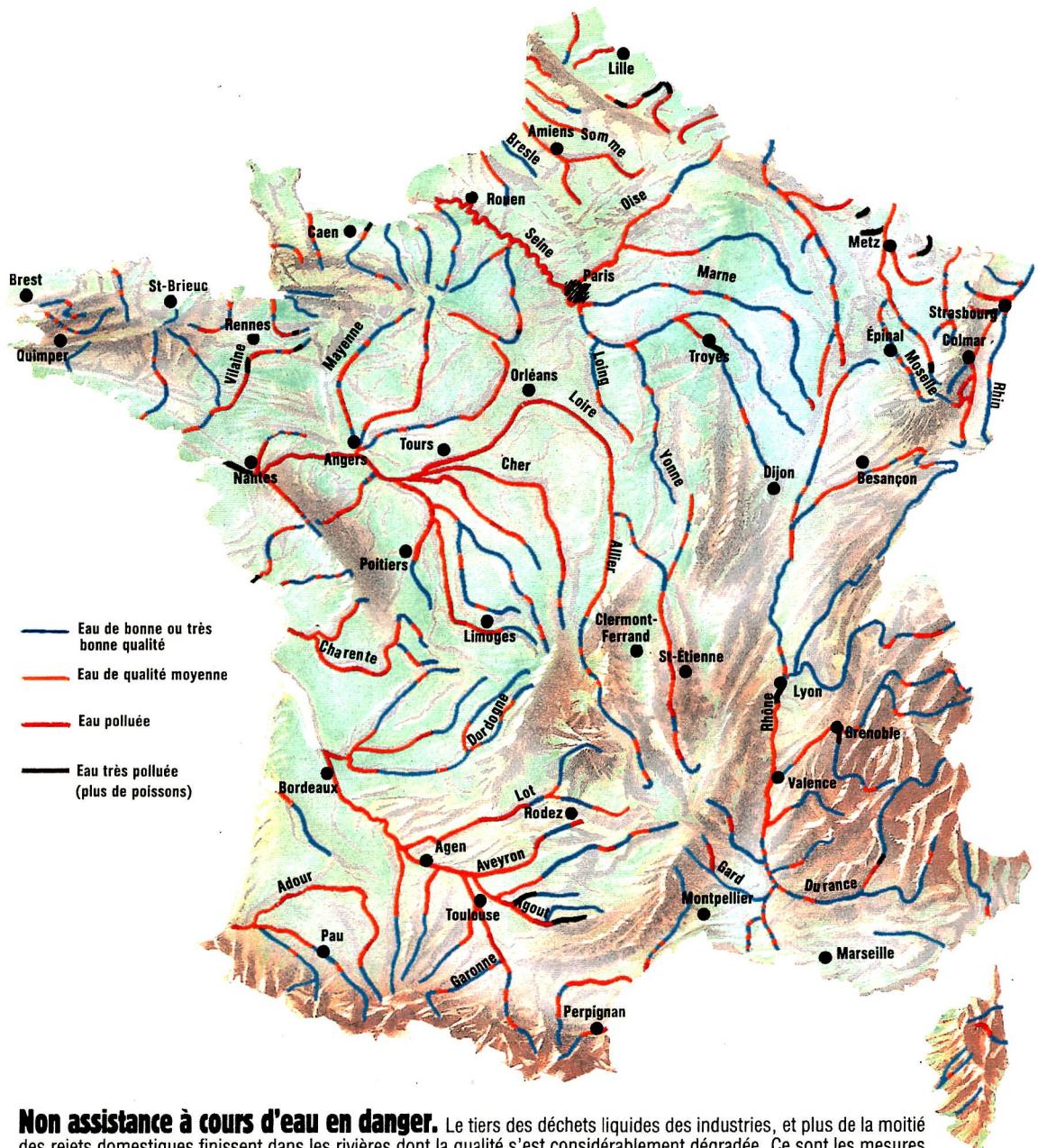
Quant aux insecticides, herbicides et autres produits phytosanitaires, le contrôle de leurs taux était jusqu'ici facultatif. Or, les nouvelles normes européennes vont imposer un taux maximal de 0,1 µg/l pour chaque pesticide et 0,5 µg/l pour un mélange de ces produits (*voir carte p. 99*). Normes que certains jugent draconniennes.

En France, une enquête ordonnée par les ministères de la Santé et de l'Environnement a déjà permis de rechercher, dans 5 000 captages, un herbicide courant, l'atrazine, utilisé notamment pour la culture du maïs : un quart des lieux examinés ne répondent pas aux normes. Pis, dans une centaine de communes (plusieurs dans les Côtes-d'Armor et le Morbihan), il y a dix fois plus d'atrazine qu'on n'en tolérera.

Et l'on n'a dosé que l'atrazine. Il y a d'autres substances, très probablement toxiques, et dont la combinaison crée une synergie dont on ignore complètement les effets.

Nos 277 000 km de fleuves et de rivières n'ont rien à envier aux nappes souterraines. Alors qu'en Allemagne, en Grande-Bretagne, en Suède et aux Etats-Unis, 80 % de la population ont une installation raccordée à une station d'épuration des eaux usées, cette proportion n'atteint que 50 % en France. Et le traitement adopté n'est pas assez efficace, puisqu'il ne vient à bout que de 40 %, en moyenne, de la pollution (*voir carte p. 101*). Les industriels, eux, n'épurent que 65 % de leurs rejets toxiques (métals lourds etc.) et 70 % de leurs matières organiques (donc dégradables). Certes, ces dernières sont mieux épurées que celles des collectivités locales, mais elles sont beaucoup plus volumineuses, et finalement les pollutions domestique et industrielle sont identiques.

Agir, donc. Jusqu'à présent, c'était la loi du 16 décembre 1964 qui définissait la politique de l'eau en France. Cette loi fut novatrice à son époque ; nos voisins nous l'enviaient. Sa grande originalité avait été la création des agences de bassin : ces organismes sont chargés de gérer l'eau dans les six grandes zones hydrographiques du pays. Ils fonctionnent sous forme de mutuelles ; on leur paie des redevances proportionnelles à la quantité d'eau prélevée, et



Non assistance à cours d'eau en danger. Le tiers des déchets liquides des industries, et plus de la moitié des rejets domestiques finissent dans les rivières dont la qualité s'est considérablement dégradée. Ce sont les mesures effectuées régulièrement par les six agences de bassin qui ont permis d'établir cette carte reflétant l'état de nos fleuves. La France est en retard : 34 % seulement de ses cours d'eau sont en bonne santé, contre 44 % en Allemagne, 56 % en Belgique, 69 % en Angleterre, 77 % en Hollande, 80 % au Danemark, 84 % en Irlande et 95 % en Ecosse.

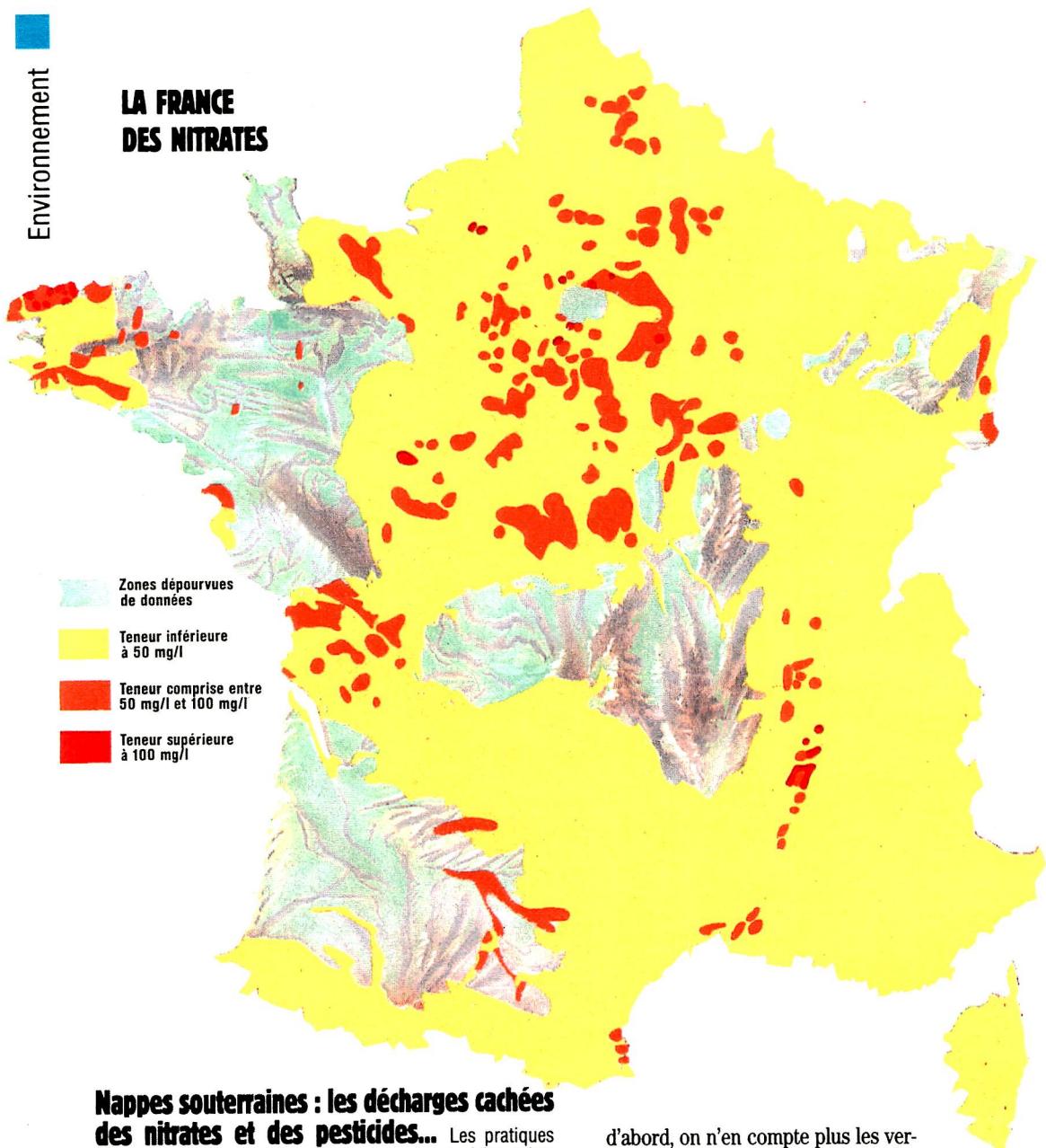
aussi à la quantité et à la toxicité des eaux usées rejetées. Cet argent sert à des prêts ou subventions pour financer des travaux concernant l'eau.

Or, cette loi est dépassée. La police des eaux, en particulier, n'est pas assez ferme. En 1990, pour ne donner qu'un exemple, pas un seul procès-verbal n'a été dressé dans tout le bassin Seine-Normandie, bien que les infractions n'aient pas manqué. D'autre part, cette loi était incomplète : elle n'avait, par

exemple, pas pris en compte les cours d'eau non domaniaux, généralement mal entretenus par leur propriétaire. Et, plus grave, elle ne s'était quasiment pas intéressée aux nappes d'eau souterraines !

La nouvelle loi, conçue par le ministère de l'Environnement, censée établir le "droit de l'eau", a été présentée au Conseil d'Etat le 25 mai 1991 et sera discutée au Parlement en octobre prochain. Il serait surprenant qu'elle règle vraiment les problèmes :

LA FRANCE DES NITRATES



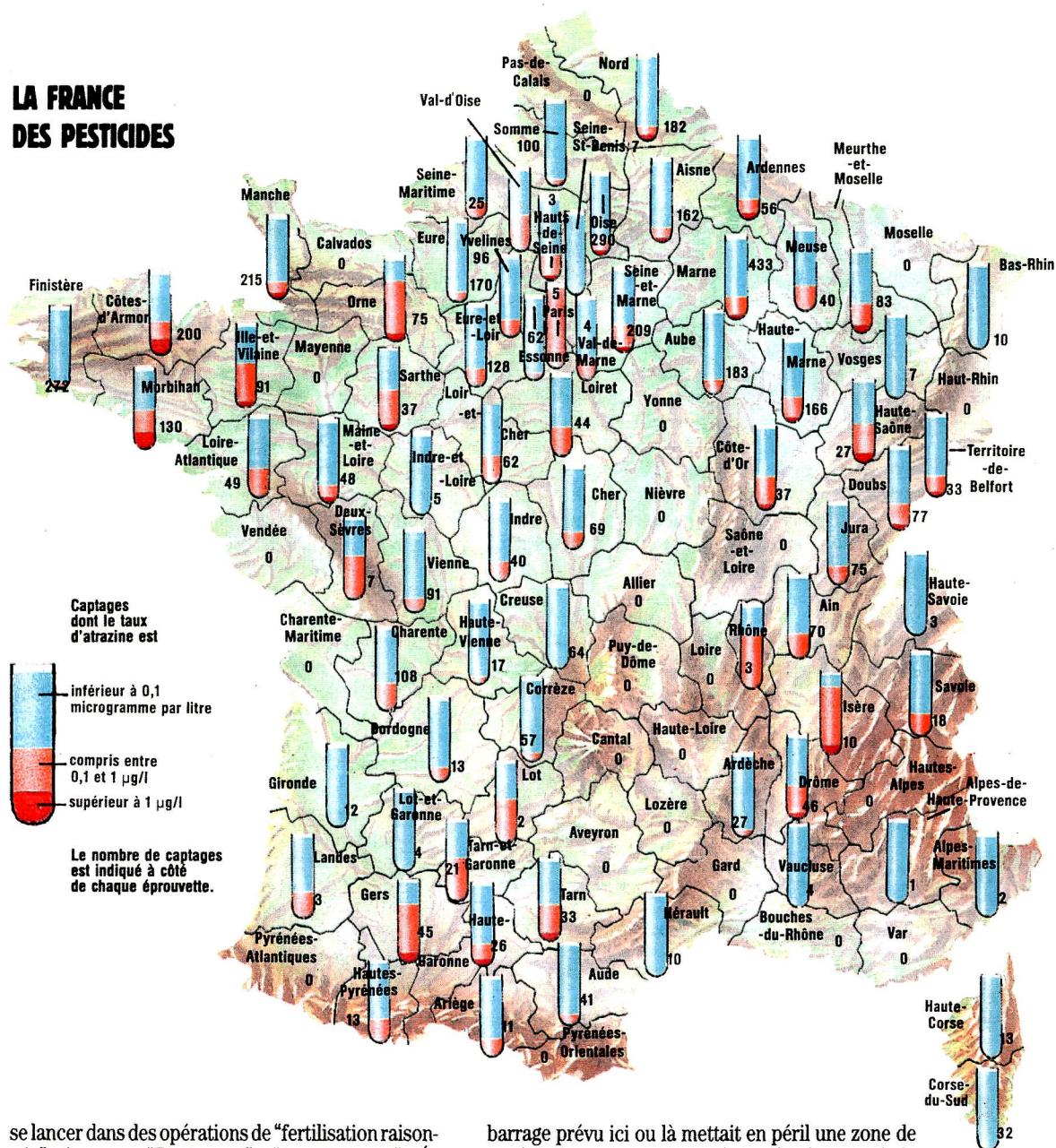
Nappes souterraines : les décharges cachées des nitrates et des pesticides...

Les pratiques intensives d'agriculture et d'élevage, mais aussi les rejets domestiques (eaux usées) et industriels, sont responsables de la contamination de l'eau souterraine : sa teneur en nitrates augmente de 1 à 2 mg par litre chaque année. Même si les agriculteurs arrêtaient aujourd'hui de surfertiliser les sols à l'aide d'engrais azotés, principale source de nitrates, il faudrait attendre de dix à vingt ans pour en constater les effets. C'est en effet le temps de migration nécessaire pour qu'une substance dissoute par les pluies s'infiltra jusqu'aux nappes souterraines. Par ailleurs, pour évaluer la teneur en pesticides de nos nappes d'eau souterraines, le ministère de la Santé a lancé une campagne de mesures visant plus particulièrement un des produits phytosanitaires les plus utilisés, l'atrazine, dont les résultats ont servi à établir la carte page ci-contre. On constate que trop de régions, notamment la Bretagne, approchent ou dépassent déjà la norme européenne fixée à 50 mg/l pour les nitrates et à 0,1 microgramme/l pour les pesticides, herbicides et autres produits phytosanitaires.

d'abord, on n'en compte plus les versions. Ensuite, au fur et à mesure des amendements proposés, elle a été amputée de ses articles les plus forts.

Plusieurs lobbies ont veillé à l'amollir. Le véritable problème étant de savoir qui paiera les aménagements nécessaires ; les industriels, pourtant astreints au régime "pollueurs-payeurs", ne tiennent pas à trop débourser. EDF, par exemple, qui réserve à ses centrales électriques la moitié de la consommation française en eau, veut payer le moins possible. Les agriculteurs, qui paient bien des redevances forfaitaires lorsqu'ils puisent dans les nappes d'eau — mais qui ne sont encore soumis à aucune taxe sur la pollution qu'ils produisent — ne sont pas pressés de rejoindre le clan des pollueurs-payeurs ; ils préfèrent

LA FRANCE DES PESTICIDES



se lancer dans des opérations de "fertilisation raisonnée" (comme "Fertimieux", "Azote mieux" ou "Nitrates moins"). C'est très bien, mais c'est un peu tard. Combien d'éleveurs se rendent compte que 1 000 porcs polluent autant que 3 000 habitants, et qu'il y a en France plus de porcs que d'humains ?

Donc, politique de l'autruche, égoïsme corporatif, et querelles d'intérêts n'augurent pas tout à fait bien de la nouvelle loi. On l'espérait révolutionnaire, ce ne sera qu'un mieux. On peut lui consentir toutefois le mérite de prendre en compte, pour la première fois, la préservation des écosystèmes aquatiques et des zones humides, et de considérer enfin l'eau comme une ressource commune à protéger. La loi de 1964, elle, ne réglementait que les usages, au coup par coup, sans se soucier par exemple qu'un

barrage prévu ici ou là mettait en péril une zone de frayère importante. Lorsqu'elle s'intéressait à la création d'une prise d'eau dans une rivière, elle ne se préoccupait pas de la nappe d'eau souterraine proche, dont le niveau pouvait varier en fonction des prélevements, et ainsi de suite.

Donc, il y a quand même une politique globale, et un bon outil virtuel : le SAGE (Schéma d'aménagement et de gestion des eaux). Il sera élaboré pour chaque bassin hydrographique, par les agences et les collectivités locales. Remplaçant à lui seul les multiples documents jusqu'alors en cours, il permettra de réunir autour d'une même table tous les intéressés, afin de confronter les ressources et les besoins. Et cela, en visant le long terme.

Quelques progrès sont à citer :

- La police des eaux sera renforcée, et les sanctions deviendront plus sévères, avec des amendes qui pourront atteindre de 2 000 à 500 000 F, et seront assorties d'un emprisonnement de deux mois à deux ans pour les personnes civiles ou morales qui auront, par exemple, déversé des produits toxiques dans une rivière. Il faudra engager des agents pour veiller au respect de la loi.
- Sur les 277 000 km de cours d'eau qui sillonnent la France, certains appartiennent à l'Etat. Mais 260 000 km, de loin la plus grosse partie, sont privés. La loi à venir en réglementera les prélèvements (celle de 1964 ne le faisait pas). Le ministère de l'Environnement avait même essayé d'imposer aux communes, initialement volontaires, l'entretien de ces rivières, souvent laissées à l'abandon. C'était se substituer aux propriétaires, a estimé le Conseil d'Etat. Désormais, les communes de bonne volonté pourront bien entretenir ces cours d'eau, mais sans engagement ; elles pourront abandonner cette charge à tout moment.
- Une vraie innovation : les eaux souterraines n'appartenant pas plus à l'Etat qu'aux propriétaires du terrain qui les recouvre, jusqu'à présent, il suffisait

d'une simple déclaration pour y prélever autant d'eau que l'on voulait. Seuls quelques départements avaient imposé un régime d'autorisation. Désormais, on pourra mieux évaluer les prélèvements d'eau, en obligeant les usagers à mesurer eux-mêmes les quantités pompées. Seuls les seaux d'eau tirés au puits familial échapperont à ce contrôle.

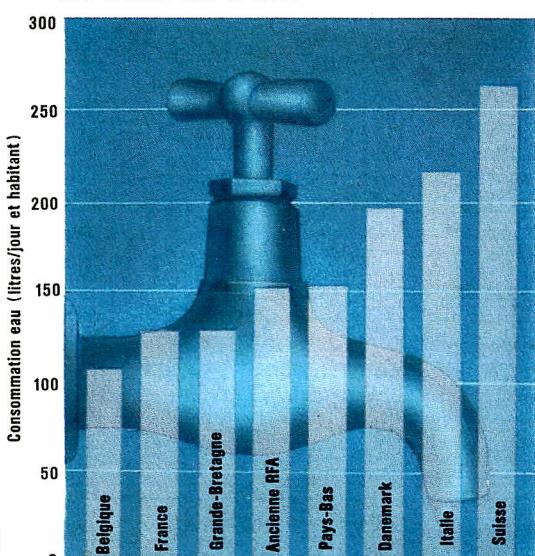
Il n'est toutefois plus question d'installer un compteur au-dessus de chaque forage ou de chaque prise d'eau, comme le prévoyaient les premières versions de la loi. Les agriculteurs, premiers visés par ce projet, ont réussi à le faire annuler. « La pression de l'eau est telle, lorsqu'on irrigue, qu'aucun compteur n'y résisterait », assuraient-ils. On peut, certes, s'interroger sur le moyen de mesurer sans compter... Peut-être en comptabilisant les kilowatts consommés par les pompes électriques ou encore en faisant une péréquation entre le diamètre des tuyaux utilisés et la durée de fonctionnement des groupes électrogènes ! N'y manquerait que l'âge du capitaine !

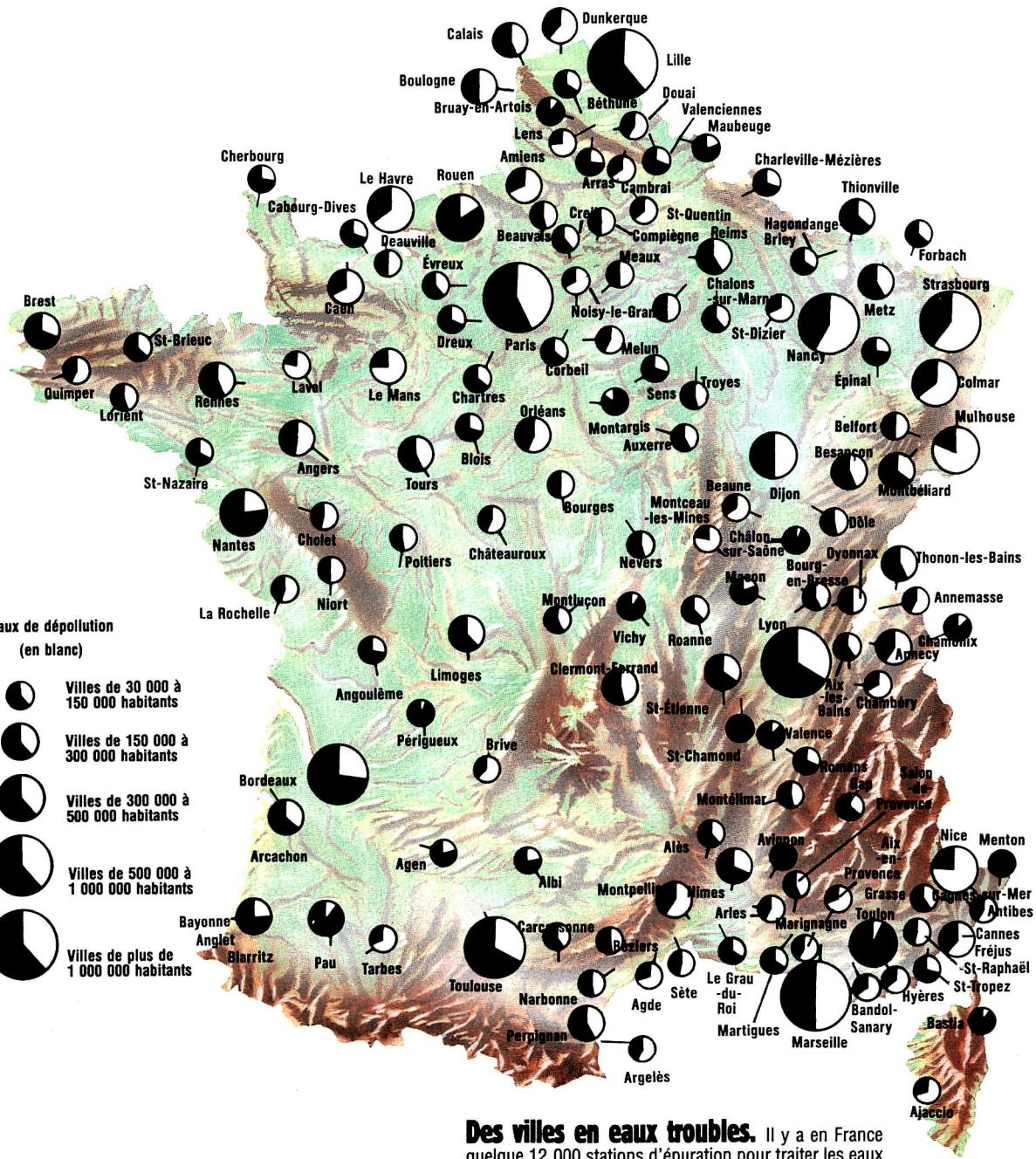
Il est évident que l'excessive délicatesse de la nouvelle loi à l'égard des agriculteurs laissera le champ libre à certains bricoleurs ! De toute façon, jusqu'à présent, les prélèvements dans les nappes d'eau souterraines étaient évalués sous forme de forfait ; encore fallait-il qu'ils eussent été déclarés, ce qui n'était pas toujours le cas. Cette situation pouvait difficilement durer en France, où les surfaces irriguées ont presque doublé en 10 ans.

La loi a été aussi affaiblie à d'autres égards. Ainsi, il n'est plus nécessaire d'avoir résolu le problème des effluents pour délivrer un permis de construire. Cet article aurait pourtant été persuasif à l'égard des communes qui ne collectent pas correctement les eaux usées. Mais le Conseil d'Etat a estimé, à juste titre d'ailleurs, que cette mesure risquait de sanctionner les habitants, en raison des carences de leur commune. C'est que, pour ne pas alourdir les charges de ces mêmes communes, le Conseil d'Etat a supprimé l'obligation de collecter, de stocker, voire de traiter les eaux fluviales des agglomérations.

Le Conseil d'Etat a, en effet, estimé que la plupart des communes de France devaient d'abord se mettre en conformité avec la directive européenne qui exige, dans les communes de plus de 2 000 habitants, un assainissement collectif satisfaisant pour les eaux usées domestiques. En revanche, c'est le ministère de l'Environnement qui a préféré laisser intact la réglementation de 1964 des agences de bassins. Celles-ci, en effet, prélevent de 1 à 2 milliards de F par an de redevances. Or, selon un arrêté de 1982 du Conseil constitutionnel (et donc postérieur à la loi de 1964), ces prélèvements sont de nature fiscale, comparables à un impôt, et le ministère des Finances, on le sait, eût été heureux de les collecter

Le français économise de son eau. Hormis quelques cas de hameaux reculés où l'eau n'arrive toujours pas (2 % de la population), tous les Français n'ont qu'à tourner le robinet pour obtenir autant d'eau qu'ils le désirent. Ils n'en abusent pas si l'on en juge par comparaison avec leurs voisins. Il n'y a guère que les Belges qui les battent d'une faible longueur en consommant à peine une centaine de litres par habitant et par jour. Pourtant, 84 % des ménages, en France, possèdent une machine à laver le linge et 95 % des WC. Contrairement à ce qu'on pourrait penser, la consommation ne croît guère de plus de 1,5 % par an, alors qu'elle augmentait de 2 % entre 1975 et 1985.





lui-même. Comme cela s'est passé pour la vignette automobile, à l'origine destinée à assurer une aide aux vieillards (s'en souvient-on...), on craignait donc que les redevances en question fussent détournées de leur but, qui est donc de subventionner des équipements spécifiquement destinés à améliorer la qualité de l'eau. Inclure les statuts des agences de bassin dans la nouvelle loi rendait l'arrêté de 1982 applicable.

Hélas, dans la foulée, le passage concernant la nouvelle redevance sur la pollution, rejetée par les agriculteurs, et que devaient aussi collecter les agences de bassin a disparu.

Des villes en eaux troubles. Il y a en France quelque 12 000 stations d'épuration pour traiter les eaux usées domestiques. Mais la moitié de la population seulement y est raccordée. Par ailleurs, leur rendement est très insuffisant, comme on peut en juger d'après le score de certaines villes. Rares sont celles qui dépolluent à plus de 50 %. Des dizaines de villes de plus de 10 000 habitants sont encore dépourvues de station d'épuration : jusqu'à présent, les maires des communes, à qui incombe la décision d'investir dans ce type d'équipement, ont souvent préféré ménager leurs électeurs plutôt que de se lancer dans des travaux qui conduisent à une augmentation du prix de l'eau. La redevance pollution, perçue à cet effet par les agences de bassin, est ridiculement faible, n'atteignant généralement pas le dixième — le cinquième dans le meilleur des cas — de ce que coûte réellement le traitement des eaux usées.

Pas trop contrariées, donc, en attendant que la nouvelle loi soit définitivement adoptée, les agences de bassin se sont mises à l'œuvre. Ainsi le 6e programme de l'Agence Seine-Normandie, qui démarra le 1er janvier 1992 et qui s'étalera sur 5 ans, a prévu de doubler le montant des aides ; on s'apprête donc à augmenter les redevances, et par conséquent, les contributions des pollueurs. On annonce 29 milliards de travaux de nettoyage, restauration du milieu naturel et amélioration des réseaux. 37 % seront subventionnés par l'agence et 16 % feront l'objet de prêts, soit 15 milliards en tout. C'est ambitieux, puisque le précédent programme n'avait

coûté que 16 milliards, dont 6,4 financés par les agences.

On a mis les bouchées doubles : il était temps. Car l'avance qu'avait la France, il y a vingt ans, en Europe, dans le domaine de l'eau, a disparu. L'Allemagne, les Pays-Bas et le Danemark font désormais bien mieux. Les Allemands, par exemple, vont dépenser 560 milliards de F pour les dix ans à venir. Nous risquons donc de rejoindre le banc des traînards — Espagne, Italie et Grèce.

Ce programme va toucher aussi les petits usagers. Ils payaient déjà leur écot, parfois sans le savoir, sous forme d'une redevance à l'agence de

POURQUOI L'EAU VIENT À MANQUER DURANT L'ÉTÉ ?

Des stocks fabuleux dorment sous nos pieds : mille milliards de mètres cubes d'eau pour le seul hexagone ! Alors que nos besoins ne dépassent guère une trentaine de milliards. Mais le niveau des nappes souterraines, alimentées par les pluies, varie fortement en fonction des saisons.

Comme le montre le dessin ci-

dessous, ce sont les pluies d'hiver, dites "pluies efficaces", qui commandent leur recharge. En effet, à partir de la mi-avril, la végétation renait sous l'influence de la température et de l'ensoleillement, et préleve une part de plus en plus importante des précipitations, qu'elle restitue à l'atmosphère par transpiration et évaporation.

Les besoins des végétaux sont tels au milieu de l'été, que non seulement ces derniers absorbent la totalité des pluies, épuisant le stock d'humidité contenu dans les premières couches du sol, mais réclament un supplément d'eau, qu'il faut leur fournir par arrosage ou irrigation.

Il suffirait alors d'aller chercher cette eau en profondeur. Mais, dans certaines régions, les forages ne sont pas en nombre suffisant ou ils ne descendent pas assez profondément pour atteindre la nappe lorsque le niveau est au plus bas.

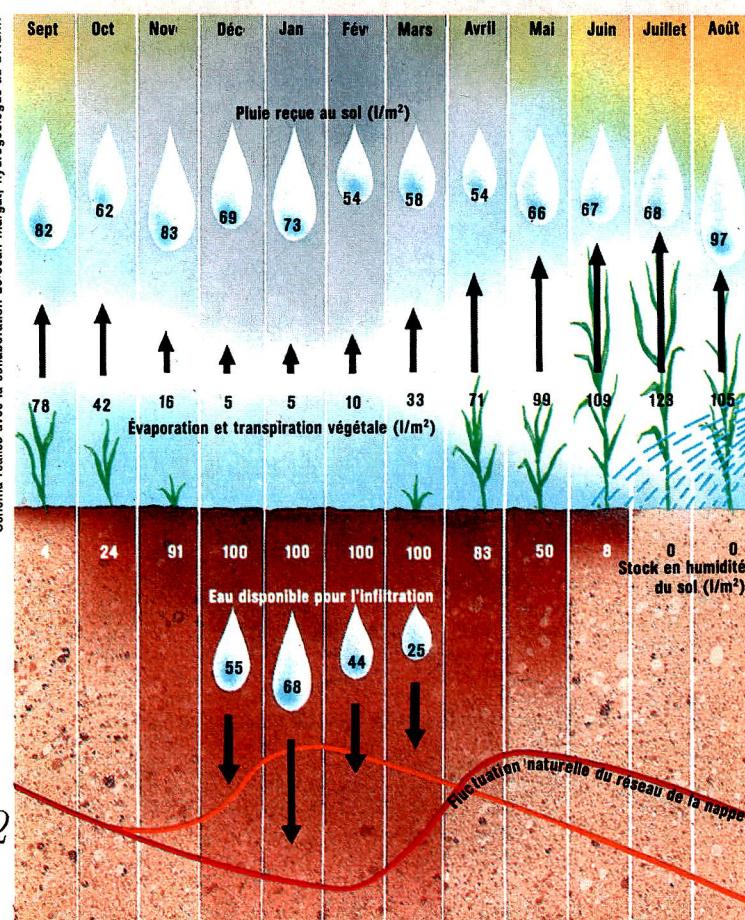
Suivant la perméabilité et la profondeur des terrains qui la surplombent, la nappe se recharge plus ou moins vite, après les pluies d'hiver (comme le montrent les deux courbes - extrêmes - de fluctuation naturelle du réseau de la nappe sur le dessin ci-contre).

Cette année, les pluies d'hiver n'ont été excédentaires que sur une petite moitié de la France, mais n'ont de toute façon pas réussi à compenser les hivers peu pluvieux des deux années précédentes. Le niveau des nappes en France continue donc à accuser un déficit. Et ce ne sont pas les gros orages de printemps qui ont permis de les alimenter. Une trop forte pluie ruisselle et ne s'infiltra pas.

La situation paraît plus dramatique pour certaines régions (voir carte p. 103), où d'autres raisons interviennent :

- D'abord, des raisons géologiques : dans certaines régions comme le Nord-Pas-de-Calais et la Champagne, où les dernières pluies d'hiver ont pourtant été excédentaires, la faible perméabilité des sols et leur grande épaisseur au-dessus de la nappe, font que l'eau infiltrée met plusieurs mois

Schéma réalisé avec la collaboration de Jean Margat, hydrogéologue au BRGM.



bassin dont ils dépendent, pour la pollution qu'ils occasionnent. Somme dérisoire, qui figure sur la facture d'eau que la plupart des citadins ne reçoivent plus individuellement, et qui est intégrée aux autres charges de leur immeuble. Ils vont débourser plus. Et c'est l'une des conséquences les plus marquantes de la nouvelle loi.

Jusqu'à présent, en effet, l'eau était si peu chère en France que personne ne s'en souciait : en moyenne, moins de 1 % des charges d'un ménage. Ce qui explique les résultats d'une enquête du ministère de l'Agriculture en 1988 : 76 % des gens interrogés ignorent le prix, même approximatif, de leur eau.

pour atteindre cette dernière. En revanche, dans les sols calcaires karstiques, c'est-à-dire fortement fissurés, l'alimentation est rapide mais la circulation de l'eau également, si bien que la capacité reste faible.

- Ensuite, des raisons techniques : les ouvrages de captage sont parfois vétustes ou insuffisamment profonds.

Le BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) surveille régulièrement le niveau d'eau d'un certain nombre de nappes, grâce à des forages de contrôle. Ses hydrogéolo-

gues estiment que la situation s'est dégradée notamment en Normandie, dans le Bassin Parisien, en Bourgogne ainsi qu'en Poitou-Charente. Pour établir ce diagnostic, ils disposent actuellement d'un réseau constitué d'une quarantaine de points de contrôle des niveaux. Ces derniers sont équipés d'un système de mesure automatique interrogable en temps réel par téléphone et qui alimente régulièrement une base de données gérée par ordinateur. D'ici à quelques années, ce réseau, baptisé Télenappe, comportera 400 points.

Ce prix n'avait quasiment pas évolué depuis 15 ans ; il va doubler. Ce n'est pas l'eau elle-même — qui n'est pas un bien marchand — qui va augmenter, mais sa valeur d'usage.

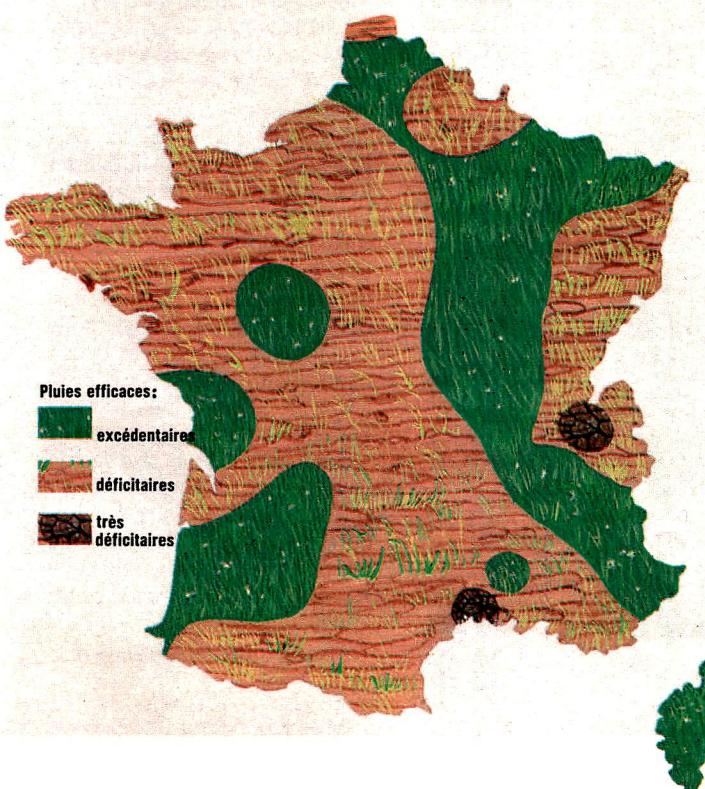
Sur la facture d'eau, en effet, figurent d'autres services que l'eau potable. Pour donner un exemple, un prix moyen de 8 F par m³ se décompose comme suit :

- 4,40 F pour l'alimentation en eau potable ;
- 2,48 F pour l'assainissement des eaux usées ;
- 0,56 F de redevances pour l'agence de bassin ;
- 0,48 F de TVA ;
- 0,08 F pour le Fonds national pour le développement des adductions d'eaux rurales (1).

Avant qu'on ait assaini notre capital-eau, ce qui prendra du temps, "fabriquer" de l'eau potable exigera des techniques de plus en plus onéreuses, comme l'ozonation ou la filtration par membrane. De plus, l'application des nouvelles directives européennes oblige les communes à pratiquer plus souvent des analyses d'eau, selon des paramètres ignorés jusqu'alors. Traduisons : coûts en augmentation.

Par ailleurs, un bon nombre de réseaux d'adduction d'eau, sur nos 700 000 km de canalisations et de branchements, demandent à être refaits. En zone rurale, 25 % d'entre eux datent d'avant 1939. Construits avec les matériaux de l'époque, ils ont souvent mal vieilli, d'autant plus qu'ils ont généralement été mal entretenus. Voilà pourquoi c'est souvent en zone rurale que l'eau est la moins bonne. Dans les villes, l'eau est meilleure, mais les réseaux fuient ! Jusqu'à 40 % de pertes, ce qui est énorme. Et cela, en plus du gaspillage, comme celui que perpétuent les chasses d'eau.

Encore faut-il que l'argent de l'usager soit bien



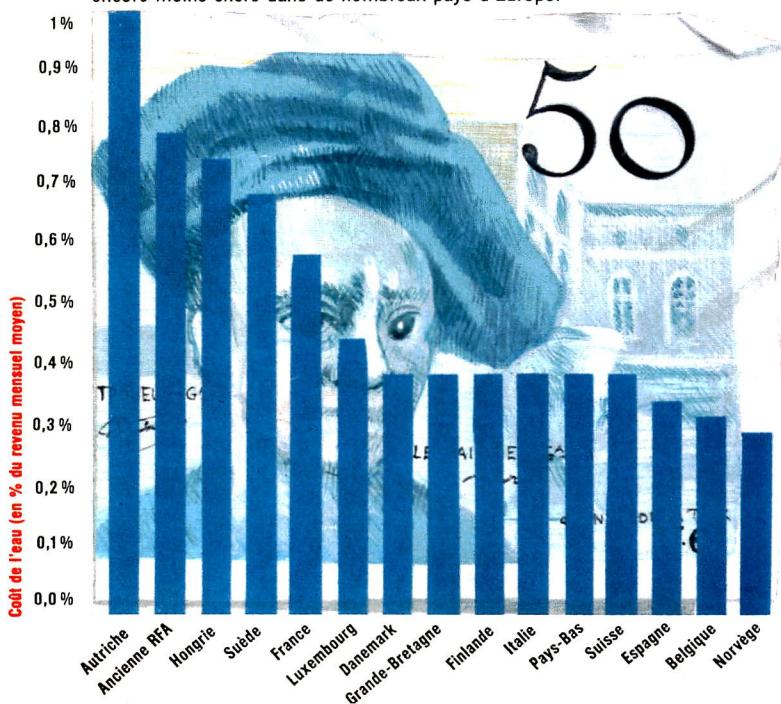
employé ; pas toujours sûr. Les "Verts" l'ont constaté à Aix-en-Provence en juin 1991. En février 1990, le maire fait voter le budget des eaux ; augmentation de 10 % de la taxe d'assainissement pour améliorer la station d'épuration. Un an plus tard, ce maire transfère 2,5 millions de F du budget d'assainissement vers le budget général de la commune, en difficulté certes, mais totalement séparé du budget des eaux.

Autre exemple : à Istres, dans les Bouches-du-Rhône, le Syndicat intercommunal qui gère l'eau surchargeait illégalement les factures depuis 1973. Pour cela, il appliquait systématiquement sur la consommation du deuxième semestre le tarif réévalué de l'année suivante, et facturait deux fois la location annuelle des compteurs ! Sous la pression des Verts, et après sentence du Tribunal d'instance, le maire fut contraint d'envoyer un chèque de remboursement à chaque foyer...

Actuellement, le prix de l'eau est très variable : de 2 à 30 F/m³, suivant la taille des communes, l'origine de l'eau et le mode de gestion. Dans les communes qui gèrent correctement leur eau et qui disposent d'équipements satisfaisants, on ne voit pas pourquoi le prix de l'eau augmenterait. En revanche, pour d'autres, il n'est pas impossible que ce coût triple ou quadruple !

Bénéficiaires en puissance de la nouvelle loi : les

Une richesse peu coûteuse. A la fin de chaque mois, l'eau du robinet ne pèse pas lourd sur le budget des ménages français : 0,6 % du revenu moyen. C'est sans doute ce qui explique que la majorité d'entre eux ne connaissent même pas le prix de l'eau qu'ils consomment. Leur attitude changera-t-elle après les augmentations prévues de ce coût ? Remarquons malgré tout que l'eau est encore moins chère dans de nombreux pays d'Europe.



sociétés privées auxquelles les communes ou les regroupements de communes ont délégué la gestion du service des eaux, sous forme de concessions ou d'affermages. Car un peu moins de la moitié seulement des 13 500 communes ou syndicats responsables en France de la distribution d'eau la gèrent eux-mêmes ; l'autre moitié a délégué cette gestion à des sociétés privées. Deux géants se partagent 80 % de ce marché : la Compagnie générale des eaux et la Lyonnaise des eaux.

Leurs services s'assortissent évidemment d'un surcoût : jusqu'à 20 %. Lorsqu'elles fournissent des prestations supérieures à celles que pourraient rendre les communes, en raison de leur expérience, de leur compétence et de leurs moyens, on peut faire contre mauvaise fortune bon cœur, mais lorsqu'elles poussent les communes (souvent complaisantes !) à se lancer dans des dépenses somptuaires, c'est moins sûr.

Le rapport à l'Assemblée nationale sur la gestion de l'eau, du député Guy Malandain, en juin 1990, a dénoncé le piège dans lequel tombent souvent les communes ; la libre concurrence n'a plus jeu. Les sociétés de services proposent souvent aux communes des prêts pour financer la rénovation de leurs réseaux. Or, quand le contrat d'affermage arrive à échéance, les communes ne peuvent plus le résilier, en raison de leurs engagements financiers.

Liées aux bailleurs, il leur coûte plus cher que si elles avaient fait appel à un financement classique, par le Crédit Agricole par exemple.

Les consommateurs, jadis indifférents, commencent à s'intéresser à ces problèmes. A Veynes, Hautes-Alpes, en décembre 1989, les 3 000 habitants réagirent vivement lorsque le maire afferma à la Générale des eaux les services d'eau et d'assainissement, ce qui entraînait, bien entendu, une augmentation des tarifs. Ayant opté pour une gestion collective, les trois-quarts de la population boycottèrent, durant un an, les factures de la CGE. Finalement, le maire capitula. L'eau de Veynes est restée municipale ! Et si son prix augmente, ce sera dans la plus grande transparence.

Il convient donc de se rappeler que les choeurs de louanges qui nous préparent au doublement du prix de l'eau ont des chefs experts : les grandes compagnies.

Jacqueline Denis-Lempereur

(1) Ouvrage à consulter : *Gestion des eaux*, de F. Valiron, Presses des Ponts et Chaussées.

ECHOS DE L'INDUSTRIE

ELEVAGE

Heureux comme une poule en cage...

Les poules élevées en batteries industrielles, dans ces cages terriblement étroites où une surface grillagée remplace le sol, sont parfaitement épanouies ; elles se sentent bien, à l'aise, dans un confort douillet ; pour rien au monde elles ne modifieraient leurs conditions ni leur cadre de vie ; tout autre habitat leur déplairait. Heureuses, elles sont HEU-REUSES.

Ces étonnantes révélations sont avancées par une équipe de chercheurs de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA). Pour justifier de telles affirmations, ces chercheurs nous assurent qu'ils ont "interrogé" les animaux eux-mêmes sur leurs besoins et préférences en matière de surface de cage, de longueur de mangeoire et de type de sol (litière ou grillage).

Comment ? Avec des méthodes classiques en expérimentation animale : en entraînant les poules à travailler pour modifier leurs conditions de vie. On leur a appris à appuyer sur un bouton pour agrandir une cage, accroître la longueur d'une mangeoire, remplacer le sol grillagé par une litière, etc. « C'est facile, nous assure-t-on, même pour une poule. »

Cette facilité ne nous paraît ni évidente, ni significative, en raison des traumatismes que peuvent entraîner chez ce volatile les changements de sol soudains et répétés, et les agrandissements-rétrécissements des cages. Il y a là de quoi susciter quelques coups de becs et de pattes parfaitement non coordonnés et aléatoires. Quel animal, (quel être humain), ne souhaiterait, quel qu'en soit le prix, voir cesser ces chambardements pour trouver un peu de calme et de sérénité ?

On risque fort d'accepter tout, et rapidement, pour arrêter ces agressions supposées quantifier le bien-être.

Car c'est bien de mesurer la qualité de la vie dont il s'agit. Les chercheurs de l'INRA, qui se sont contentés, à notre avis, d'une méthode empirique "légère", croient pouvoir tirer de leurs travaux des conclusions qui nous paraissent fort incertaines.

Référons-nous au BIMA, le bulletin d'information du ministère de l'Agriculture : « Après un temps d'apprentissage, les dimensions que choisit l'animal, et pour lesquelles il est décidé à consacrer un certain travail (appuyer sur un bouton), sont mesurées. De même une surface grillagée peut être comparée à une surface de copeaux de bois (litière) en observant si la poule accepte de travailler pour bénéficier de l'une plutôt que de l'autre. »

» Il a été ainsi possible de constater que les poules qui ont tou-

jours été élevées en cage se contentent, contrairement à ce que l'on pourrait penser, de surfaces faibles qu'elles ne cherchent pas à augmenter. De même, elles ne recherchent pas particulièrement la litière. Quant à la nourriture, elles préfèrent manger en groupe plutôt que de la prendre à l'aise dans des mangeoires longues. »

Ces métreurs de la qualité de la vie des poules ne nous disent pas si elles apprécient à sa juste valeur l'éclairage artificiel qui rythme leur réveil-sommeil par périodes de huit heures, pour modifier leur rythme biologique et leur faire pondre davantage d'œufs. Ils n'indiquent pas non plus si, pour comparaison, ils ont mesuré le bien-être d'une poule vivant à la ferme. Ils ne se sont intéressés qu'aux poules "qui ont toujours été élevées en cages". C'est-à-dire à des animaux traumatisés, déboussolés de naissance, littéralement affolés. Raison de plus pour ne pas accorder beaucoup de crédit à ces tests.



MINITEL

Les Alpes pour le plaisir comme pour le travail

3615 Echoalp, proposé par notre confrère *l'Echo des Alpages*, est une curieuse banque de données sur Minitel : elle se mêle de tout et vous guide partout — pour peu que les Alpes du Nord soient au cœur de vos questions.

Aux amoureux de la montagne, elle parle de randonnées et propose des séjours, elle présente un choix d'activités à pratiquer absolument et un éventail d'adresses à ne manquer sous aucun prétexte.

Elle guide les entrepreneurs et les aide dans la réalisation de leurs projets. Elle assiste, dans "le parcours du combattant" auquel ils sont confrontés, tous ceux qui rêvent d'exercer leur activité dans l'économie montagnarde : agriculture, tourisme, techniques modernes d'aménagement. Cette banque de données constitue un recueil très complet d'informations et d'adresses qui garantissent une orientation raisonnée.

Une bourse de l'alpagiste, "véritable service de petites annonces", permet de trouver alpages, bêtes,

places disponibles pour un troupeau, bergers, etc. Le prix du "marché" est également indiqué pour évaluer le montant de la location des alpages. Un bloc-notes rappelle les démarches administratives à ne pas oublier, les adresses utiles, et informe des nouveautés juridiques et techniques.

3615 Echoalp présente également des guides concernant l'entretien des espaces difficiles (par des animaux ou par des machines), et la gestion financière des communes rurales. Sans oublier le précieux chien de berger : un chapitre complet lui est consacré, et enseigne la manière de dresser un bon chien de troupeau.

Intégrer des graphiques dans des programmes informatiques, c'est ce que permet le logiciel PCX Programmer's Toolkit. Applications : saisie et affichage de tout graphique, création de fenêtres, gestion d'une bibliothèque d'images, etc. (Innosoft, 2 rue des Bourrets, 92150 Suresnes. Tél. : (1) 40 99 28 00).

Le plus grand forum européen consacré aux jeunes chercheurs, et à leur recrutement, Eurospresso 91, rassemblera à Hyères, du 6 au 8 novembre, 3 000 participants : 600 jeunes chercheurs de la Communauté européenne, 800 entreprises, plus de 50 universités, grandes écoles, laboratoires et centres de recherche. Pour tout renseignement : Eurospresso, université de Toulon et du Var, BP 132, 83957 La Garde Cedex. Tél. : (16) 94 08 33 33. Fax : 94 21 44 97.

Choisir le bon outil, c'est être un bon ouvrier. Comment y parvenir lorsqu'il s'agit de forets pour percer des matériaux difficiles, aciers inoxydables par exemple ? Le CETIM (Centre d'études des techniques des industries mécaniques) a la réponse : une méthode de mesure et d'analyse des efforts, ainsi que d'essais de durée de vie des outils. Cette méthode est applicable aux outils les plus divers (J.-P. Fantin, CETIM, Senlis. Tél. : (16) 44 58 34 35.)

Un fermenteur décomposant les matériaux organiques en trois heures au lieu de vingt-quatre heures a été mis au point à Tokyo, par la firme C. Luck. Le traitement s'effectue à 85°C, avec un taux d'humidité inférieur à 10 %, et 50 grammes de bacilles suffisent pour traiter 250 kg de matériaux.

AUTOMATES

La diva de la poste



"Diva" : distribution automatique de vignettes d'affranchissement. Vingt de ces appareils sont actuellement testés par la poste, dont 18 à Paris et 2 à Metz.

Le distributeur dispose d'une balance située sous l'appareil, qui permet à l'utilisateur de connaître le tarif de son envoi en se référant à un tableau des taxes. Il suffit d'insérer ensuite les pièces dans l'appareil (qui ne rend pas la monnaie) pour recevoir la vignette d'affranchissement. Une alimentation de secours assure la fin de l'opération en cas de coupure de courant.

Diva, comme son frère jumeau Disc 2 qui délivre des carnets de timbres, existe en deux options, le paiement par monnaie ou le règlement par carte à mémoire.

Il peut être utilisé à l'intérieur d'un bureau de poste ou dans une salle publique. Disc 2, plus robuste, peut l'être à l'extérieur. La vocation de ces deux systèmes est de supprimer les files d'attente et de délivrer le personnel de la poste d'un travail peu valorisant.

Au moment où on nous annonce comme très prochaine l'expérimentation du paiement électronique pour tout achat (du journal ou d'une place de cinéma...), on reste cependant perplexe sur la décision de la poste de tester Diva en version paiement par pièces.

Pour tout renseignement sur Diva et Disc 2 : SERCEM, immeuble Le Karma, avenue des Indes, ZA de Courtabœuf, 91952 Les Ulis Cedex. Tél. : (1) 69 07 20 90.



Capitainerie pousse-boutons

Le progiciel "Mimics" va faire le bonheur de tous les capitaines de port de plaisance et de marina surmenés — il fait tout, ou presque, à leur place — et de tous ceux, sans doute les mêmes, qui veulent faire leur travail à la perfection — parce que la rigueur de sa prise en charge est totale.

Il suffit d'appuyer sur un bouton et le progiciel dresse le plan du port avec numérotage des emplacements d'amarrage, indiquant si les places sont occupées et, si oui, par un bateau locataire ou par un bateau de passage.

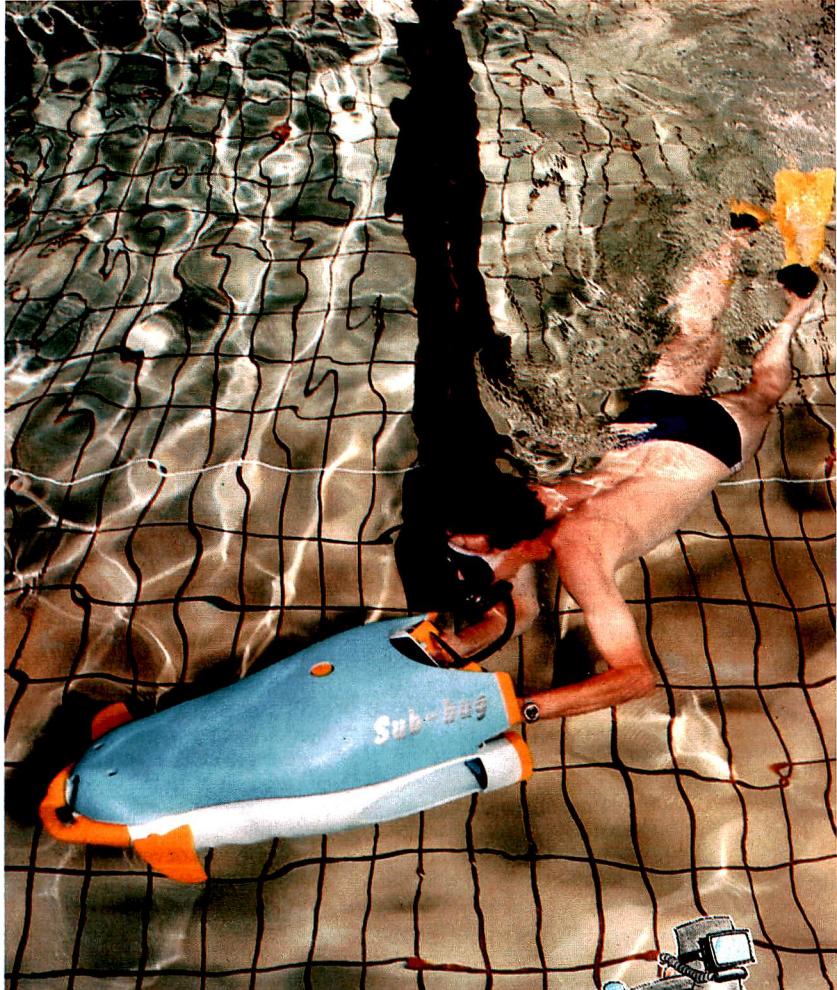
Un bateau arrive ? Il suffit d'actionner quelques autres touches lorsqu'il passe devant la capitainerie pour l'enregistrer, lui allouer un emplacement de mouillage, mettre sa consommation d'électricité sous contrôle, délivrer toutes les cartes donnant accès aux salles de bains, parkings et pontons.

Le système accepte aussi les réservations. Et il a une capacité de surveillance ; toute infraction aux règles de sécurité est aussitôt signalée : Mimics possède une fonction d'auto-diagnostic. Le capitaine de port peut dormir tranquille.

La société britannique qui l'a mis au point recherche des agents en France. Pour tout renseignement : Shotley Point Systems Ltd, Shotley Gate, Ipswich, Suffolk, IP9 1QJ. Angleterre.

Les Japonais ont plus de temps personnel que les Américains

bien que ceux-ci travaillent moins que les premiers : les Japonais consacrent 52 heures hebdomadaires au travail rémunéré, et les Américains 44 heures. Les premiers disposent de 68 heures pour l'hygiène personnelle, dont le sommeil, les seconds 71 heures. Peut-être la différence vient-elle du temps réservé aux travaux domestiques : 17 heures aux USA, 4 heures seulement au Japon. En revanche, les moments pour les loisirs passifs, comme la télévision, sont équivalents : 22 h contre 21 h. A noter que les activités sociales sont beaucoup moins développées au Japon (8 heures) qu'aux Etats-Unis (15 heures).



PLONGEE

Voyage entre deux eaux

Ce petit sous-marin à usage individuel, le "Sub-bug" a été conçu exclusivement pour les loisirs, afin de combler le créneau entre la plongée à faible profondeur et les balades en eaux profondes. Il permet aux novices comme aux experts de plonger en toute sécurité jusqu'à 5 mètres de profondeur.

En toute sécurité ! C'est bien ce qui le distingue des "remorque-plongeurs" — de volumineux moteurs électriques alimentés par de gros accumulateurs au plomb qui ont pour mission de transporter les plongeurs d'un site de plongée à un autre.

Le Sub-bug, lui, est équipé d'un système d'éclairage, d'une alimentation d'air pour le plongeur, d'un moteur qui fonctionne simplement grâce à une bouteille d'air comprimé ordinaire, d'un micro-ordinateur qui surveille tous les pa-

ramètres de la plongée (durée, consommation d'air, etc.), d'un mécanisme de sécurité qui, en cas d'avarie, déclenche automatiquement le gonflage de flotteurs.

Sub-bug subit actuellement ses derniers essais d'homologation. Pour tout renseignement : Warwick Design Consultants, 12 Waterloo Park Estate, Bidford-on-Avon, Warwickshire, Angleterre. Tél. : (19) (44) 789 490591. Fax : 789 490592.

1,3 milliard de francs investis par la France au Japon en trente ans, tandis que le Japon a investi en France, au cours de la seule dernière année fiscale... près de 8 milliards de francs. Un tiers seulement des plus grandes sociétés françaises sont représentées au Japon et les investissements français, le plus souvent commerciaux, concernent des produits de notre industrie du luxe.

CONCOURS

10 projets industrialisés et commercialisés

Voici un concours de promotion original et stimulant : non seulement, trois projets seront primés (100 000 F, 50 000 F et 25 000 F), mais en outre, ils seront industrialisés et commercialisés. Ses concepteurs s'y engagent.

Et on peut les croire, ils ont du répondant. L'opération "Matière grise" rassemble la région Basse-Normandie/Cotentin, le CRITT (Centre régional d'innovation et de transfert de technologie), des partenaires industriels (Alcatel CIT, la Fondation Crédit Mutuel) et la Direction des constructions navales de Cherbourg, qui dépend de la Délégation générale à l'armement.

L'idée est née d'une triste réalité : la France dépose chaque année 12 600 brevets nationaux alors que, sur leur territoire, les Allemands

BIOTECHNOLOGIES

Le verger en prospective

A quoi ressemblera le verger de l'an 2000, peuplé de plantes transgéniques issues de semences artificielles, et protégé par les biopesticides ?

Le BIMA, le bulletin du ministère de l'Agriculture, nous donne une réponse possible, apportée par les scientifiques et les professionnels lors du 2^e Colloque européen consacré aux fruits et légumes : « Arbres de petite taille, arbres obliques, arbres réduits à leur seul tronc, ou à quelques branches productrices, variétés résistant aux maladies et aux insectes et dont l'architecture générale sera conduite de façon à réduire le temps de développement pour produire le plus tôt possible. Verger livré aux machines à cueillir, après réduction d'une main d'œuvre qui augmente les coûts de production. »

Plutôt lunaire, le charme de ces vergers !

en déposent 33 000, et les Japonais 290 000 ! En France même, les étranger déposent 40 000 brevets !

Pour une fois on semble regarder les choses par le bon bout de la lorgnette. J.C. Combaldieu, directeur général de l'INPI (Institut national de la propriété industrielle), déclarait récemment : « Au Japon et en Allemagne, les inventeurs sont reconnus. L'invention y est un moyen d'ascension sociale, ce qui n'est pas le cas en France. Trop de chefs d'entreprise français n'ont pas compris le rôle des brevets qu'ils associent impunément à l'invention "géniale type concours Lépine", alors qu'ils sont un élément essentiel de la stratégie d'occupation du marché. »

Le concours de l'opération Matière grise est ouvert à toute personne physique (candidature jusqu'au 31 octobre 1991). L'objectif est de recueillir 100 projets, afin d'en soumettre 40 à un comité d'experts. Gageons que ce chiffre sera pulvérisé, surtout pas de fausse modestie (après un article tellement incitatif) !

Le jury sera constitué d'un représentant de chacun des partenaires de Matière grise, ainsi que d'un expert technique, d'un expert marketing et d'un représentant de l'ANVAR (Agence nationale de valorisation de la recherche).

Les projets gagnants s'épanouiront en priorité dans la région de Basse-Normandie/Cotentin. Ceux qui n'y trouveront pas de support industriel, seront remis à l'ANVAR qui leur cherchera alors financiers et partenaires à l'échelon national.

Pour tout renseignement et inscription : CRITT Basse-Normandie, campus IUT, BP 6, 50130 Octeville. Tél. : (16) 33 93 12 15.

L'industrie alimentaire mène. Avec 9 % des actions engagées, elle vient en seconde place, derrière le secteur bancaire (22,8 %). Le mécénat engagerait actuellement plus d'un milliard de francs, dont environ 70 % consacrés au domaine culturel.

Ostéoporose : diagnostic immédiat. Un appareil, permettant de mesurer le taux de porosité d'un os en moins de trois minutes et à partir d'une simple radiographie des mains du patient, vient d'être présenté par la firme japonaise Teijin. Le système analyse et exploite les données fournies par les différents niveaux de gris. Il supprime les mesures directes sur le patient qui nécessitent un appareillage plus onéreux et demandent plus de temps pour l'établissement du diagnostic.

Un distributeur automatique couplé à un four à micro-ondes et à un robot serveur : c'est une nouvelle forme de fast food sans autre personnel que celui qui remplit la machine, laquelle est actuellement testée au Japon. Chaque machine peut délivrer 50 plats. 20 000 distributeurs automatiques vont être mis sur le marché.

IMMIGRATION

Gérée par informatique

36 000 personnes ont, l'an dernier, demandé asile à la Suisse et le nombre des demandes en suspens atteint presque 60 000. Aux problèmes humains que pose l'asile s'ajoutent les difficultés d'organisation liées à l'enregistrement des demandes, la saisie des données, le contrôle de l'avancement de la procédure, etc.

Comment résoudre tous ces problèmes techniques, qui s'imbriquent souvent les uns dans les autres pour créer des situations inextricables ? Par l'informatique, bien sûr, avec un bon logiciel approprié, spécifique.

Ce logiciel, une société suisse vient de le mettre au point, en liaison avec l'Office fédéral des réfugiés. Il semble faire des merveilles, au point de susciter un très vif intérêt au sein des autorités de nombreux pays européens. Car le problème d'immigration auquel se trouve confrontée la Suisse se pose aussi chez eux et à une autre dimension : on sait que les demandes d'asile se chiffrent, pour les plus grands d'entre eux, par centaines de milliers. Et rien ne laisse prévoir qu'elles diminuent. Un logiciel approprié est donc le bienvenu.

L'extraordinaire pari d'Aquanova

Depuis plus de 25 ans, Michel Rapin, directeur de la société suisse Fontajet, construit, dans tous les pays, fontaines, jets et jeux d'eaux de toutes les formes, de toutes les couleurs, de toutes les tailles, animés de tous les mouvements, et synchronisés sur une musique ou le rythme d'un spectacle.

Cet "hydraulicien" a rencontré un ingénieur-architecte d'Annecy, Jean-Michel Michaud. Et, ensemble, ils ont conçu un rêve dément, celui d'élever la plus grande fontaine animée du monde. La maquette est là, il n'y a plus qu'à construire.

"Aquanova", c'est le nom du projet, est une folie architecturale et technologique dédiée à ces deux éléments de la vie que sont la lumière et l'eau. Une réalisation telle qu'on n'en trouve que dans les contes de fées ou plutôt *les Contes des mille et une nuits*.

Quelques chiffres pour en juger : 10 000 jets d'eau et 4 km de cascades débitant 2 350 000 litres à... la minute, 18 000 projecteurs, un bassin de 270 m de long et 230 m de large sur lequel se promèneront 25 bateaux-mouches, un volume d'eau de 38 millions de litres. Le tout desservant un complexe de 50 000 m² — comportant un bar, un night-club, trois restaurants, deux



hôtels (120 chambres), une salle d'exposition et un théâtre extérieur de 2 700 places — et étant piloté par un cerveau informatique situé à 50 m de hauteur, dans une géode dominant les bassins et d'où s'échappera une cascade lumineuse.

Précisons pour les défenseurs de cette juste cause qu'est la sau-

vegarde de l'eau, que cette cité si terriblement assoiffée fonctionnera en circuit fermé et sera peut-être installée sur une rivière, un lac ou même en mer.

Cela est impossible à réaliser ? C'est bien pourquoi ils le feront (Michel Rapin, Fontajet, route de Villeneuve, CH 1522, Lucens, Suisse. Tél. : (19) 21 906 8828).

Techno-écologie à Sofia Antipolis

La plus grande technopole française "couve" trois projets qui intéressent les botanistes, professionnels comme amateurs, passionnés par les plantes belles et surtout de qualité ; projets qui, par surcroît, font l'objet d'un marché économique à développer.

- **Un Institut de la plante méditerranéenne**, pour faciliter la coopération entre scientifiques, amateurs et producteurs.
- **Un label de qualité**, pour la garantie des amateurs, qui sont prêts

à payer la qualité car ils savent que des plantes mal adaptées souffrent, meurent et leur coûtent finalement plus cher.

- **Un groupement de professionnels**, enfin, pour enrichir, avec l'appui de l'Institut de la plante méditerranéenne, le patrimoine végétal. Eucalyptus, mimosa, palmiers, plus anciennement orangers et même oliviers : le patrimoine végétal de la Côte-d'Azur est en grande partie importé. Pourquoi ne pas continuer à acclimater chez nous de

nouvelles espèces ou variétés ? Ce groupement serait habilité à décerner le label de qualité que nous avons évoqué. Il permettrait — on retrouve l'économie — d'augmenter fortement les ventes en France mais aussi dans toute l'Europe.

Ces trois projets, qui sont nés lors de journées-jardin organisées à Sophia Antipolis, constituent des exemples intéressants de fertilisation croisée. Mais n'est-ce pas la vocation première de toute vraie technopole ?

DES MARCHÉS À SAISIR

Les innovations et les techniques et procédés nouveaux présentés dans cette rubrique ne sont pas encore exploités sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises industrielles et commerciales françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, les informations que nous sélectionnons ici sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir" c/o Science & Vie, 1 rue du Colonel Pierre-Avia, 75015 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

LA SERINGUE QUI AVALE SON AIGUILLE

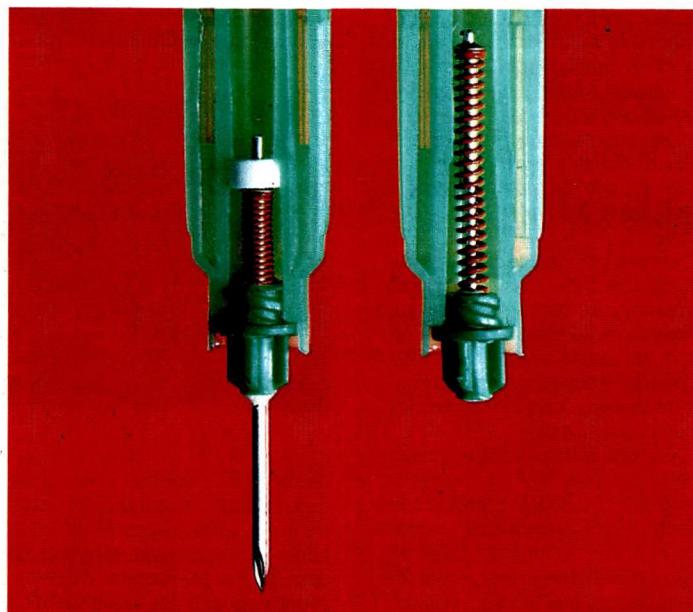
Quoi ?

De multiples systèmes d'élimination des seringues souillées ont été imaginés, et nous avons présenté les plus intéressants. Celui-ci est d'une fiabilité absolue : l'aiguille s'escamote toute seule dans sa seringue. Le danger encouru lorsque l'on retirait l'aiguille, ou lors de manipulations maladroites, s'en trouve ainsi supprimé. L'aiguille est irrécupérable après usage. Il n'y a donc plus à craindre l'inconscience et le laisser-aller de ceux qui jettent leurs seringues usagées dans les lieux publics.

Comment ?

La seringue comporte un corps, un piston et un embout où est logée l'aiguille. Celle-ci est solidaire d'un ressort maintenu en compression par une pastille qui, au contact du liquide injecté, se ramollit et se dissout. Cette pastille étant chimiquement neutre et "temporisée", il n'y a pas d'interaction avec le produit injecté. Lorsque le ressort est libéré de la pression de la pastille, l'aiguille se rétracte.

Notre photo montre, à gauche, la coupe d'un embout, avec le ressort



comprimé par sa pastille, d'une seringue prête à l'emploi. A droite, le même embout, ressort détendu, après dissolution de la pastille et absorption de l'aiguille.

Pour qui ?

La société suisse qui a mis au point le produit est ouverte à toute forme de partenariat pour le développer et le commercialiser.

UN ANTIVOL POUR TOUS LES APPAREILS ÉLECTRIQUES

Quoi ?

Un dispositif d'une discréption totale et d'une simplicité désarmante. L'alarme se déclenche à l'intérieur de l'appareil protégé dès que le cordon électrique est coupé ou retiré de la prise, c'est-à-dire dès qu'il y a déconnexion du réseau. Le système autorise, bien sûr, le transport "légal" de l'appareil.

Comment ?

Pour s'emparer d'un objet fonctionnant à l'électricité, un voleur doit impérativement le débran-

cher. C'est ce qui déclenche l'alarme. La subtilité du dispositif réside dans le fait que, pour être efficace, il doit faire la distinction entre une coupure de courant normale, cas auquel aucune alarme ne se déclenche, et le retrait ou la coupure non autorisés du cordon électrique.

Cette distinction est établie par une mesure permanente de l'impédance du réseau électrique grâce à un procédé breveté extrêmement simple, mais sur lequel les invent

teurs souhaitent, pour des raisons évidentes de secret industriel, rester très discrets.

Marché

Tous les appareils électriques : ordinateurs, TV, magnétoscopes, photocopieuses, machines les plus diverses.

Pour qui ?

L'équipe qui a mis au point ce dispositif cherche à céder des licences pour tout pays, sauf la Suisse.

L'extincteur est dans le plastique

Voilà belle lurette que les plastiques techniques, particulièrement les polyamides, ont investi les marchés électrique et électronique, depuis les interrupteurs, relais et connecteurs jusqu'aux isolants, logements de moteurs ou bobines de transformateurs.

Dans la plupart de ces applications une bonne tenue au feu est exigée, ainsi que l'autoextinguibilité. Une toxicité réduite, lors des dégagements gazeux, est, en outre, vivement recherchée.

Or les additifs ignifugés sont souvent à base d'halogène et de phosphore, efficaces pour l'extinction, mais se décomposant en cas d'incendie en sous-produits toxiques et corrosifs, à base de chlore et de brome.

C'est dire l'intérêt avec lequel on observe le Grilon XE 3147, un nouveau polyamide présenté par la firme chimique EMS : il est autoextinguible mais ne contient ni halogène ni phosphore. En cas de combustion, les gaz dégagés sont similaires à ceux du bois et de la laine. Le principe ignifugeant de ce nouveau produit est assez surprenant : une molécule d'eau est liée chimiquement à un substrat et s'en sépare lors du contact avec la flamme. Autrement dit, le Grilon XE 3147 fonctionne comme un extincteur incorporé au matériel lui-même. Pour tout renseignement : EMS, 204 av. du Maréchal-Juin, BP 52, 92105 Boulogne. Tél. : (1) 46 04 70 65.

Importations-exportations inextricablement mêlées.
Peu de produits peuvent se targuer d'être "nationaux" à 100 %. Ainsi lorsque nous consommons 100 F, ils renferment 18 F de produits importés. Et lorsque nous exportons toujours 100 F, ils en contiennent beaucoup plus : 23 F. Le record est battu par nos investissements : ils contiennent 28 F de produits importés. Donc, plus nous développons nos investissements pour augmenter nos exportations, davantage nous faisons croître nos importations.

Avalanche de prix sur les campus

La Caisse des dépôts se lance dans le mécénat. Son objectif est de stimuler la recherche dans les universités et plus particulièrement de sensibiliser les étudiants du troisième cycle au développement économique local.

Ainsi un prix "Développement local" de 20 000 F sera-t-il décerné dans chaque région par un jury régional.

A l'échelon national, dans le même esprit et selon les mêmes critères, un prix de 100 000 F récompensera une unité de recherche attachée à un travail collectif particulièrement innovant.

Pour ces prix, la date limite de dépôt des candidatures est fixée au 15 octobre 1991. Histoire de faire passer aux étudiants des vacances studieuses...

La Caisse des dépôts, désireuse de soutenir les initiatives d'animation des campus dans le cadre de la rénovation du parc universitaire, met également en jeu dix prix de 30 000 F qui iront à des associa-



tions d'étudiants et seront attribués par un jury national. Ce sont les "Oscars oxygène campus" primant les projets culturels, sportifs ou sociaux, réalisés à l'intérieur ou autour du campus. Les candidatures devront être déposées entre le 15 octobre 1991 et le 1^{er} janvier 1992.

Pour tout renseignements, composer le (1) 05 05 90 91 (numéro vert).

POLLUTION

Demandez le programme

Depuis le temps que l'on recueille des informations sur les conséquences écologiques des rejets de substances nocives dans l'eau, il y a aujourd'hui pléthore d'informations. Car, parfois, celles-ci s'annulent voire même, dans certains cas, se contredisent les unes les autres. La vérité est que les différents produits sont plus ou moins nocifs selon l'environnement dans lequel on les rejette (mer, littoral, lac ou fleuve) et selon les caractéristiques très précises de cet environnement. Ainsi tel rejet qui peut être catastrophique ici, sera favorable là. Avant de prendre une décision, il est donc vital d'étudier l'ensemble de l'écosystème que l'on se propose de modifier.

On risque désormais moins de se tromper grâce à un scientifique suédois, Lars Hakanson, professeur à l'université d'Uppsala, qui, avec le concours de l'administra-

tion nationale de la protection de l'environnement de son pays, a mis au point un programme informatique répertoriant tous les effets possibles des rejets sur tous les types de milieux aquatiques. Ce programme propose même des antidotes, des "contre-mesures" appropriées à chaque cas.

Ainsi ne risque-t-on plus, comme cela s'est produit, de construire une usine d'épuration qui avait pour vocation de réduire le taux de mercure dans un lac et qui eut pour résultat... de l'augmenter. Parce qu'on n'avait nullement tenu compte des données écologiques propres à ce lac : acidité (quand le pH est faible, les poissons absorbent davantage de mercure), abondance des poissons, des algues, du plancton (distribué sur une biomasse importante, le mercure est absorbé en plus petites quantités), etc.

CHIENS DE GARDE ÉLECTRONIQUES SANS COLLIER

*defaire courir sur les murs un foisonnement de fils :
c'est maintenant possible grâce à l'utilisation
d'émissions radio entre centrale et détecteurs.*

Si presque tous les systèmes d'alarme antivol proposés sur le marché sont efficaces et remplissent convenablement leur rôle de protection, leur mise en place soulève parfois bien des problèmes.

En effet, les détecteurs doivent être en liaison permanente avec un boîtier principal, la centrale d'alarme, qui est chargée de collecter et d'analyser les informations qu'ils recueillent et, éventuellement, de déclencher une sirène. Jusqu'à présent ces liaisons étaient effectuées à l'aide de fils électriques,

au mieux par l'intermédiaire des fiches secteur. Quoi qu'il en soit, si, dans la plupart des cas, il est facile de camoufler le capteur lui-même, son fil en trahit la présence. Cela peut nuire à la décoration de la pièce, mais surtout, ce détail alerte le cambrioleur sur l'emplacement de chaque capteur, voire sur celui de la centrale d'alarme. On imagine donc aisément qu'il est plus facile de "bricoler" un système d'alarme lorsque l'on sait où s'en trouvent les éléments, que quand on est dans l'ignorance de son agencement.

Compte tenu de ces quelques constatations, la société grenobloise Daitem a donc étudié toute une gamme de produits supprimant le lien matériel entre la centrale d'alarme et les différents capteurs. Ici des liaisons radio remplacent les fils.

Première conséquence de cette évolution : le choix de l'emplacement de chaque détecteur devient absolument libre. D'autre part, lors d'une modification de la disposition du mobilier dans la pièce, rien ne s'oppose au déplacement du ou des détecteurs ; une simple cheville suffit à le fixer au

Sans lien aucun, le détecteur s'adaptera aux modifications de votre intérieur

Installer une alarme sans être obligé

mur ou sur tout autre support. Enfin, le camouflage de l'installation s'en trouve simplifié.

Chaque détecteur est équipé d'un petit émetteur radio calé sur une fréquence homologuée par le service des télécommunications et alimenté par une pile. Afin de préserver au dispositif une certaine autonomie, l'émission ne sera pas permanente. Les détecteurs émettront par salve à intervalles de temps réguliers.

De plus, cette émission comportera un codage numérique. Ce dernier permettra à la centrale d'alarme d'identifier chaque capteur, et l'informera de la détection d'une éventuelle anomalie (ouverture d'une porte, bris de vitre, présence, etc...). Notons que ces détecteurs sont comparables à ceux utilisés dans les systèmes classiques (1). De son côté la centrale sera équipée d'un récepteur.

Dans ce procédé, les détecteurs ne comportent pas de récepteurs, mais uniquement des émetteurs. La centrale est dans l'impossibilité de leur transmettre des ordres et, notamment, elle ne peut établir une certaine séquence dans l'ordre des émissions. Ces dernières s'effectuent donc, à priori, de manière anarchique. Il faut donc éviter que deux capteurs transmettent leurs données au même instant au risque de se brouiller l'un l'autre.

Pour résoudre ce problème, des durées d'émission différentes sont attribuées à chaque détecteur par le constructeur. On crée ainsi un certain ordre de priorité : les capteurs installés dans les points "stratégiques" de la maison répéteront plusieurs fois leur codage, et disposeront d'une durée d'émission plus longue que ceux disposés dans des lieux de moindre importance. Dans le pire des cas, on est donc certain que la centrale recevra au moins un message de priorité majeure même si une partie de son émission a été brouillée par celle d'un autre point de détection. Notons que l'information four-

nie par ce dernier sera, dans le cas présent, ignorée car brouillée, mais pourra être prise en compte lors de la salve suivante. Intervalle de temps et durée de transmission étant différentes, il y a très peu de chance pour qu'un message de moindre importance soit brouillé deux fois de suite.

De même, une télécommande radio permet d'activer ou de désactiver l'antivol, de l'utiliser comme signal de détresse en cas d'agression (déclenchement de la sirène depuis le boîtier de la télécommande). Par ailleurs, on peut doter l'installation d'un compositeur automatique connecté sur la ligne téléphonique, afin de déclencher des numéros d'appel d'urgence (effraction ou utilisation du signal de détresse). Notons qu'on attribue à cette télécommande le niveau de priorité le plus bas. C'est assez logique : si le système ne répond pas instantanément, il suffit de maintenir la touche appuyée un peu plus longtemps pour que l'ordre passe. L'utilisateur se rend immédiatement compte que sa transmission n'a pas été prise en compte, contrairement au détecteur qui n'a aucun moyen de contrôler que la centrale a bien reçu son message.

Sur ce principe de liaison radio, Daitem propose trois gammes d'équipement adaptées chacune à un type de protection :

- La gamme 8 000 est essentiellement destinée à la protection de boutiques, d'entrepôts, ou de zones placées sous surveillance. Les détecteurs utilisables sur ce système peuvent donc être des plus variés. Ils vont du simple détecteur d'ouverture, au tapis sensible, en passant par le détecteur à infrarouge de présence ou celui de fumée. Ici, enfin, les piles conventionnelles ont été remplacées par des piles au lithium ce qui confère à l'ensemble du système une autonomie de fonctionnement de 10 ans.
- La gamme Logisty est directement dérivée de la version précédente mais s'adresse plus particulièrement à la protection de pavillons ou d'appartements. Bien que plus simple, son installation requiert cependant l'intervention d'un installateur spécialisé. Notons que certains capteurs correspondent plus particulièrement à ce type de protection. Un détecteur de fuites, notamment, vous alertera en



Plus de toiles d'araignée sur vos murs. Grâce à ses liaisons radio, la centrale d'alarme du système Diagral (1) est à l'écoute permanente des détecteurs. Ces derniers sont, hormis le raccordement, identiques à ceux dont sont équipés les dispositifs conventionnels : détecteur à infrarouges passif (5), détecteur de fumée (3), alarme congélateur (6)... La sirène (2) et le compositeur de numéros d'urgence (4) sont également commandés par liaison radio et alimentés par piles, et donc auto-protégés. Enfin une télécommande (7) permet d'activer ou de désactiver le système ainsi qu'à l'utiliser comme dispositif anti-agression grâce à une touche de déclenchement d'urgence.

cas d'inondation de la cave, de débordement de la baignoire ou de fuite de la machine à laver.

• Enfin la gamme Diagral est conçue de manière à ce que l'utilisateur puisse effectuer lui-même son installation. Elle sera donc proposée en grande surface, au rayon bricolage. Ici tout a été spécialement étudié pour faciliter la pose : la mise en place ne nécessite ni soudure ni branchement de fils. Tout risque d'erreur de connexion se trouve donc éliminé. La seule intervention technique laissée au soin de l'utilisateur est la détermination du codage des émissions.

Cette petite programmation s'effectue en perçant un trou, à l'aide d'un outil spécial livré avec l'appareil, à des emplacements précis. Au total dix points de perçage sont prévus sur chaque détecteur. Cela permet plus de 1 000 codes différents. Bien évidemment tous les détecteurs d'une même installation devront porter le même code. Pour éviter toute erreur lors de l'opération de perçage, un gabarit est fourni. Il suffira alors de l'utiliser pour reporter le code d'un appareil à l'autre.

Le point fort de ce procédé reste l'absence de liaison apparente entre détecteurs et centrale. Le coût de son installation, par ailleurs, reste comparable à celui de bien d'autres dispositifs existants et, par exemple, un modèle de 5 000 à 10 000 F, à poser soi-même, suffit largement pour protéger efficacement un pavillon ou un appartement.

Henri-Pierre Penel

(1) Voir *Science & Vie* n° 850, p. 108.

SIX PISTES NUMÉRIQUES POUR LE SEPTIÈME ART

Après avoir été longtemps en tête de peloton, la qualité du son cinéma fut détrônée par celle du disque compact. Retard largement comblé grâce à l'arrivée du CDS (Cinema Digital Sound).

Depuis son invention, le cinéma a pour vocation de restituer la réalité, aussi fidèlement que possible. Et si l'image y joue un rôle essentiel, le son n'est pas pour autant à négliger. Dès l'époque du cinéma muet, un pianiste, présent dans la salle, avait pour mission d'"illustrer" l'image par un accompagnement musical. L'avènement du "parlant" constitua une véritable révolution. Le cinéma accédait alors au titre d'art à part entière. Le film couleur constitua également un progrès important. Mais les bandes sonores n'étaient plus "à la hauteur": on appliqua donc au cinéma ce que l'on savait des techniques de production et de reproduction du son : stéréophonie puis multiphonie six pistes, limiteur de bruit Dolby, et effet Surround (canal réservé aux sons très graves, apparu plus récemment). Puis les choses en restèrent là.

Avant l'arrivée du numérique sur nos chaînes haute fidélité, la qualité de la bande son ne devenait criticable que lorsque, au terme de plusieurs projections, elle s'en trouvait altérée. En effet, la bonne sonorité originelle résistait mal aux rayures et poussières (comme pour un microsillon).

Le disque compact démontre que le numérique est particulièrement apte à résoudre ce type de problème. Néanmoins, coder six pistes de haute qualité sur une pellicule argentique (qu'il faut impérativement pouvoir dupliquer par simple tirage contact) pose plus de problèmes techniques. En effet, si le disque compact a été étudié directement pour satisfaire aux exigences techniques du codage, la numérisation du son cinématographique impose une technique s'adaptant au support existant (le film donc).

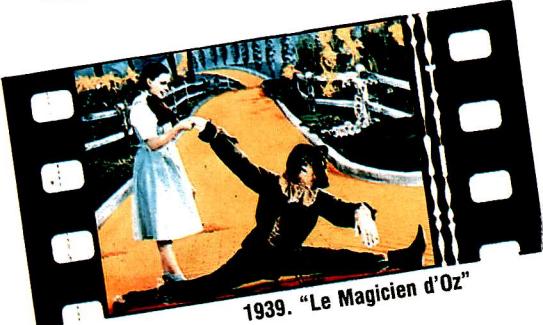
Cependant, avant d'évoquer les problèmes qu'implique le couchage de pistes numériques sur la pellicule, abordons le mode d'enregistrement qui est actuellement utilisé. En fait deux systèmes de base



1915. "His new job"



1927. "Le Chanteur de jazz"



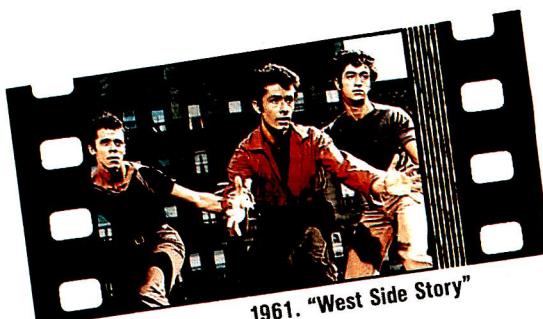
1939. "Le Magicien d'Oz"

coexistent : la piste magnétique et la piste optique. **Dans le procédé magnétique**, une bande, comparable à celle d'une cassette audio, est tout simplement collée sur la pellicule après son développement. Puis on enregistre de la même façon que sur un magnétophone conventionnel. A la projection, l'appareil sera équipé d'une tête de lecture magnétique. Nous ne nous attardons pas sur ce moyen (d'ailleurs d'une grande simplicité technique), puisque le son numérique utilise une lecture optique. **Dans le procédé optique analogique** une bande noire est ménagée en bordure de pellicule (**voir photos ci-dessous**). Des bandes blanches y seront enregistrées — une par canal — dont la largeur sera fonction de l'intensité instantanée du son (plus la bande est large, plus l'intensité lumineuse est importante).

A la lecture, les cellules — également une par canal — recevront une intensité lumineuse relative à la largeur de la bande blanche et, en la transformant en signal électrique, restitueront le son. Ce système comporte de nombreux avantages. En premier lieu le tirage contact du son s'effectue en même temps que celui de l'image (une seule et même opération pour la duplication du film). En second lieu, si dans les salles équipées du matériel adéquat, chaque piste est bien lue indépendamment des autres — permettant donc la restitution de chaque canal —, dans une salle possédant un équipement moins performant, la restitution sonore se trouvera automatiquement adaptée à ses moyens techniques : le nombre de cellules de lecture étant

réduit, chacune d'entre elles ne lira plus une piste, mais plusieurs, restituant ainsi leur contenu "global". Tout se passe exactement comme lors de l'utilisation d'un microsillon stéréophonique sur un tourne-disque monophonique : le son restitué correspond à l'ensemble des canaux stéréo.

L'équipement d'une salle en multiphonie : trois des six canaux de départ sont employés pour restituer le son direct — le son principal semblant venir de l'écran (**voir dessin page 116**). Trois haut-parleurs sont donc placés derrière l'écran : au centre, à gauche et à droite. Sur ces trois voies, le son est de qualité haute fidélité et couvre donc la bande de fréquences de 20 Hz à 20 000 Hz. A cette configuration de base, deux canaux d'"ambiance" sont ajoutés. Ces derniers concernent des groupes de haut-parleurs placés sur les côtés droit et gauche de la salle, et parfois derrière le public. Il diffuseront donc des sons ne provenant pas directement de l'image, et donneront à l'espace sonore une profondeur et une ampleur accrues. Là encore, le son d'origine est de qualité haute fidélité. Cependant, ces canaux ayant pour vocation de ne diffuser que des bruits d'ambiance, les haut-parleurs pourront être de moindre qualité que ceux utilisés pour restituer le son principal. Enfin le dernier canal est réservé aux effets *Surround*. Il s'agit de la restitution des très basses fréquences : ondes de choc lors des explosions, vrombissements de réacteurs, effets de tremblement de terre... Sa bande passante pourra donc être réduite puisque la fréquence des sons à restituer n'excédera pas quelques centaines de hertz. Un haut-parleur spécial (de grandes dimensions) diffusera les informations contenues dans ce canal. Également placé derrière l'écran, un amplificateur de très forte puissance complètera la chaîne *Surround*. Loger ces six canaux sur une pellicule 35 mm ou 70 mm en analogique est un procédé parfaitement maîtrisé.

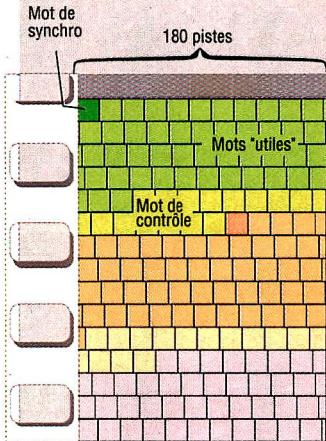


Un siècle d'aventure sonore. A sa naissance, en 1895, le cinéma est muet : mimiques à l'écran et piano dans la salle remplacent les dialogues. 1927 voit la sortie des premiers longs métrages "parlants". Bien des acteurs du muet en sont catastrophés : leur voix passe mal. Mais pour le public, c'est l'enthousiasme. Dix années plus tard, les spectateurs éblouis découvrent la couleur et le son stéréophonique. Le cinéma acquiert ses lettres de noblesse. Puis il devient, dans les années 1960, tel que nous le connaissons : le son occupe six pistes sur un film de 70 mm. Enfin, en 1991, le numérique place le son cinématographique au même niveau que celui du disque compact.



6 PISTES SON ET 180 PISTES OPTIQUES SANS LIEN RÉEL

Pour des raisons purement techniques (résolution optique de la pellicule et configuration mécanique de la

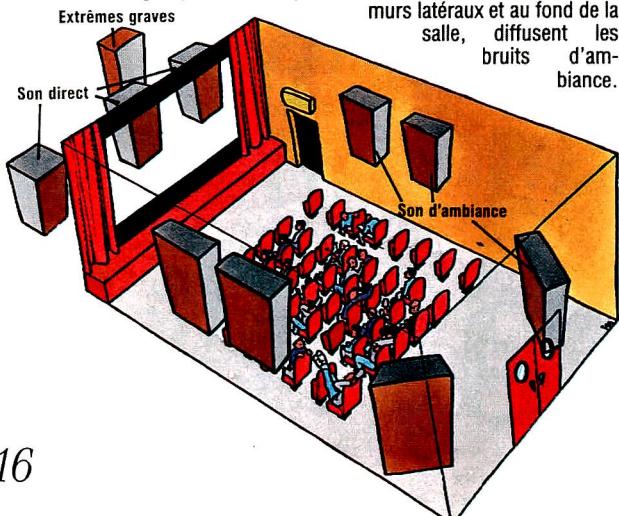


barrette de lecture), le nombre de pistes couchées longitudinalement sur le film a été fixé à 180. Cependant une séquence de base son (en vert) comporte 1 mot de synchronisation, 49 mots "utiles" et 14 mots de contrôle soit 64 mots au total. A raison de 16 bits par mot nous arrivons au total de 1 024 bits. Chaque bit, occupant pour son enregistrement une piste, une séquence complète occupera donc, sur la piste son, un peu plus de 5 lignes et demie. Le cycle suivant (en orange) lui étant accolé, leur disposition sur les 180 pistes sera variable.

On ne peut donc plus parler ici, comme dans le cas de l'analogique, de piste attribuée à un canal sonore particulier. D'autre part, le déroulement des "paquets" de bits (ou mots) se faisant perpendiculairement au sens des pistes, la lecture du son est donc transversale.

Le passage à l'optique numérique (CDS) exige une refonte complète du problème (*voir encadré ci-dessus*). En effet, il faut beaucoup plus d'informations pour coder en numérique qu'il n'en faut en analogique : la densité d'informations à loger sur la zone du film réservée à l'enregistrement du son est plus importante. On a donc créé 180 pistes, en

Les spectateurs encerclés par le son. En multiphonie 6 pistes, qu'il s'agisse de son analogique ou numérique, la répartition des haut-parleurs permet d'élargir "l'espace sonore". Quatre d'entre eux sont placés derrière l'écran, trois pour le son direct et le dernier réservé aux extrêmes graves des effets Surround. Deux groupes de haut-parleurs auxiliaires, disposés sur les murs latéraux et au fond de la salle, diffusent les bruits d'ambiance.



lieu et place de la piste sonore conventionnelle, afin de coder : tous les sons ; les informations concernant leur multiplexage (affectation aux canaux) ; les algorithmes de correction d'erreur de lecture ; les informations indiquant lequel des canaux est concerné ; et enfin, on y a intégré d'autres informations destinées à piloter des appareils complémentaires en synchronisme avec le déroulement du film (ouverture/fermeture du rideau, etc.).

Chaque canal sera codé sur 16 bits. Ce qui lui confère une dynamique encore meilleure que celle du disque compact (codé sur 14 bits) : 96,3 dB au lieu de 90 dB. De plus, 44 100 points de mesure seront codés, ou décodés, chaque seconde, par canal. Cette précision et cette fréquence d'échantillonnage élevée conduisent à un débit d'information très important. En effet, à chaque seconde, le dispositif

consommera 16 bits x 44 100 x 6 canaux : soit 4 233 600 bits/seconde, soit encore plus de 4 Méga-bits/seconde — et ce uniquement pour les données "brutes" correspondant au codage du son.

Deux problèmes se posent :

- Au fur et à mesure des projections, la qualité de la pellicule se dégrade. Or, nos 180 pistes parallèles ne mesurent guère plus de 2 micromètres de largeur chacune. On conçoit donc aisément que la moindre poussière ou rayure brouillera gravement le contenu de l'une ou de plusieurs d'entre elles. En numérique, cela se traduit par des erreurs de lecture. La valeur correspondant à un échantillon donné sera fausse, et si ce dernier est "brut" (c'est-à-dire sans système de correction), le signal restitué sera également entaché d'erreur. En somme, sans dispositif de correction, le son numérique, à l'usage, ne serait guère plus fiable que le son optique conventionnel.

- De plus, une fois les six canaux sonores codés en "paquets" (ou mots) de 16 bits chacun, encore faut-il que le système soit en mesure de savoir à quel canal s'adresse chaque paquet. Rien ne permet, *a priori*, de les distinguer (puisque les signaux sont "alignés" sur une voie commune).

Pour résoudre ces problèmes, les paquets sont rassemblés par groupes de 64 : chacun de ces groupes commence par un mot de synchronisation, qui a pour fonction d'indiquer à quoi correspond le contenu des paquets qui le suivront : le système aiguillera vers chaque canal sonore les données lui correspondant. Viennent ensuite 49 mots "utiles" ; ce sont les données brutes du codage numérique du

son. Enfin les 14 derniers mots permettent la correction des erreurs de lecture (**voir encadré ci-dessous**). En effet, c'est grâce à ces mots redondants (qui répètent les informations déjà contenues dans les mots utiles) que des algorithmes de correction d'erreur rectifieront les aberrations de lecture dues au mauvais état de la pellicule. Dans le meilleur des cas, si un seul bit est erroné sa valeur sera immédiatement corrigée grâce à la redondance des mots de contrôle. En revanche, si plusieurs bits sont perdus (à cause d'une poussière par exemple), il se peut que le procédé ne permette pas directement d'en retrouver la valeur exacte. Dans ce cas, le signal électrique qui devrait être normalement obtenu sera interpolé : l'électronique rejoindra au mieux les deux points de la courbe bornant la zone d'erreur en prenant en compte son évolution. Ainsi le système est en mesure de régénérer jusqu'à 6 % de données perdues.

En outre, tout au long de la projection, le dispositif comptabilise les corrections d'erreur. Sur une copie neuve, leur quantité sera faible. Puis, au fur et à mesure des projections, elle augmentera proportionnellement au vieillissement du film. Cet accrois-

sement du nombre d'erreurs fera office de signal d'alarme et il sera donc possible de mettre le film au rebut avant même qu'une quelconque dégradation du son puisse être constatée. A ce propos, signalons que le film *The Doors* — projeté à Paris au Kinépanorama — fait office, pour la France, de test du procédé. Après trois mois d'utilisation, la copie présente un taux d'erreur tout à fait compatible avec les dispositifs de correction d'erreur et, de toute façon, très inférieur aux 6 % fatidiques.

Le système de lecture du son par utilisation directe de cellules photoélectriques n'est plus possible. En effet, si pour lire six pistes, il suffisait de disposer de six cellules, il en faudrait 180 en numérique — solution difficilement envisageable mécaniquement ! On les remplace donc par une barrette de capteurs à transfert de charge. Cette technologie est très proche de celle des capteurs d'images CCD utilisés sur les caméscopes. Mais ici, elle ne comportera qu'une seule ligne comportant 512 pixels (cellules de base). Une image de la piste son est donc formée sur la barrette, et les 180 pistes seront lues simultanément. Ensuite, le contenu de la barrette CCD sera "vidé". Cependant, lors de cette

(suite du texte page 154)

TIR CROISÉ POUR TRAQUER LES ERREURS

Lors de l'enregistrement, à la suite des mots contenant les données brutes du son, des mots de contrôles sont intégrés pour que le système soit en mesure de rectifier les erreurs de lecture lors de la projection du film. Afin d'illustrer plus facilement le fonctionnement de ce dispositif de correction automatique, nous nous limiterons ici à un nombre de bits réduits — 3 mots de 3 bits chacun contre 49 de 16 dans la réalité. Cela ne modifie cependant en rien le principe du procédé.

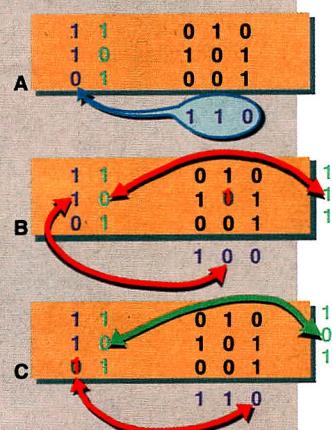
En premier lieu, l'ordinateur, au moment du codage du son et de son enregistrement sur l'original du film, compte le nombre de 1 que comporte chaque ligne de données (A). S'il est pair il l'inscritra en vis à vis de la ligne un 0, dans le cas contraire un 1 (chiffres en jaune sur le dessin). Ensuite il pratique la même opération sur les colonnes (chiffres violets) et reporte le résultat obtenu à la suite du précédent (flèche). Ces mots de contrôle sont donc beaucoup moins "encombrants" que les données brutes du son 16+49 contre 16x49 dans la réalité ; 3+3 contre 3x3 dans notre exemple.

A la lecture, si une erreur due à une poussière ou à une rayure sur la piste son intervient sur les données propres au son (B, chiffre 1 en rouge), elle se

traduit par une incompatibilité entre les codes de contrôles recalculés lors de la lecture et ceux inscrits sur le film (chiffres jaunes et violets placés hors du cadre figurant le film). L'ordinateur retrouvera la position du bit erroné grâce aux positions respectives en ligne-colonne des bits de contrôle incompatibles. La modification du bit soupçonné permet de retrouver la cohérence des contrôles.

L'erreur de lecture peut aussi affecter un mot de contrôle (C). L'ordinateur, ici encore, lèvera le doute. En effet s'il tente de modifier le contenu des mots son de manière à les rendre compatibles avec le mot de contrôle erroné, l'erreur ne se trouve pas éliminée mais transférée d'un mot de contrôle vers un autre — les mots de contrôle reliés par la flèche verte ne seraient plus identiques. La seule solution reste donc la modification du mot de contrôle lui-même.

Precisons toutefois que ce procédé n'est pas en mesure de donner un résultat fiable à 100 %. Il est, en effet, possible qu'au sein d'un même bloc deux erreurs s'éliminent mutuellement et passent donc inaperçues. C'est pour cette raison que les mots de contrôle comportent également des informations complémentaires caractérisant l'évolution générale du signal sonore. Non détectée une erreur se traduira par une brusque rupture de la régularité de la courbe, évidemment en désaccord avec l'allure annoncée. Dans ce cas, les algorithmes d'interpolation seront utilisés afin de redonner au signal sa forme "la plus probable" ; probabilité en accord avec la réalité dans l'immense majorité des cas.



PÉTROLE : DES EMBAUCHES AU COMpte-GOUTTES

Bien que l'industrie pétrolière totalise 40 % des offres d'emploi cadre du secteur de l'énergie, ces recrutements ne concernent qu'une centaine de candidats par entreprise, et principalement dans la recherche et la commercialisation.

Rentabilité, maîtrise des coûts et compétitivité, tels sont les maîtres-mots en matière d'énergie pour la décennie qui commence. C'est pourquoi, en dépit des problèmes que pose la combustion des énergies fossiles (¹), le recours aux énergies nouvelles ne s'envisage guère pour l'instant à grande échelle. La géothermie * (pour tous les mots suivis d'une *, voir le lexique page 148), par exemple, est intéressante en théorie, mais elle pose de nombreux problèmes techniques et n'est pour l'instant compétitive que par rapport à l'électricité provenant de générateurs alimentés au fioul (²).

D'un meilleur rendement, l'hydrogène utilisé comme combustible dégage jusqu'à trois fois plus d'énergie (au kg) que l'essence. Mais l'utiliser facilement suppose de le comprimer ou de le liquéfier par cryogénération. D'où une importante dépense d'énergie qui s'ajoute par ailleurs à celle que nécessite sa production (par séparation des corps auxquels il est amalgamé à l'état naturel ou par électrolyse). Pour contourner cet inconvénient, des chercheurs allemands travaillent sur un projet de centrale de fabrication d'hydrogène fonctionnant à l'eau de mer et à l'énergie solaire. Comment ne pas rêver à son formidable potentiel, surtout quand on sait qu'une année de consommation mondiale d'énergie équivaut à 40 minutes du rayonnement capté par l'ensemble de la surface du globe ! Principal obstacle à la réalisation de projets d'envergure, les performances des capteurs solaires commercialisés plafonnent actuellement à 10 % en moyenne (8 % avec le silicium amorphe et 13 % avec le silicium cristallin), bien que des essais en laboratoire aient permis d'atteindre respectivement 15 et 25 % !

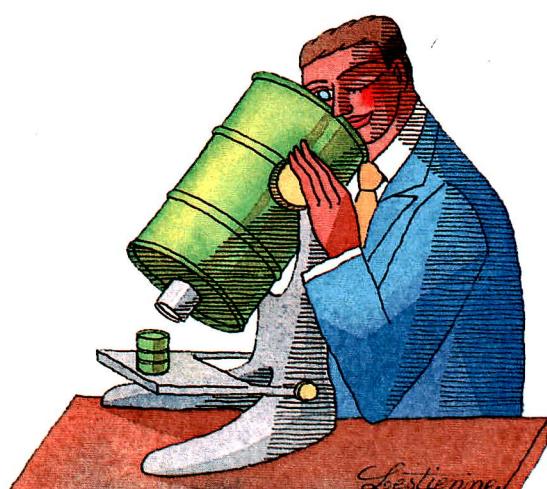
L'avenir immédiat passe donc plutôt par l'amélioration des processus de production existants que par l'exploitation intensive d'une source d'énergie inédite. Ainsi, pour le charbon, qui n'est plus assez compétitif face au nucléaire, de nouvelles techniques de conversion (gazéification ou liquéfaction in situ) permettent de diminuer ses coûts d'acheminement et de stockage. Bien que fournissant actuellement 80 % de l'électricité que nous consommons en France, le nucléaire à usage civil n'en constitue cependant que 17 % à l'échelon mondial.

Moins complexe à utiliser que le nucléaire, le gaz naturel est aussi le combustible le plus économique pour produire de l'électricité. De plus, ses énormes

(1) Elle entretient l'effet de serre, indirectement ou directement, par la production de gaz détruisant la couche d'ozone.

(2) Et à condition de surmonter les problèmes de corrosion provoqués par les sulfures présents dans l'eau chaude souterraine.

PAR HERVÉ LHUSSIERR



gisements (100 000 milliards de m³ pouvant être extraits avec la technologie existante) sont répartis plus uniformément à la surface du globe que ceux du pétrole : le sous-sol du Moyen-Orient contient en effet les trois quarts des réserves mondiales de brut contre un tiers de celles de gaz naturel. Mais l'avantage quantitatif ne suffit pas à compenser complètement le montant des investissements qu'il faudra consentir pour assurer les besoins à long terme : dans l'état actuel des choses, les chaînes d'approvisionnement en gaz naturel ne pourront couvrir nos besoins que jusqu'à la fin du siècle...

Quant au pétrole, fort de ses possibilités de transformation et surtout de son prix de revient compétitif, il demeure indétrônable. D'abord extraite de gisements à coût minimum (*voir encadré page 120*), "l'huile de pierre" a fait l'objet d'une demande croissante de la part des pays occidentaux jusqu'au premier choc pétrolier en 1973. Provoquant une baisse régulière de la consommation (127 millions de tonnes de brut en France en 1973, et 75 millions à la fin de 1983), le quadruplement du prix du baril d'"arab light" * décidé par l'OPEP * en 1973 a en effet entraîné un revirement complet de tendance par rapport aux années 1950 et 1960. Stoppant la croissance des économies occidentales, les deux chocs pétroliers de 1973 et de 1979 ont bien évidemment affecté l'ensemble du secteur.

L'industrie pétrolière en France, qui en 1981 avait recours à 280 500 personnes, n'en employait plus que 237 000 en 1989, dont 55 800 directement (compagnies pétrolières), et 181 200 indirectement. Parmi ces dernières, 86 200 personnes sont en effet employées dans les activités liées (transport, distribution, vente), et 95 000 dans les branches dérivées : industrie parapétrolière, 55 000 (*voir encadré page ci-contre*) et pétrochimie, 40 000.

Effectuant l'exploration-production, le raffinage, la commercialisation et la recherche, les compagnies pétrolières ont sensiblement réduit leur personnel depuis le premier choc pétrolier (suppression de 13 000 emplois, représentant près de 20 % des effectifs comptabilisés en 1970). Les effectifs de l'exploration-production, qui avaient doublé entre 1970 et 1987, diminuent, depuis, de 1 000 unités par an pour atteindre aujourd'hui 12 700 personnes. Quant au raffinage, il a perdu plus de la moitié de ses emplois depuis 1970 et n'en comptait plus que 7 500 en 1989. Même si les grandes unités de raffinage simple * cèdent peu à peu la place à des installations plus petites et plus sophistiquées (raffinage complexe *)



mieux adaptées à la demande en produits légers (carburants automobiles), ce secteur demeure globalement surcapacitaire en Europe. De plus, les compagnies, attentives au meilleur coût d'approvisionnement, font parfois appel à des raffineurs extra-européens plus avantageux... Cette logique de concurrence trouve, entre autres, son fondement dans la lutte qu'elles livrent aux grandes surfaces, lesquelles utilisent le carburant comme produit d'appel. Ce phénomène a simultanément abouti à une concentration du réseau de distribution (passé en France de 46 000 stations en 1973 à 24 500 en 1990) et à une diversification des stratégies commerciales (produits alimentaires en libre-service...).

L'INDUSTRIE PARAPÉTROLIÈRE

Regroupant en France 350 sociétés d'ingénierie, transporteurs d'hydrocarbures, fournisseurs d'équipements, et autres prestataires de services, cette industrie exploite une partie du marché mondial estimé à 325 milliards de francs. Les domaines d'activité sont multiples : géophysique, construction de plates-formes ou techniques de récupération du brut. Reflétant les aléas de la conjoncture, la variation du chiffre d'affaires de l'industrie para-pétrolière française est éloquente : il chute de 60 milliards de F en 1982 à 31 milliards en 1987, avant de remonter à 35 en 1990 puis à 37 cette année. En même temps, les

effectifs passent de 45 000 personnes en 1982 à 37 000 en 1987, avant d'atteindre le chiffre de 55 000 en 1990. Pour échapper à ces fluctuations, certaines entreprises ont choisi de diversifier leurs activités : en abordant par exemple l'*off-shore* non-pétrolier (études géologiques ou sismiques, par exemple), ou en changeant complètement de domaine d'application (robotique ou espace). D'autres se tournent vers l'exportation de technologies ou la production de dérivés. Les bases pétrochimiques permettent déjà de disposer de plus de 80 000 produits d'usage courant, dont les polymères et fibres de carbone sont les dernières évolutions.

Les effectifs de la recherche et de la commercialisation (distribution de gros) sont, eux, globalement stables par rapport à leurs niveaux de l'*"avant-crise"*, et ils progressent même légèrement depuis quelques années. Les 3 500 personnes travaillant dans la recherche en 1970 étaient 2 900 en 1987 et 3 000 fin 1989. Aux mêmes dates, les effectifs de la distribution connaissaient des variations semblables : 35 000, 32 000 et 32 600.

Industrie de haute technologie et non de main-d'œuvre, l'industrie pétrolière investit plus de 2 milliards de francs chaque année dans la recherche et

Le pétrole à coût minimum (de l'ordre de 1 dollar le baril) est produit majoritairement par les pays de l'OPEP situés au Proche-Orient ou au Moyen-Orient.

Les ressources à coût intermédiaire (équivalent à un baril coûtant de 15 à 30 dollars) peuvent être des pétroles chers (hors Moyen-Orient), du gaz (en raison du coût des infrastructures), du

charbon (à cause des frais de transport) ou de l'énergie nucléaire obtenue à partir de procédés de fission conventionnel. Les fournitures à coût élevé (40 dollars ou plus par baril) sont à la fois les produits de vieux gisements de pétrole et de nouvelles énergies qui n'ont pas encore atteint un seuil de rentabilité minimal.

le développement. Elle offre aussi de moins en moins de possibilités aux ouvriers et employés : de 55 % des effectifs en 1973, ils n'en représentaient plus que 36 % en 1987. Agents techniques — BTS de mécanique générale, contrôle industriel et régulation automatique ou thermiciens (*voir encadré page ci-contre*) — et cadres constituent l'essentiel d'un recrutement, par ailleurs limité. Chaque entreprise n'embauche pas plus d'une centaine de cadres par an, parmi lesquels les jeunes diplômés bénéficient d'une préférence certaine. Débutant avec des salaires annuels de 170 000 F à 190 000 F en moyenne (avec éventuellement des primes d'intérêt pour les cadres confirmés), la plupart des jeunes diplômés sont issus de formations généralistes de haut niveau (HEC, écoles supérieures de commerce, universités de sciences-économiques...) et pratiquent couramment l'anglais. Appréciés par les employeurs pour l'ouverture d'esprit qu'ils favorisent, ces cursus permettent en général d'intéressantes réorientations de carrière, surtout lorsqu'ils se complètent d'un diplôme obtenu à l'étranger : le

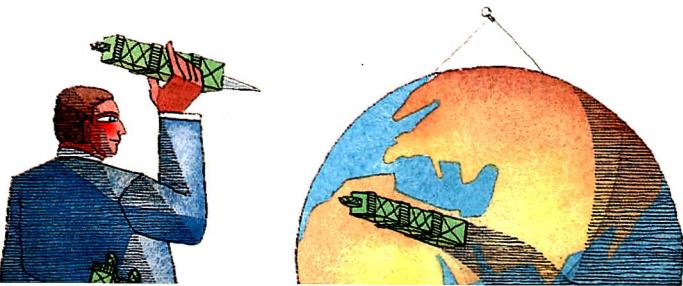
(3) *Master of Business Administration.*

MBA, (3) par exemple, constitue un excellent passeport pour l'expatriation. Quand elle concerne un pays limitrophe, celle-ci s'assortit en général d'une augmentation de salaire de 30 % environ. Mais elle peut atteindre jusqu'à 200 % pour un séjour prolongé dans un pays lointain. Toutefois, bien que les déplacements sur le terrain gardent leur importance, ce genre d'affectation tend à se raréfier aujourd'hui. Les fonctions de terrain, associées à l'exploration-production en pays étranger, sont de plus en plus souvent confiées à des techniciens et cadres locaux formés au préalable par l'entreprise.

Mais, malgré un relatif déclin de l'exploration-production, l'industrie du pétrole continue d'embaucher en priorité des ingénieurs : pour superviser la construction, l'installation puis la maintenance d'un site (diplômés en mécanique et électricité) ou pour définir les stratégies de prévention des nuisances et de pollution (ingénieurs spécialisés dans l'environnement). Ces derniers connaissent d'ailleurs des débouchés assurés en raison du renforcement des règlements et législations.

Parmi les activités liées à l'industrie pétrolière, la pétrochimie a ses propres besoins en compétences scientifiques. L'expertise technique et la création de nouveaux matériaux requièrent l'intervention d'un ingénieur chimiste. L'activité de celui-ci est souvent internationale puisque les programmes de recherche et développement sont menés avec les ingénieurs des différentes filiales d'une même multinationale. Une bonne connaissance de l'anglais est indispensable, de même que des qualités de meneur d'hommes.

Compte tenu de la diversité de leurs activités, les entreprises du secteur pétrolier offrent de nombreuses possibilités d'évolution professionnelle à des candidats qui n'ont pas nécessairement une longue expérience : à cet égard, le cas de ce titulaire d'un DUT de génie mécanique devenu rapidement inspecteur commercial à la division ventes lubrifiants n'est pas unique. Cette ouverture explique sans doute une mobilité inter-entreprises relativement faible, sauf à très haut niveau. « Si tel cadre du pétrole quitte son employeur, c'est en général pour aborder un secteur entièrement différent » explique Michel Reynaud-Paligot, responsable du recrutement des cadres chez Esso SAF (filiale du groupe américain Exxon). Un analyste financier sera ainsi attiré par l'environnement international et les volumes d'opérations conséquents que propose une compagnie pétrolière. Il pourra également aborder de nombreux domaines : de la gestion des participations et des filiales de son entreprise à l'audit, en



L'ÉVOLUTION DES TECHNIQUES DE FORAGE

Au début, les exploitants se contentaient de récupérer le pétrole des nappes peu profondes, et jaillissant sous pression. Ensuite, ils eurent l'idée d'injecter de l'eau ou du gaz naturel pour maintenir cette pression, procédé appelé IOR (*improved oil recovery*). Enfin, à mesure qu'il devenait rentable d'exploiter des nappes d'accès plus difficile, les prospecteurs ont eu recours à des techniques complémentaires plus sophistiquées et désignées sous le terme EOR (*enhanced oil recovery*).

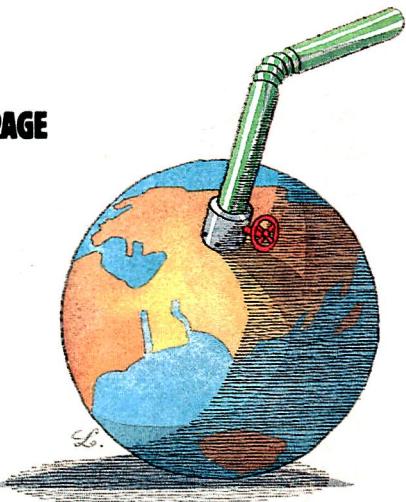
Il s'agit par exemple de forages horizontaux : une rangée d'excavations verticales réunies entre elles par un forage horizontal à leur base. Injectée par le puits situé à l'extrémité de la rangée, la vapeur (méthode thermique) se communique alors aux forages voisins pour augmenter la fluidité des huiles * (*voir le glossaire page 148*). De cette façon, il est possible de quadrupler la production d'un site,

comme celui de Rospo Mare, situé dans l'Adriatique, pour un coût ne dépassant pas 50 % de celui d'un forage vertical.

Même si le pétrole EOR ne représente que 5 % de la production des pays occidentaux (soit 60 millions de tonnes), il représente 80 % de la consommation française.

L'évolution des techniques s'accompagne aussi d'une évolution des infrastructures. A l'origine, le fonctionnement d'une plate-forme de production nécessitait plusieurs douzaines d'hommes au minimum, d'où des coûts directs (la main-d'œuvre) et indirects (rotations d'hélicoptères, approvisionnements divers...) conséquents.

Aujourd'hui certaines plates-formes sont complètement inhabitées et fonctionnent automatiquement. Elles permettent des économies très importantes ; essentiellement parce que les seuls coûts de main-d'œuvre ne con-



cernent plus que les opérations périodiques de contrôle et d'entretien.

En mer du Nord, ces économies peuvent atteindre 25 % des coûts d'extraction des gisements nouvellement mis en exploitation, et 17 % dans le cas des nappes en phase de production. C'est en mer du Nord, que le coût de production est le plus élevé.

passant par le contrôle des opérations en devises. Ingénieurs généralistes au départ, de nombreux cadres possèdent une double formation qui facilite leur accès à des fonctions de gestionnaire ou de financier. Certains *traders* (spécialisés dans les transactions de brut) sont ainsi d'anciens ingénieurs qui ont quitté le raffinage pour aborder le négoce international. Une activité en plein essor, car il arrive fréquemment aux compagnies de com-

mercialiser du pétrole raffiné par d'autres, ou à l'inverse, d'en vendre à des concurrents.

En dehors des spécialistes de la finance ou du contrôle de gestion dont elles s'entourent, les compagnies pétrolières recrutent des experts du domaine juridique, fiscal, et, bien sûr, des informaticiens. La tâche de ceux-ci est de concevoir des systèmes experts pour la conduite automatisée d'unités de production. A côté de ses applications industrielles,

l'informatique est également porteuse de perspectives dans le domaine du développement et du perfectionnement de logiciels à usage administratif. Le groupe Exxon possède un outil informatique permettant de relier entre elles toutes ses filiales.

Accessible par minitel, ce système accorde une plus grande liberté de mouvements aux commerciaux. Responsables de la gestion de plusieurs stations-services — parfois jusqu'à une trentaine — les chefs de secteur peuvent par exemple effectuer la gestion des prix des carburants à partir de

LE THERMICIEN

60 % des 48 millions de tonnes d'équivalent pétrole (TEP) * consommées chaque année sont utilisées à un usage thermique. On distingue trois types d'activités pour ce domaine : production d'énergie (extraction, production et/ou mise à disposition) ; fabrication d'équipements thermiques (chaudières, fours ou réfrigérateurs) et leur mise en œuvre (principalement dans la sidérurgie, l'industrie chimique, mécanique ou électrique).

Pour accéder à cette fonction, les candidats peuvent être titulaires d'un baccalauréat professionnel "maintenance et gestion climatique" (depuis la rentrée 1988). Avec un bac F9 (énergie et équipements), les diplômés peuvent ensuite préparer un BTS "froid et cli-

matisation" ou "équipement technique du bâtiment option génie climatique", ou un DUT "thermique et énergétique" ou "génie civil". Trois grands secteurs recrutent ces diplômés : les services (bureaux d'étude, entreprises de maintenance ; laboratoires de recherche...) ; l'industrie et le BTP (bâtiment travaux publics).

Pour plus d'informations sur les débouchés et perspectives offerts par le génie climatique, consultez les fiches du CIDJ n° 28 751 (professionnels qualifiés), 28 752 (techniciens et ingénieurs), et n° 2 833 (génie thermique, froid). CIDJ (Centre d'information et de documentation pour la jeunesse), 101 quai Branly, 75740 Paris cedex 15. Tél. : (1) 45 67 35 85.

SCIENCE JEUX

Un boomerang de salon

PHYSIQUE AMUSANTE

Longtemps confiné dans les vitrines des musées d'ethnologie, le boomerang est aujourd'hui un article qu'on trouve dans tous les magasins de sport. Mais son maniement demande de grands espaces, et il nous a paru amusant d'en faire une version miniaturisée qui fonctionne parfaitement.

On considère en général que le bâton de jet de forme courbe capable de revenir vers le lanceur est une invention des aborigènes d'Australie. En réalité, le boomerang fut découvert et employé par d'autres peuplades mais, au cours des âges, celles-ci l'abandonnèrent au profit d'autres armes de jet comme l'arc ou le javelot.

Les spécialistes ne sont pas sûrs d'ailleurs que le boomerang ait réellement servi à la chasse et le considèrent avant tout comme un outil d'entraînement pour s'exercer au lancer. Sa vitesse est faible, ce qui permet aux animaux de déceler son approche, et son énergie est insuffisante pour blesser gravement un autre gibier que les petits rongeurs ou les petits oiseaux.

En portée comme en précision l'arc est très supérieur et, à courte distance, le javelot ou la sagaie sont beaucoup plus efficaces sur des bêtes un peu lourdes. Il faut ajouter que les boomerangs les plus performants sont ceux qu'on fabrique aujourd'hui en métal ou en plastique, matériaux dont ne

disposaient pas les peuplades primitives.

Tout comme la fronde, le boomerang fut découvert par hasard ; en forêt, et à défaut de pierre, on pouvait toujours lancer un fort morceau de bois sur un petit animal : en cas d'imprévu, il y a toujours une branche à portée de main. Le lancer du bâton devait donc faire partie des exercices courants pour se préparer à la chasse. Or un bâton coudé lancé vers le haut a tendance à courber sa trajectoire.

Il est vraisemblable qu'on s'est aperçu un jour que ce morceau coudé et aplati ne volait pas en ligne droite si on lui donnait en plus un mouvement de rotation sur lui-même, mais exécutait un virage qui le ramenait plus ou moins vers le lanceur. A partir de là, des essais successifs menèrent à trouver la forme, la taille, le poids et le profil qui faisaient du bâton coudé un boomerang capable de revenir aux pieds d'un lanceur très adroit.

Pour être juste, il s'agissait d'un engin fabriqué de manière totale-

ment empirique car nul n'était en mesure de comprendre pourquoi cette pièce de bois lancée avec un mouvement tournoyant ne partait pas tout droit comme un simple caillou. Il faudra attendre la découverte des lois de l'aérodynamique et celles de la mécanique générale pour pouvoir expliquer, et donc prévoir, la trajectoire paradoxale du boomerang.

Celui-ci ne fonctionne bien qu'à deux conditions : les branches doivent être aplatis, et le lancer doit être accompagné d'une rotation. Grâce à la vitesse donnée au départ, une branche plate se comporte dans l'air comme une aile sustentatrice : quand elle agit sur une surface oblique, la résistance de l'air se traduit par une poussée vers le haut ou vers le bas. On vérifie ce fait très simplement en passant le bras par la portière d'une voiture roulant vite (pas plus de 90 km/h) et en orientant la main vers le haut ou vers le bas : elle est soulevée ou abaissée par le vent dû à la vitesse.

Les branches plates du boomerang sont taillées en oblique pour que l'air les soulève et soutienne donc l'engin en vol. Mais, par suite de la dissymétrie du mouvement — une branche avance tandis que l'autre recule — la portance est inégale et tend donc à faire basculer le mobile. C'est ici qu'intervient la rotation qui lui donne un moment d'inertie qui résiste à ce basculement.

Cette fois, il s'agit d'un phénomène gyroscopique qui n'est pas aussi simple à mettre en évidence que la sustentation aérodynamique. Certes, le sujet a déjà été traité dans cette rubrique (août 1983), mais nous ne pouvons reprendre cette étude dans le détail. Nous n'en retiendrons que les faits essentiels : en tournant sur lui-même, un corps acquiert une énergie cinétique qui va s'opposer à tout déplacement de son axe de rotation.

Mais, chose paradoxale, cette force ne réagit pas en direction opposée de la force perturbatrice, mais à angle droit. Faisons une comparaison : si on appuie avec le doigt sur un ressort à boudin, celui-ci réagit en repoussant le doigt dans la même direction. Mais si on appuie sur l'axe d'une touپie en rotation, celui-ci ne repousse pas le doigt mais part à droite ou à

gauche selon le sens de rotation.

Dans le cas du boomerang, qui est un mobile en rotation, l'écart de portance entre la pale qui va dans le sens du mouvement et celle qui va en sens contraire tend à faire basculer l'engin de côté, sur la droite ou la gauche. La réaction gyroscopique se faisant à angle droit de cette tendance, le boomerang va en fait s'incliner vers l'avant ou vers l'arrière.

Le sens de rotation et l'inclinaison des branches sont bien entendu choisis pour que la réaction gyroscopique relève le boomerang. Si le départ était strictement horizontal, l'engin finirait donc par monter à la verticale et terminerait par un looping ; c'est d'ailleurs ce qui se passe quand le lancer est fait par un débutant — en pratique, la trajectoire peut être beaucoup plus aléatoire, et pour tout dire imprévisible.

Le boomerang doit donc être lancé avec une légère inclinaison sur l'horizontale ; à ce moment la réaction gyroscopique n'est plus strictement verticale, mais oblique : la trajectoire est bien ascendante, mais en même temps elle s'incurve vers la gauche ou la droite. Le boomerang exécute bien un looping, qui n'est autre qu'une boucle, mais sur le côté et non dans un plan vertical comme le ferait un avion.

De ce fait, il revient dans sa direction de départ. Tout l'art du lanceur consiste donc à donner un élan tel que la boucle se termine à ses pieds, et non pas devant lui ou quelque part sur la gauche. Inutile de dire que cet art ne s'acquiert pas du jour au lendemain, bien que les boomerang fabriqués aujourd'hui avec toutes les connaissances de la mécanique et de l'aérodynamique soient beaucoup plus faciles à maîtriser que ceux dont disposaient les Australiens. Il y en a maintenant de toutes les tailles, et même de tous les styles puisque on en trouve qui ont exactement la forme d'une hélice à trois pales et sont donc symétriques ; certains autres ont la forme d'un triangle équilatéral, alors que le modèle classique a deux branches inégales. Il était tentant de voir si l'engin pouvait être miniaturisé, donc réduit à quelques centimètres quand les versions normales mesurent quelques décimètres — ce qui consti-

tue une réduction au dixième.

Nous en avons donc découpé un dans du polystyrène de 0,5 mm d'épaisseur en lui donnant le profil habituel à deux branches inégales faisant entre elles un angle voisin de 120° ; nous nous sommes dispensés de la moindre courbure des pales. Le lancer ne pouvant se faire qu'avec une pichenette donnée sur la branche la plus longue, c'est donc ainsi que nous avons commencé les premiers essais.

Or, à notre grande surprise, l'engin parcourait une trajectoire impeccable et revenait la plupart du temps à nos pieds ; toutefois, l'impulsion donnée dans ces conditions manquait de régularité et le mini boomerang se perdait parfois sous les meubles ou partait n'importe où. Nous avons donc conçu un lanceur à élastique équipé d'une détente : les résultats se sont considérablement améliorés en précision et en régularité.

C'est donc cet instrument, pouvant fonctionner sans inconvénient et sans difficulté dans une pièce de dimensions moyennes, que nous allons construire aujourd'hui.

Le matériel nécessaire est ré-

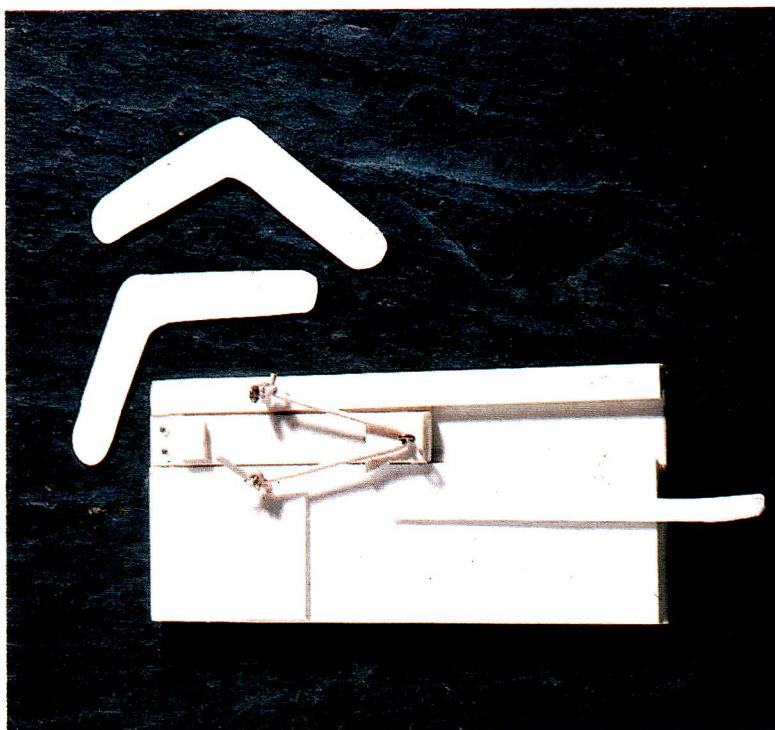
duit :

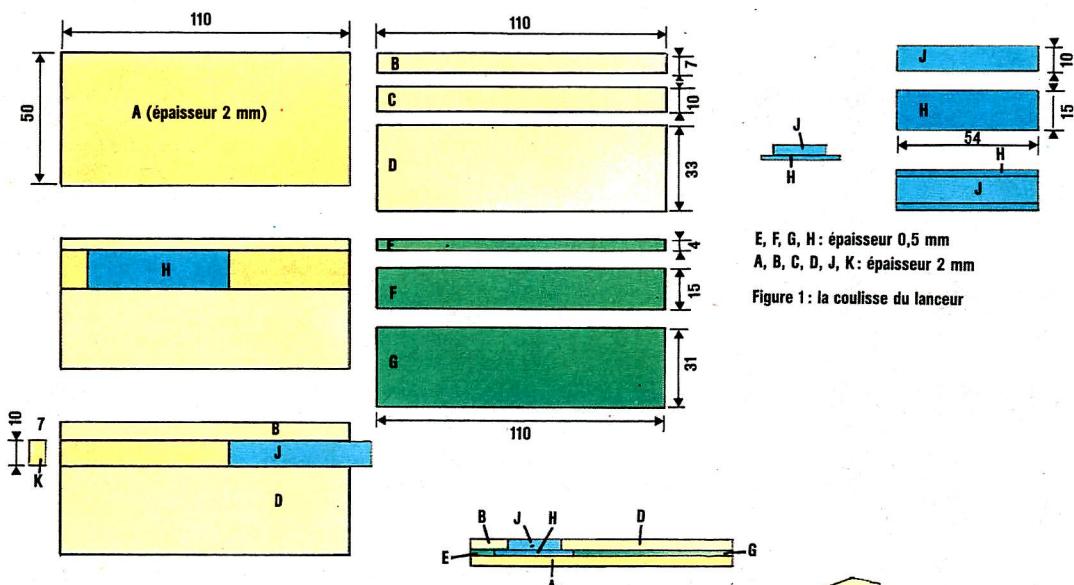
- Polystyrène choc en feuilles de 2, 1 et 0,5 mm d'épaisseur ;
- Bracelet caoutchouc, fil de laiton de 1 mm, épingle ;
- Cutter, règle métallique, colle Uhu-Plast.

On peut se procurer les feuilles de polystyrène, sur place ou par correspondance, chez Adam Montparnasse, 11 Bd Edgar-Quinet, 75014 Paris, ou chez Pierron, B.P. 609, 57206 Sarreguemines Cedex.

Le lanceur est illustré par les figures 1 à 10. C'est un élastique qui servira de propulseur à notre boomerang. Un coulisseau emprisonné dans une glissière jouera le rôle de percuteur — figures 1, 2 et 3. Ce coulisseau sera retenu en position armée par une gâchette basée sur le principe des arbalètes. Le mobile, lui, sera maintenu en position de lancement par un dispositif de fixation.

On commencera donc par tracer, marquer et découper les pièces destinées à confectionner la glissière et le coulisseau — figures 1 et 2. On n'omettra pas d'abattre, en les raclant avec une lame de cutter rectiligne, les boursouflures qui se forment au passage de la





E, F, G, H : épaisseur 0,5 mm
A, B, C, D, J, K : épaisseur 2 mm

Figure 1 : la coulisse du lanceur

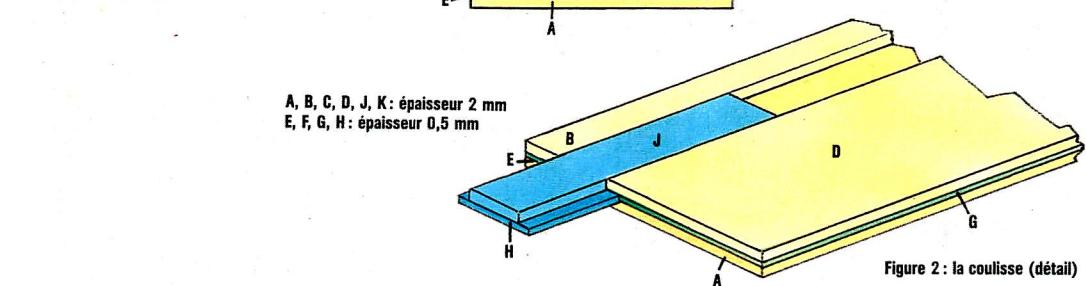


Figure 2 : la coulisse (détail)

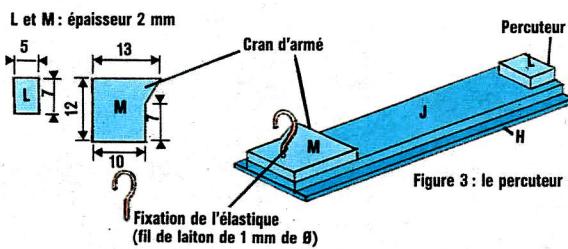
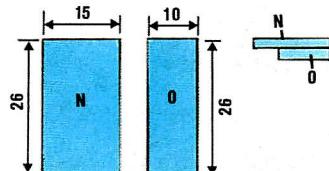


Figure 3 : le percuteur



En PS de 0,5 mm d'épaisseur

Figure 5 : fixation du boomerang

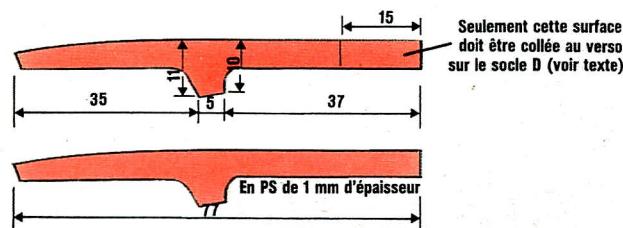


Figure 4 : la détente

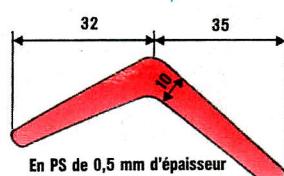


Figure 6 : le boomerang

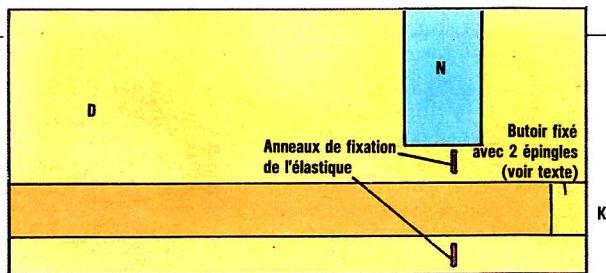


Figure 7 : la glissière

lame de cutter qui sert à marquer le polystyrène. Faute de quoi, ces bourrelets auraient tendance à bloquer les glissières.

Les pièces de la glissière A, B C, D, J et K, **figures 1, 2, et 3**, sont en polystyrène de 2 mm d'épaisseur. Les pièces G, H, J en 0,5 mm. On trouvera leurs cotes **figure 1**. A noter que les deux pièces C et F sont destinées, dans un premier temps, à servir de gabarit de collage. C'est dans ces deux pièces que seront ensuite découpées J (10 x 54) et H (15 x 54) qui forment le coulissoir proprement dit.

La **figure 2** montre comment sont disposées ces pièces. On commencera par coller sur A la pièce G (0,5 mm d'épaisseur). Ensuite on mettra la pièce F (15x110) qui sert de gabarit afin de pouvoir coller la pièce E. Il est préférable, pour les collages plan sur plan, d'utiliser du trichloréthylène appliquée avec un pinceau. Mais il faut éviter les débordements de colle qui ne manqueraient pas d'immobiliser F. On s'assurera justement que cette pièce coulisse aisément entre G et E.

Sur G on collera ensuite D. En s'aideant du second gabarit C, on collera B qui forme la seconde partie de la glissière. Ainsi l'emplacement où doit circuler le coulissoir aura été réservé. Celui-ci, composé des pièces H et J — **figures 1 et 2** — sera ensuite assemblé.

Il sera temps de l'essayer en l'introduisant dans son logement et en le déplaçant. Il est probable que le mouvement sera irrégulier, avec même des coincements à certains endroits : on rectifiera soigneusement en raclant aux bons endroits avec une lame de cutter. Une trace d'huile déposée sur la partie visible de la pièce A aidera au parfait glissement du coulissoir.

Il restera à l'équiper avec les pièces M et L — voir **figure 3** — ce qui le transformera alors en percuteur. Un anneau formé avec des pinces dans un petit morceau de fil de laiton de 1 mm de sera ensuite fixé sur M. Pour ce faire, on percera un trou du même diamètre et, ensuite, on immobilisera la pièce avec de la colle Cyanolit.

A l'extrémité de la glissière, on collera la pièce K, **figure 7**, qui sert de butoir. On l'immobilisera avec deux épingle enfoncees à chaud et coupées par dessous avec des pinces universelles. On n'omet-

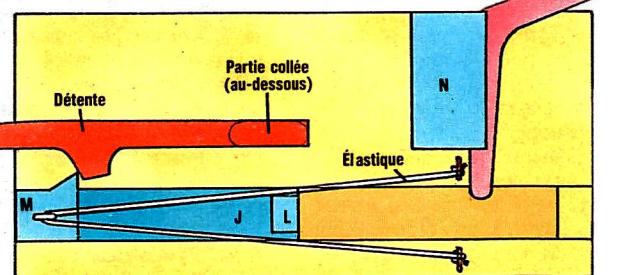


Figure 8 : le percuteur armé

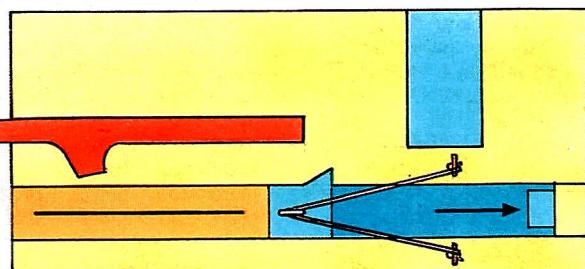


Figure 9 : déclenchement du percuteur et lancement du boomerang

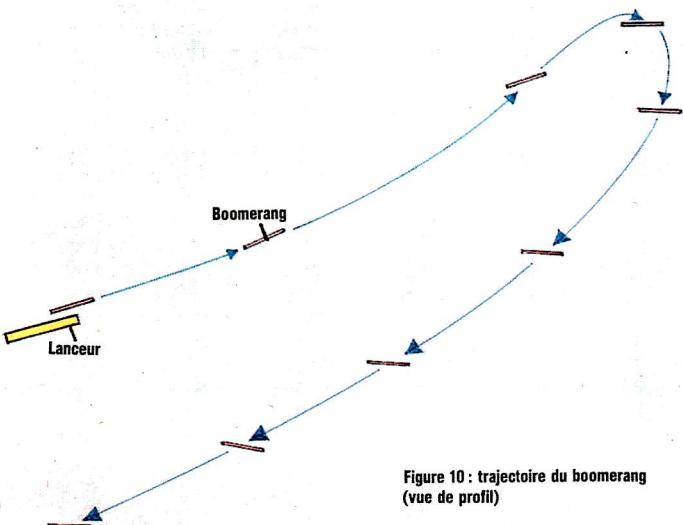


Figure 10 : trajectoire du boomerang (vue de profil)

tra pas de limer les extrémités qui dépassent. La **figure 7** montre la glissière prête à recevoir le percuteur. Les **figures 5** et **7** illustrent la fabrication et l'emplacement de collage du système de fixation du boomerang.

La **figure 8** montre le percuteur en place muni de son ressort élastique. Celui-ci est un morceau de caoutchouc en provenance d'un fil de Jokari, mais un bracelet de caoutchouc ordinaire (en vente dans tous les supermarchés) conviendra également : seulement, sa qualité étant inférieure, il faudra le changer plus souvent.

Comme indiqué **figures 8** et **9**, les extrémités sont passées dans les deux anneaux d'amarrage fixes, puis nouées autour. Le milieu du fil est passé dans l'anneau prévu à cet effet sur le percuteur. La longueur

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*, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15. Prix : 75 F (85 F par envoi direct).

doit être telle que, lorsque le percuteur est en butée contre K, il soit légèrement tendu. Ne pas serrer définitivement les noeuds de fixation car le réglage de la tension devra être fait au cours des essais.

La gâchette sera découpée aux cotes indiquées **figure 4** dans du polystyrène de 1 mm d'épaisseur. La tête de gâchette est légèrement inclinée de telle façon qu'elle forme cliquet avec le redan solidaire du percuteur.

Lorsqu'on arme l'engin, cette tête passe le cliquet mais reste bloquée car elle est ramenée en position par effet de ressort. En effet, la gâchette est collée seulement sur une partie de sa surface — voir **figures 4** et **8**. L'effet de ressort est produit par la partie libre de cette pièce. Lors du déclenchement, il faudra agir avec précautions afin de ne pas déformer cette partie libre ; au besoin on mettra une butée.

Afin de déterminer sa position exacte pour qu'elle joue son rôle comme indiqué **figure 9**, on tirera

le percuteur de telle façon qu'il affleure le bord de la glissière. Puis on présentera la tête de gâchette et on immobilisera, en la serrant avec les doigts, la partie qui doit être collée et on appuiera sur la queue de la gâchette. Le percuteur libéré doit alors être projeté vivement vers son butoir — voir **figure 9**.

Après quelques essais, on marquera au crayon l'emplacement de la gâchette sur D. Il restera à la coller seulement à l'emplacement indiqué **figure 8**. Après séchage partiel, on refera l'essai et, éventuellement, on réglera. Ensuite, on laissera sécher, le percuteur n'étant pas armé.

Le boomerang lui-même sera découpé avec des ciseaux dans du polystyrène de 0,5 mm d'épaisseur selon la forme donnée **figure 6**. La forme n'est pas critique, ce qui permettra d'essayer des modèles divers et variés.

Le percuteur étant armé, on disposera le boomerang comme indiqué **figure 8**. On se placera à un endroit qui laisse libre la trajectoire et, en maintenant le lanceur pointé vers le haut à environ 30°, on appuiera sur la détente.

Le projectile lancé parcourra une trajectoire ascendante puis, après en avoir atteint le sommet, reviendra aux pieds de l'expérimentateur. Si tout a été parfaitement réglé cette trajectoire se décrira dans un plan vertical — **figure 10**. Selon la façon dont on place le bras du boomerang qui va recevoir l'impulsion, la vitesse de rotation est modifiée. On pourra donc agir aisément sur ce paramètre.

On pourrait de même donner une certaine inclinaison aux pales de manière à se rapprocher un peu du profil en aile d'avion des boomerangs grande nature. Il faut toutefois rester très modéré dans la torsion donnée au plastique.

La tension de l'élastique joue également sur la force de l'impulsion. Plus il est tendu, plus le mobile va loin. Il ne faut cependant pas exagérer car le système de détente qui, ne l'oubliions pas, est en polystyrène, se déformerait ; en outre, le caoutchouc ne manquerait pas de se détériorer rapidement. Mais il faut dire, pour être franc, que ce modèle élémentaire est susceptible d'innombrables améliorations.

Renaud de La Taille
Modèle Pierre Courbier

Jouez les agents secrets

INFORMATIQUE AMUSANTE

Nous vous proposons de réaliser, ce mois-ci, un programme de cryptographie.

Bien qu'extrêmement simple dans son principe et dans sa mise en œuvre, il n'en sera pas moins très efficace. Le procédé de cryptage est proche de celui exploité par certaines machines à chiffrer utilisées autrefois, et nous le baptiserons "cryptage par clé tournante". En effet, afin que ce dernier puisse être effectué, le programme demandera en premier lieu de lui fournir une clé.

Cette clé sera un texte comportant un maximum de 152 caractères. Pour crypter un texte, notre programme effectuera une combinaison de chacun de ses caractères avec l'un des caractères composant la clé, et affichera le document final. Il procèdera de la manière suivante : le programme prendra le premier signe de la clé pour le combiner au premier caractère du texte, et les suivants seront traités de la même façon. Sans doute la clé comportera-t-elle moins de caractères que le texte ; lorsque son dernier caractère sera atteint, le programme reprendra le premier, et poursuivra son cycle de cryptage. D'où la notion de "clé tournante".

"Pirater" un tel type de codage est relativement aisément si la clé est courte. Cependant si elle possède plus d'une cinquantaine de lettres, il devient quasiment inviolable. Une clé comportant 152 caractères offre donc un niveau de confidentialité très élevé. Signalons que, dans notre cas, les espaces séparant les mots sont également modifiés. Il est donc impossible de deviner les mots courts (tels que les articles), par la place qu'ils occupent.

Afin d'éviter de taper le texte crypté, en vue de son décodage, il sera possible de le sauvegarder sur disquette. La clé, bien évidemment,

n'est pas mémorisée lors de cette opération. Prenez d'ailleurs bien soin de la noter (avec les éventuelles fautes de frappe), car la modification d'un seul des caractères empêche le décodage. Ces précisions données, passons à l'écriture de notre programme.

Nous l'avons réalisé sous GW Basic, sur un PC compatible de la série 286. Cependant, son adaptation à d'autres machines de type Basic est possible. Seule particularité du GW Basic : les adressages curseurs commandés par l'instruc-

tion "LOCATE" s'effectuent en Y,X. Sur Basic Amstrad, par exemple, il faudra inverser les coordonnées de telles instructions pour retrouver une position d'affichage correcte.

Nous commencerons par réservé des tableaux de mémorisation destinés à recevoir les caractères du texte et de la clé. Une page de présentation s'affichera à l'écran. Celle-ci commandera la saisie de la clé, et rappellera les quelques contraintes que comporte sa frappe : passer en majuscules, n'utiliser ni chiffre ni ponctuation, etc. On pro-

cèdera ensuite à la saisie. Occupant les lignes de 390 à 540 du programme, celle-ci assure simultanément l'affichage des caractères frappés et leur mémorisation dans le tableau C\$. (défini plus haut). Notons que les tests effectués par la ligne 430 ont pour but de vérifier que tous les caractères tapés sont bien des lettres majuscules ou des espaces — à l'exception de la touche correspondant au "BACK SPACE" utilisée ici pour corriger d'éventuelles fautes de frappe.

```

10 CLS: CLEAR
20 REM ****
30 REM *
40 REM *      CREATION DES TABLEAUX      *
50 REM *      DE MEMORISATION.          *
60 REM *
70 REM ****
80 DIM TS$(1360)
90 DIM CS$(152)
100 DIM NS$(152)
110 REM ****
120 REM *
130 REM *      PAGE DE PRESENTATION.    *
140 REM *
150 REM ****
160 LOCATE 1,20: PRINT STRING$(40,220)
170 LOCATE 2,20: PRINT CHR$(219);STRING$(38,32);
CHR$(219)
180 LOCATE 3,20: PRINT CHR$(219);" Veuillez PASS
ER EN MAJUSCULES S.V.P. ";CHR$(2
19)
190 LOCATE 4,20: PRINT CHR$(219);STRING$(38,32);
CHR$(219)
200 LOCATE 5,20: PRINT STRING$(40,223)
210 PRINT CHR$(7)
220 LOCATE 7,10: PRINT STRING$(60,220)
230 LOCATE 8,10: PRINT CHR$(219);STRING$(58,32);
CHR$(219)
240 LOCATE 9,10: PRINT CHR$(219);"      SAISISSEZ
VOTRE CLE (152 CARACTERES AU MA
XIMUM).      ";CHR$(219)
250 LOCATE 10,10: PRINT CHR$(219);"      N'
UTILISEZ NI CHIFFRE NI PONCTUATI
ON.      ";CHR$(219)
260 LOCATE 11,10: PRINT CHR$(219);"      POUR LA
VALIDER ET SORTIR TERMINEZ PAR '
ENTREE'.      ";CHR$(219)
270 LOCATE 12,10: PRINT CHR$(219);STRING$(58,32)
;CHR$(219)
280 LOCATE 13,10: PRINT STRING$(60,223)
290 LOCATE 16,1: PRINT STRING$(80,220)
300 FOR I=17 TO 20
310 LOCATE 1,1: PRINT CHR$(219);STRING$(78,32);C
HR$(219)
320 NEXT I
330 LOCATE 21,1: PRINT STRING$(80,223)
340 REM ****
350 REM *
360 REM *      SAISIE DE LA CLE.        *
370 REM *
380 REM ****
390 LET X=3: LET Y=18: LET MK=1
400 IF Y=20 THEN PRINT CHR$(7):GOTO 420
410 LOCATE Y,X: PRINT CHR$(95);CHR$(32)
420 LET K$=INKEY$: IF K$="" THEN GOTO 420
430 LET K=ASC(K$): IF (K<65 OR K>90) AND K<>32 A

```

```

ND K<>8 AND K<>13 THEN GOTO 420
440 IF K=13 THEN GOTO 590
450 IF K<>8 THEN GOTO 490
460 LET MK=MK-1: LET X=X-1: IF X=2 AND Y=19 THEN
LET Y=18: LET X=78: LOCATE 19,3:
PRINT " "
470 IF X=2 THEN LET X=3:PRINT CHR$(7):LET MK=1
480 LET C$(MK)="" :GOTO 410
490 IF MK=153 THEN GOTO 420
500 LET CLS=CHR$(K)
510 LOCATE Y,X:PRINT CL$:LET C$(MK)=CL$
520 LET MK=MK+1:LET X=X+1: IF X=79 THEN LET Y=Y+
1: LET X=3
530 GOTO 400
540 REM ****
550 REM *
560 REM *      SUPPRESSION DES ESPACES DE LA CLE. *
570 REM *
580 REM ****
590 LOCATE 3,20: PRINT CHR$(219);"      VOICI LA C
LE APRES TRAITEMENT:      ";CHR$(2
19)
600 FOR I=8 TO 12
610 LOCATE 1,10: PRINT CHR$(219);STRING$(58,32);
CHR$(219)
620 NEXT I
630 LET INC=1
640 FOR I=1 TO 152
650 IF C$(I)=" " THEN GOTO 680
660 LET NS$(INC)=C$(I)
670 LET INC=INC+1
680 NEXT I
690 LET XC=15: LET YC=9
700 FOR I=1 TO 152
710 LOCATE YC,XC:PRINT NS$(I)
720 LET XC=XC+1: IF XC=66 THEN LET YC=YC+1:LET X
C=15
730 NEXT I
740 REM ****
750 REM *
760 REM *      CHOIX CODAGE OU DECODAGE.      *
770 REM *
780 REM ****
790 LOCATE 14,15:PRINT "POUR UN CODAGE TAPER 'C'
POUR UN DECODAGE TAPER 'D'."
800 LET K$=INKEY$
810 IF K$="C" THEN GOTO 890
820 IF K$="D" THEN GOTO 1530
830 GOTO 600
840 REM ****
850 REM *
860 REM *      SOUS ROUTINE DE CODAGE.      *
870 REM *
880 REM ****
890 CLS
900 LOCATE 1,20: PRINT STRING$(40,220)

```

La touche entrée permettra de valider la clé. Le programme quittera alors cette routine de saisie, et s'attachera à l'élimination des espaces du texte de la clé, afin de n'obtenir plus qu'une suite de lettres majuscules. Cette fonction est assurée par les lignes de 590 à 730. Le résultat de ce traitement sera mémorisé dans le tableau N\$, et affiché à l'écran pour contrôle.

Ensuite, le programme demandera qu'on lui précise le type de tâche qu'il devra exécuter : codage ou décodage. Dans les deux cas, il sera possible de saisir le texte à la

main. Cependant, pour un décodage, une sous-routine annexe pourra être utilisée pour la lecture directe sur la disquette. Dans tous les cas, et que le texte soit codé ou non, ce dernier sera mémorisé dans le tableau T\$. On utilisera ensuite la sous-routine de codage ou de décodage.

Cette dernière est comprise entre les lignes 890 et 1470 du programme. Elle pioche les caractères composant le texte, un par un, dans le tableau T\$. Parallèlement, elle prend une lettre dans N\$, effectue la somme des valeurs ASCII

de ces deux caractères, soustrait 65, et remplace le nouveau caractère ainsi obtenu dans T\$ en lieu et place de celui d'origine. Au fur et à mesure de cette opération le nouveau contenu de T\$ viendra remplacer, sur l'écran, le texte d'origine. Dès que le codage est entamé, le texte d'origine s'efface progressivement de la mémoire de la machine ; il est possible d'y accéder en utilisant la sous-routine de décodage.

Après un codage, ou un décodage, le programme demandera si l'on souhaite le réutiliser. En cas

```

▶ 910 LOCATE 2,20: PRINT CHR$(219);;" TAPPEZ VOTRE
MESSAGE EN CLAIR S.V.P. ";CHR$(2
19)
920 LOCATE 3,20: PRINT CHR$(219);;" PUIS VALIDE
Z LE PAR 'ENTREE' POUR ";CHR$(2
19)
930 LOCATE 4,20: PRINT CHR$(219);;" POUR EF
FECTUER SON CODAGE. ";CHR$(2
19)
940 LOCATE 5,20: PRINT STRING$(40,223)
950 LET XT=1:LET YT=6:LET NBC=1
960 LOCATE YT,XT:PRINT CHR$(95);CHR$(32)
970 LET K$=INKEY$: IF K$="" THEN GOTO 970
980 LET K=ASC(K$): IF (K<32 OR K>90) AND K>8 AN
D K<>13 THEN GOTO 970
990 IF K=13 THEN GOTO 1130
1000 IF K>8 THEN GOTO 1050
1010 LET NBC=NBC-1: LET XT=XT-1:IF XT=0 AND YT>6
THEN LET YT=YT-1: LET XT=80: IF
YT<23 THEN LOCATE YT+1,1:PRINT " "
1020 IF XT=0 AND YT=6 THEN LET XT=1:PRINT CHR$(7
):LET NBC=1
1030 LET T$(NBC)=""":GOTO 960
1040 GOTO 970
1050 IF NBC=1361 THEN LOCATE 1,1: PRINT CHR$(7):
GOTO 970
1060 LOCATE YT,XT: PRINT CHR$(K)
1070 LET T$(NBC)=CHR$(K)
1080 LET NBC=NBC+1
1090 LET XT=XT+1
1100 IF XT=81 THEN LET YT=YT+1:LET XT=1
1110 IF YT=24 THEN LET YT=23
1120 GOTO 960
1130 LOCATE 2,20: PRINT CHR$(219);STRING$(38,32)
;CHR$(219)
1140 LOCATE 3,20: PRINT CHR$(219);;" COD
AGE EN COURS ... ";CHR$(2
19)
1150 LOCATE 4,20: PRINT CHR$(219);STRING$(38,32)
;CHR$(219)
1160 LET XCD=1:LET YCD=6:LET NCC=1: LET NKC=1
1170 LET KCDS=T$(NCC): LET CCDS=N$(NKC)
1180 IF CCDS="" THEN LET NKC=1:GOTO 1170
1190 IF KCDS="" THEN GOTO 1290
1200 LET LA=ASC(KCDS): LET LB=ASC(CCDS)
1210 LET LC=(LA+LB)-65
1220 LOCATE YCD,XCD: PRINT CHR$(LC)
1230 LET T$(NCC)=CHR$(LC)
1240 LET NCC=NCC+1: LET NKC=NKC+1
1250 IF NCC=1361 THEN GOTO 1290
1260 LET XCD=XCD+1
1270 IF XCD=81 THEN LET YCD=YCD+1:LET XCD=1
1280 GOTO 1170
1290 LOCATE 3,20: PRINT CHR$(219);;" CODAGE TERM
IE. TAPER UNE TOUCHE SVP. ";CHR$(2
19)
1300 IF INKEY$="" THEN GOTO 1300

```

```

1310 LOCATE 2,20: PRINT CHR$(219);;" POUR SAUVEGA
RDER CE TEXTE TAPER 'S'; ";CHR$(2
19)
1320 LOCATE 3,20: PRINT CHR$(219);;" VERIFIER QUE
LE LECTEUR A EST PRET. ";CHR$(2
19)
1330 LOCATE 4,20: PRINT CHR$(219);;" SINON TAPE
R UNE TOUCHE QUECONQUE. ";CHR$(2
19)
1340 LET K$=INKEY$: IF K$="" THEN GOTO 1340
1350 IF K$="S" THEN GOSUB 1930
1360 LOCATE 7,10: PRINT STRING$(60,220)
1370 LOCATE 8,10: PRINT CHR$(219);STRING$(58,32)
;CHR$(219)
1380 LOCATE 9,10: PRINT CHR$(219);;" POUR
SAISIR UN AUTRE MESSAGE OU EFFEC
TUEUR ";CHR$(219)
1390 LOCATE 10,10: PRINT CHR$(219);;" UN AUTRE DECODAGE TAPER 'A'.
";CHR$(219)
1400 LOCATE 11,10: PRINT CHR$(219);STRING$(58,32)
;CHR$(219)
1410 LOCATE 12,10: PRINT CHR$(219);;" POUR QUITTER
CE PROGRAMME ET REVENIR AU MS D
OS TAPER 'Q'. ";CHR$(219)
1420 LOCATE 13,10: PRINT CHR$(219);STRING$(58,32)
;CHR$(219)
1430 LOCATE 14,10: PRINT STRING$(60,223)
1440 LET K$=INKEY$
1450 IF K$="A" THEN GOTO 10
1460 IF K$="Q" THEN SYSTEM
1470 GOTO 1440
1480 REM ****
1490 REM *
1500 REM * SOUS ROUTINE DE DECODAGE. *
1510 REM *
1520 REM ****
1530 LOCATE 7,10: PRINT STRING$(60,220)
1540 LOCATE 8,10: PRINT CHR$(219);STRING$(58,32)
;CHR$(219)
1550 LOCATE 9,10: PRINT CHR$(219);;" POUR CHARGER
UN MESSAGE DEPUIS UNE DISQUETTE
TAPER 'D'. ";CHR$(219)
1560 LOCATE 10,10: PRINT CHR$(219);;" LE LECTEUR
'A' SERA UTILISE. ASSUREZ VOUS Q
U' IL EST PRET ";CHR$(219)
1570 LOCATE 11,10: PRINT CHR$(219);STRING$(58,32)
;CHR$(219)
1580 LOCATE 12,10: PRINT CHR$(219);;" POUR SAI
SIR DIRECTEMENT UN MESSAGE CODE
TAPER 'S'. ";CHR$(219)
1590 LOCATE 13,10: PRINT CHR$(219);STRING$(58,32)
;CHR$(219)
1600 LOCATE 14,10: PRINT STRING$(60,223)
1610 LET K$=INKEY$
1620 IF K$<>"S" AND K$<>"D" THEN GOTO 1610
1630 IF K$="S" THEN GOSUB 2280

```

de réponse affirmative, il rebouclera sur lui même. Attention cependant, car cette opération provoque l'effacement du texte précédemment traité ainsi que sa clé.

Dans le cas contraire, il suffira de taper "Q", et l'on retournera sous MS DOS. Notons que, pour l'Amstrad, l'instruction "SYSTEM" de la ligne 1460 devra être remplacée par "CALL 0". Sa nouvelle syntaxe sera donc : [1460 IF K\$ = "Q" THEN CALL 0]

Ceci provoquera le retour au Basic Locomotive.

Henri-Pierre Penel

```

1640 IF K$="D" THEN GOSUB 2040
1650 LOCATE 1,20: PRINT STRING$(40,220)
1660 LOCATE 2,20: PRINT CHR$(219);STRING$(38,32)
;CHR$(219)
1670 LOCATE 3,20: PRINT CHR$(219);;" POUR LE DE
CODAGE TAPER UNE TOUCHÉ. ";CHR$(219)
1680 LOCATE 4,20: PRINT CHR$(219);STRING$(38,32)
;CHR$(219)
1690 LOCATE 5,20: PRINT STRING$(40,223)
1700 IF INKEY$="" THEN GOTO 1700
1710 LOCATE 3,20: PRINT CHR$(219);;" DEC
ODAGE EN COURS... ";CHR$(219)
1720 LET XCD=1:LET YCD=6:LET NCC=1: LET NKC=1
1730 LET KCD$=T$(NCC): LET CCD$=N$(NKC)
1740 IF CCD$="" THEN LET NKC=1:GOTO 1730
1750 IF KCD$="" THEN GOTO 1850
1760 LET LA=ASC(KCD$): LET LB=ASC(CCD$)
1770 LET LC=(LA-LB)+65
1780 LOCATE YCD,XCD: PRINT CHR$(LC)
1790 LET T$(NCC)=CHR$(LC)
1800 LET NCC=NCC+1: LET NKC=NKC+1
1810 IF NCC=1361 THEN GOTO 1850
1820 LET XCD=XCD+1
1830 IF XCD=81 THEN LET YCD=YCD+1:LET XCD=1
1840 GOTO 1730
1850 LOCATE 3,20: PRINT CHR$(219);;" DECODAGE T
ERMINE.TAPEZ UNE TOUCHÉ. ";CHR$(219)
219)
1860 IF INKEY$="" THEN GOTO 1860
1870 GOTO 1360
1880 REM ****
1890 REM * *
1900 REM * SOUS ROUTINE ECRITURE MESSAGE CODE *
1910 REM * *
1920 REM ****
1930 OPEN "o",#1,"a:codage"
1940 FOR I=1 TO 1360
1950 WRITE #1,T$(I)
1960 NEXT I
1970 CLOSE
1980 RETURN
1990 REM ****
2000 REM * *
2010 REM * SOUS ROUTINE LECTURE MESSAGE CODE. *
2020 REM * *
2030 REM ****
2040 LOCATE 3,20: PRINT CHR$(219);;" CHARGEME
NT DU MESSAGE EN COURS. ";CHR$(219)
219)
2050 OPEN "i",#1,"a:codage"
2060 FOR I=1 TO 1360
2070 INPUT #1,T$(I)
2080 NEXT I
2090 CLOSE

```

La France compte aujourd'hui 700 000 enfants sourds ou malentendants. L'association "Les enfants du silence" a pour objectif de réunir l'argent nécessaire pour équiper en micro-ordinateurs et logiciels spécialisés les 160 écoles accueillant ces enfants. Un tel matériel existe mais sa mise en place exige des investissements financiers importants.

Cinq éditeurs français de logiciels se sont regroupés pour lancer sur le marché une compilation de cinq jeux.

LES ENFANTS DU SILENCE

L'ensemble des bénéfices de cette vente sera reversé à l'association. Cet argent sera utilisé pour doter les écoles de matériel informatique performant indispensable à la progression de ces jeunes sourds.

Ces jeux sont disponibles au rayon micro-informatique des grandes surfaces, ainsi que dans les magasins spécialisés, sous les formats suivants : Amstrad CPC et CPC+ ; Atari ST et STE, 520, 1040 ; Amiga 500, 1000, 2000 ; PC ou compatibles. Prix 299 F.

```

2100 LET XRD=1:LET YRD=6:LET NRC=1:CLS
2110 LOCATE 1,20: PRINT STRING$(40,220)
2120 LOCATE 2,20: PRINT CHR$(219);STRING$(38,32)
;CHR$(219)
2130 LOCATE 3,20: PRINT CHR$(219);;" POUR LE DEC
ODAGE TAPER UNE TOUCHÉ. ";CHR$(219)
2140 LOCATE 4,20: PRINT CHR$(219);STRING$(38,32)
;CHR$(219)
2150 LOCATE 5,20: PRINT STRING$(40,223)
2160 LET CRD$=T$(NRC)
2170 LOCATE YRD,XRD:PRINT CRD$
2180 LET XRD=XRD+1: LET NRC=NRC+1
2190 IF T$(NRC)="" OR NRC=1361 THEN GOTO 2220
2200 IF XRD=81 THEN LET YRD=YRD+1:LET XRD=1
2210 GOTO 2160
2220 RETURN
2230 REM ****
2240 REM *
2250 REM * SOUS ROUTINE DE DECODAGE. *
2260 REM *
2270 REM ****
2280 CLS
2290 LOCATE 1,20: PRINT STRING$(40,220)
2300 LOCATE 2,20: PRINT CHR$(219);;" SAISISSEZ
LE MESSAGE CODE S.V.P. ";CHR$(219)
2310 LOCATE 3,20: PRINT CHR$(219);;" PUIS VALID
EZ LE PAR 'ENTREE' POUR ";CHR$(219)
2320 LOCATE 4,20: PRINT CHR$(219);;" POUR EF
FECTUER SON DECODAGE. ";CHR$(219)
2330 LOCATE 5,20: PRINT STRING$(40,223)
2340 LET XT=1:LET YT=6:LET NBC=1
2350 LOCATE YT,XT:PRINT CHR$(95);CHR$(32)
2360 LET K$=INKEY$: IF K$="" THEN GOTO 2360
2370 LET K=ASC(K$): IF (K<32 OR K>90) AND K>8 A
ND K>>13 THEN GOTO 2360
2380 IF K=13 THEN RETURN
2390 IF K>8 THEN GOTO 2440
2400 LET NBC=NBC-1: LET XT=XT-1:IF XT=0 AND YT>6
THEN LET YT=YT-1: LET XT=60: IF
YT<23 THEN LOCATE YT+1,1:PRINT " "
2410 IF XT=0 AND YT=6 THEN LET XT=1:PRINT CHR$(7):
LET NBC=1
2420 LET T$(NBC)="" :GOTO 2350
2430 GOTO 2360
2440 IF NBC=1361 THEN LOCATE 1,1: PRINT CHR$(7):
GOTO 2360
2450 LOCATE YT,XT: PRINT CHR$(K)
2460 LET T$(NBC)=CHR$(K)
2470 LET NBC=NBC+1
2480 LET XT=XT+1
2490 IF XT=81 THEN LET YT=YT+1:LET XT=1
2500 IF YT=24 THEN LET YT=23
2510 GOTO 2350

```

La porte ! s'il vous plaît

ELECTRONIQUE AMUSANTE



Ce petit montage, réalisable par tout débutant, sauvera peut-être le contenu de votre congélateur.

Nous vous proposons ce mois-ci de réaliser un petit montage utilitaire qui vous évitera, peut-être, de jeter le contenu de votre réfrigérateur ou de votre congélateur à la poubelle. En effet, en cette période de grande chaleur, laisser ouverte la porte d'un tel appareil se soldé généralement par une catastrophe. Notre réalisation, facilement logeable dans un petit boîtier en plastique (de la taille d'une grosse boîte d'allumettes), et alimenté par pile, émettra un "bip" dès ouverture de la porte. Cela afin d'éviter tout oubli ou mauvaise fermeture.

130

Le principe de fonctionnement de notre montage est des plus simples : l'ouverture de la porte d'un réfrigérateur provoquant systématiquement l'éclairage d'une ampoule, une cellule photosensible détectera cet éclairage, et commandera la mise en route d'un oscillateur chargé de générer une tension alternative. Un haut-parleur de faibles dimensions émettra alors le signal sonore.

Signalons que tous les congélateurs ne sont pas équipés d'un dispositif d'éclairage. Cependant, la lumière ambiante fournira l'éclairage suffisant à la cellule pour dé-

clencher le dispositif — le seul cas où il resterait parfaitement inefficace serait celui où vous viendriez piller le contenu du congélateur en pleine nuit, sans allumer la lumière... Cas qui ne correspond pas vraiment à une utilisation normale de l'appareil !

Passons maintenant à l'étude de notre montage. Son cœur, l'oscillateur, sera réalisé à l'aide d'un circuit intégré du type NE 555 (lequel nous est maintenant familier). Nous trouverons à ses côtés les résistances et le condensateur chargés de fixer sa fréquence d'oscillation. Pour commander sa mise en route, nous utiliserons la broche numéro 4. Un transistor amplifiera les variations de tension résultant des modifications de l'intensité lumineuse que reçoit la cellule photo-sensible, afin de leur donner une amplitude suffisante. Ce dernier sera directement relié à la patte numéro 4 du circuit intégré, pour assurer sa mise en route ou son arrêt. La liaison entre le circuit intégré et le haut-parleur s'effectuera par l'intermédiaire d'un condensateur chimique. Le rôle de ce dernier est de supprimer la composante continue du signal délivré par l'oscillateur et, par voie de conséquence, de diminuer fortement la consommation électrique du montage ; point important lorsque l'on utilise des piles en tant que source d'alimentation.

Le câblage de ce montage, étant donné le faible nombre de composants qu'il requiert pour sa réalisation, est extrêmement simple. Il s'agira donc d'une réalisation à laquelle les débutants pourront s'attaquer sans risque. Cependant, il faudra prendre soin de couper l'ensemble des bandes conductrices de la plaquette de câblage sous le circuit intégré, ainsi qu'aux emplacements mentionnés sur le schéma de câblage.

De même, on veillera à respecter le brochage du circuit intégré et du transistor, et la polarité des condensateurs chimiques. Une fois ce câblage terminé, la pile sera mise en place. En lumière ambiante l'émission du bip devra être immédiate. En masquant la cellule, ou en passant dans une pièce obscure, celui-ci devra s'interrompre. Après avoir effectué ce petit test, on pourra procéder à son installation, et ce, en n'importe quel endroit du

IMPLANTATION DES COMPOSANTS

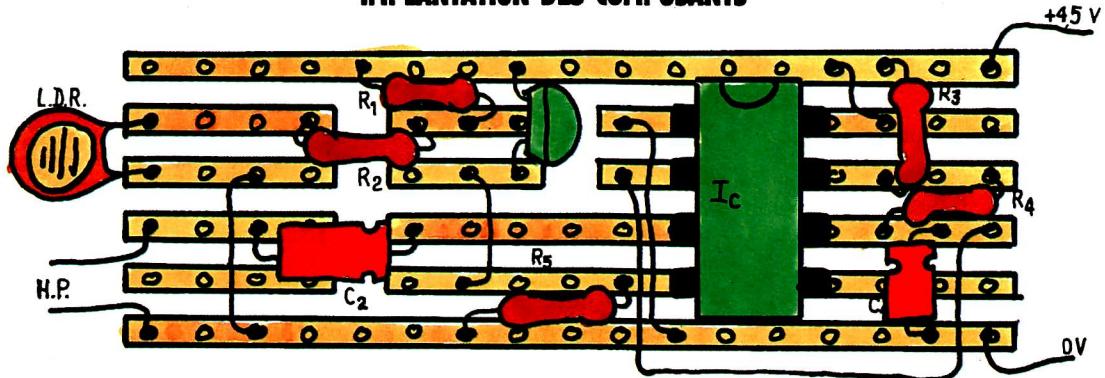
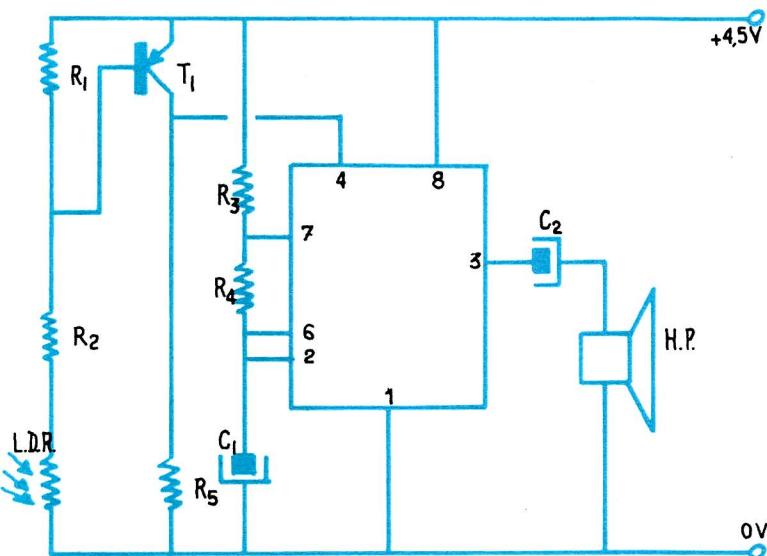


SCHÉMA ÉLECTRIQUE



NOMENCLATURE

R₁ = 220 kilohms (rouge, rouge, jaune, or)

R₂ = 220 Ohms (rouge, rouge, brun, or)

R₃ = 220 Ohms (rouge, rouge, brun, or)

R₄ = 220 Ohms (rouge, rouge, brun, or)

R₅ = 22 kilohms (rouge, rouge, orange, or)

C₁ = 1 microfarad

C₂ = 47 microfarad

I_c = NE 555

T₁ = 2N 3905

LDR = photorésistance L.D.R.

HP = haut-parleur diamètre 50 mm

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.

Un logiciel routeur pour réaliser les circuits imprimés.

De très nombreux lecteurs nous demandent régulièrement si des schémas de circuits imprimés existent pour nos réalisations. Etant donné le caractère d'initiation de cette rubrique nous nous sommes toujours volontairement limités à les exécuter sur plaquettes de câblage. Cette solution offre en effet l'avantage de ne nécessiter aucun matériel spécifique pour son utilisation. Cependant nous avons testé un logiciel routeur qui nous a paru particulièrement convivial et bien adapté pour les amateurs, notamment en raison de son faible prix. Il permet néanmoins la réalisation de circuits imprimés multicouches à partir de la saisie du schéma théorique du montage et peut être utilisé sur tout PC ou compatible.

Pour tout renseignement contacter Layo France Sarl, Château Garache, 83400 Hyères. Tél. : (16) 94 28 22 59

réfrigérateur ou du congélateur.

Tout boîtier pourra être utilisé pour son habillage. Si celui-ci est opaque il faudra alors ménager un trou devant la cellule. De même on le perforera devant le haut-parleur.

Pour terminer notons que la plupart des piles ordinaires ne fonctionnent pas correctement en deçà d'une température de -18°C. Les piles alcalines semblent être moins affectées par le froid, et leur durée est nettement supérieure.

Henri-Pierre Penel

Persée et les Perséides

JOURNAL DE L'ASTRONOME

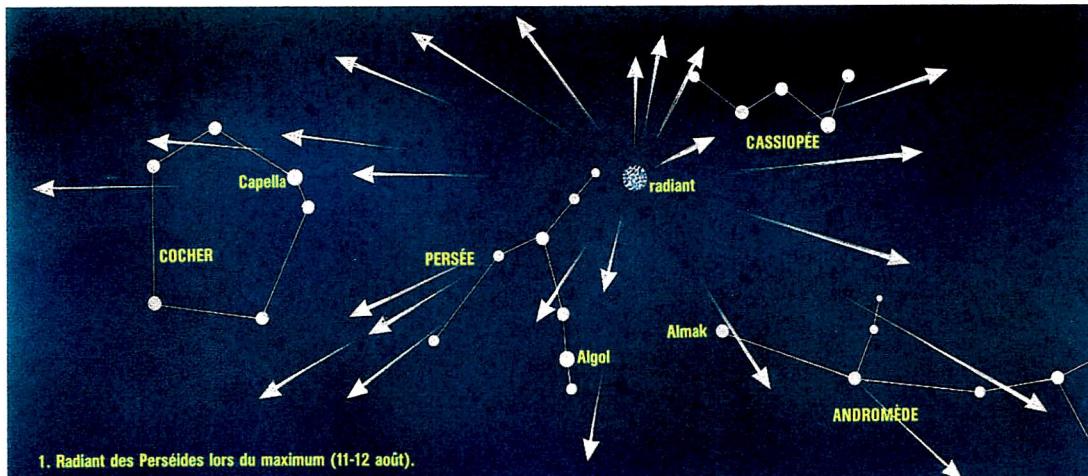
La constellation de Persée se situe dans le prolongement d'Andromède, en pleine Voie lactée. Elle renferme de très beaux objets célestes, dont des amas ouverts, comme le double amas, et des nébuleuses California, entre autres, qui comptent parmi les plus intéressants. Mais cette constellation est surtout connue en raison de l'essaim d'étoiles filantes qui y niche son radiant, et qui lui doit son nom : l'essaim des Perséides. **Les larmes de Saint-Laurent.** Il y a plus de deux siècles, les catholi-

nètrent dans l'atmosphère terrestre, sous l'effet de la vitesse, elles s'échauffent jusqu'à devenir incandescentes et, pour les plus importantes, visibles à l'œil nu. Il s'agit là de ce que l'on appelle un météore ou, dans le langage populaire, "étoile filante".

Les météores sont observables tout au long de l'année, sans qu'un mois soit plus favorable qu'un autre. Pourtant, à certaines dates, comme le 10 août, on note une nette recrudescence du phénomène. On parle alors d'essaim d'étoi-

les filantes. Cela est dû à l'origine des poussières en question, qui proviennent des résidus d'une comète. En effet, à chacun de ses passages à proximité du Soleil, une comète perd une fraction de la masse de son noyau sous l'effet du rayonnement de l'astre central. Une partie de cette masse perdue est constituée de gaz, l'autre de poussières. Si les gaz se diluent petit à petit dans l'espace, les poussières, animées du mouvement de la comète, continuent à parcourir l'orbite de celle-ci.

Au fil des années et des siècles, elles se répartissent sur toute l'orbite. Si, par le hasard de la mécanique céleste, la Terre traverse l'orbite d'une comète, elle rencontrera alors une densité plus importante

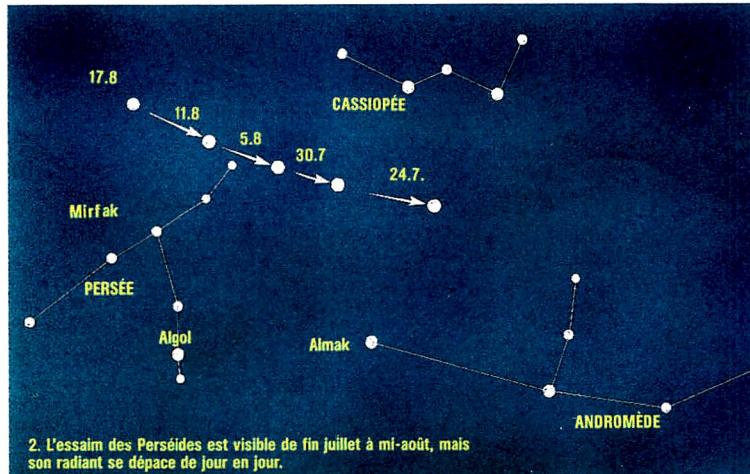


1. Radiant des Perséides lors du maximum (11-12 août).

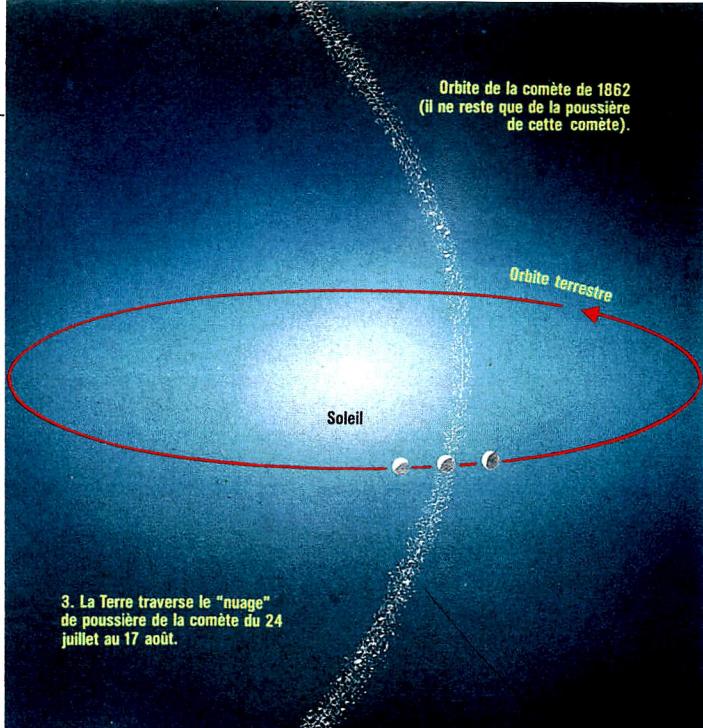
ques irlandais avaient remarqué que, vers le 10 août, on observait un très grand nombre d'étoiles filantes, pouvant parfois avoir l'aspect d'une pluie. Comme la fête de Saint-Laurent a lieu le 10 de ce mois, ils virent dans cette manifestation céleste le rappel des larmes que le saint aurait versées pendant son martyre.

Les astronomes d'aujourd'hui ne parlent plus des "larmes de Saint-Laurent", mais de l'essaim des Perséides (*figure 1*).

De quoi s'agit-il ? Le phénomène est maintenant bien connu. La Terre, dans son mouvement orbital, rencontre constamment des particules de poussière pierreuse ou ferreuse. Lorsque celles-ci pén-



2. L'essaim des Perséides est visible de fin juillet à mi-août, mais son radiant se déplace de jour en jour.



3. La Terre traverse le "nuage" de poussière de la comète du 24 juillet au 17 août.

de poussières, donnant naissance à un essaim. Cela se reproduira ainsi chaque année à la même période. Notons au passage que, suivant le cas, les poussières peuvent être réparties régulièrement tout au long de l'orbite — par exemple pour une comète récente, les pluies d'étoiles filantes étant d'intensité égale d'une année sur l'autre — ou, au contraire, irrégulièrement, avec des zones de plus grande concentration — dans ce dernier cas, l'essaim sera plus important certaines années.

Un effet de perspective. Lorsqu'on a la chance d'observer une pluie d'étoiles filantes, ou si l'on reporte sur une carte céleste les trajectoires des météores d'un même essaim, il semble que toutes les trajectoires proviennent d'un même point du ciel. Ce point, fictif, est nommé le radiant. C'est son emplacement qui donne d'ailleurs le nom à l'essaim.

Par exemple, celui du 10 août, étant situé à 7 degrés au nord-ouest d'Algol, dans la constellation de Persée, est appelé essaim des Perséides. Mais la convergence des trajectoires des météores en un même point n'est qu'une illusion d'optique. Rappelez-vous la dernière fois que, en voiture, vous avez roulé à vive allure sous la pluie, toutes les gouttes d'eau semblaient provenir d'un point situé en avant du capot. Dans le cas des essaims d'étoiles filantes, le phénomène est identique. Mais dans l'espace, les trajectoires réelles sont strictement parallèles.

D'ailleurs, une des solutions pour être à peu près sûr qu'un météore appartient à un essaim, consiste à reporter sa trajectoire sur une carte pour vérifier qu'elle passe par le radiant supposé. Mais attention, le radiant indiqué est un radiant moyen, correspondant au maximum d'intensité de l'essaim car, dans la réalité, pendant toute la période de visibilité, il se déplace. Cela provient du déplacement de la Terre à travers le nuage de poussières cométaires.

Pour les Perséides, il se situe dans Cassiopée au début de la période, à la fin du mois de juillet, et se trouve dans la Girafe vers le 20 août (*figure 2*).

Une comète-mère perdue. L'essaim des Perséides a été observé bien avant qu'on en connaisse l'ori-

gine. Les plus anciennes observations sont signalées en Chine, en l'an 268, tandis que les relevés systématiques ont été entrepris en 1779 ! Ce n'est que dans la deuxième moitié du 19^e siècle qu'on soupçonna l'origine cométaire des essaims. Nous devons à Schiaparelli, l'astronome qui s'illustra par ailleurs avec l'observation des canaux de Mars, l'identification de la comète-mère des Perséides. Il s'agit d'une comète découverte le 15 juillet 1862 par Swift et Tuttle. Le périhélie de cette comète se situe à proximité de l'orbite terrestre, ce qui expliquerait l'importance de cet essaim. Mais cette comète reste bien mystérieuse. En effet, les calculs effectués lors de sa découverte indiquaient une période de 120 ans ; on attendit donc avec attention son retour en 1882. Hélas, la comète n'était pas au rendez-vous !

Marsden, qui est un astronome spécialiste des comètes, reprit les observations de l'époque. Ses calculs confirmaient les caractéristiques générales de l'orbite, à l'exception de la période, la portion de trajectoire observée en 1862 étant trop faible pour effectuer un calcul précis. En fait, la période pourrait atteindre 127 ans. L'année 1991 verra-t-elle le retour de la comète Swift-Tuttle ? Seule la patience nous apportera la réponse, et peut-être une meilleure con-

naissance de l'essaim des Perséides (*figure 3*).

Les Perséides en 1991. Constituées de poussières dont la masse est comprise, pour la plupart, entre le centigramme et le milligramme, les Perséides ont une magnitude moyenne de 2, soit l'éclat de l'étoile polaire. Elles deviennent visibles à environ 130 km d'altitude pour terminer leur combustion vers 90 km. Leur vitesse moyenne de 70 km/s en fait des météores rapides, dont l'apparition est très souvent inférieure à la seconde.

La période de visibilité s'étend du 20 juillet au 22 août, mais les chances d'observation d'une véritable "pluie" se situent entre le 9 et le 13 août, le maximum ayant lieu, à notre époque, le 12 vers deux heures, heure légale.

De plus, cette année la visibilité maximale aura lieu deux jours après la nouvelle lune. Notre satellite ne générera donc pas sa clarté ni l'observation des météores.

Dans les années passées, on a assisté à de très belles "pluies" : en 1969, 1970, 1977, 1978, 1980 et 1981. Depuis cette date, le nombre de météores observés est très variable. Il semblerait que l'essaim soit déclinant, d'où l'intérêt d'une observation attentive pour infirmer ou confirmer cette hypothèse. **Observation.** Visuellement, aucun matériel n'est nécessaire, le mieux étant encore de s'allonger sur le



sol ou dans une chaise longue pour avoir une vision "panoramique" du ciel. Ceux qui connaissent bien les constellations pourront essayer de reporter les trajectoires observées sur une carte au cours de l'observation. L'indication de l'heure et de la durée est intéressante pour comparer différentes observations. Sinon, un comptage du nombre de météores observés par tranche horaire est une opération simple, à la

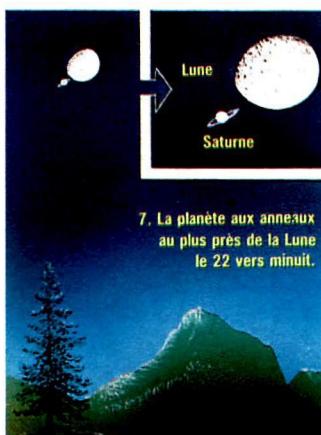
30 degrés avec la direction au zénith. On réalisera alors des poses de 15 à 20 minutes. Avec un peu de chance, un météore suffisamment brillant traversera le champ de l'appareil et se "photographiera" tout seul. Sur le cliché, les étoiles auront tracé des traînées parallèles, tandis que le ou les météores se distingueront par des traits obliques.

Le ciel en août 1991. Les planètes



portée de tous, et utile pour une meilleure connaissance de l'espace.

Il est également possible de photographier les météores. Là, ce n'est qu'une affaire de chance et de patience. La technique est facile. Utilisez un boîtier 24 x 36 muni d'un objectif grand angle, focale de 35 mm à 24 mm. Le diaphragme sera ouvert au maximum : 2,8 ; 2 ou 1,4 (l'idéal). Un déclencheur souple deux temps permettra les poses longues. Le film noir et blanc ou diapositive aura une sensibilité de 100 à 400 ASA. L'appareil fixé sur un trépied stable sera pointé vers le zénith ou selon un angle de



les vedettes du système solaire brilleront par leur absence dans le ciel du mois d'août.

En effet, Mercure et Vénus approchent de leur conjonction inférieure, c'est-à-dire qu'elles se situent entre la Terre et le Soleil, position qu'elles atteindront respectivement le 21 et 22. Elles sont donc quasiment inobservables.

On tentera, toutefois, de localiser le 7, quelques minutes après le coucher du Soleil, alors que deux degrés à peine les séparent. De même, le 11, vers 21h15 légales (soit une trentaine d'heures après la nouvelle lune), on essaiera de repérer un très fin croissant lunaire, accompagné des deux planètes les plus proches du Soleil (*figure 4*).

A l'inverse des deux planètes précédentes, Jupiter se trouve de l'autre côté du Soleil par rapport à nous. Elle sera à sa conjonction supérieure le 17 août et, donc, inobservable pendant cette période. Elle réapparaît timidement à la fin du mois, où on tentera de la distinguer, en compagnie de Mercure et Vénus, un quart d'heure avant le lever du Soleil, vers l'est à l'azimut 74° (*figure 5*).

Mars est encore visible, peu de temps après le coucher du Soleil. Elle sera en conjonction avec un fin croissant lunaire le 12. Mais la planète rouge est bien loin de nous et son diamètre apparent de moins de trois secondes d'arc n'autorise pas l'observation de sa surface (*figure 6*).

Saturne sauve la situation puisque la planète aux célèbres anneaux reste bien visible toute la nuit. Les débutants la localiseront sans peine lors de sa conjonction avec notre satellite le 22 vers minuit (*figure 7*). Yves Delaye

ABONNEZ-VOUS DES AUJOURD'HUI

PANORAMA DE LA PRESSE SCIENTIFIQUE



12 NUMEROS DE SCIENCE & VIE / MENSUEL

Leader européen de la presse scientifique

Chaque mois, SCIENCE & VIE vous entraîne dans un passionnant voyage au cœur de l'actualité scientifique.

A lire chaque mois pour savoir avant les autres comment vous vivrez demain.

Prix de vente en kiosque : 240 F



4 HORS SERIE "THEMATIQUES" DE SCIENCE & VIE / TRIMESTRIELS

Tous les trois mois, un numéro hors série fait le point complet sur un grand sujet de notre temps.

Pour tout savoir et bien comprendre notre environnement.

Prix de vente en kiosque : 100 F



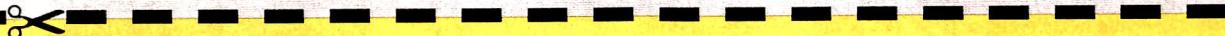
6 HORS SERIE "LES CAHIERS" DE SCIENCE & VIE / BIMESTRIELS

Une collection de six revues* traitant chacune d'un grand sujet scientifique ayant donné lieu à de vastes et parfois violentes controverses. Construits comme des enquêtes, parfaitement documentés et richement illustrés, ces CAHIERS vous plongent dans le contexte de l'époque pour éclairer d'un jour nouveau la grande saga de la science. Voir page 54.

Prix de vente en kiosque : 180 F

* Déjà parus : Naissance de l'aviation, Galilée, La dérive des continents. A paraître : Pasteur, Fresnel & Arago, Darwin.

22 NUMEROS / 122F DE REDUCTION



BULLETIN D'ABONNEMENT

A retourner avec votre règlement à SCIENCE & VIE 1, rue du Colonel Pierre Avia 75 503 Paris cedex 15

OUI je souhaite profiter de l'offre complète SCIENCE & VIE (12 N° SCIENCE & VIE, 4 Hors série "Thématiques", 6 N° Hors Série "LES CAHIERS" au tarif de 398F seulement
(au lieu de 520 F, prix de vente au numéro).

- Ci-joint mon règlement de 398F à l'ordre de SCIENCE & VIE-BRED.

S&V 887 CHEU

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Date de naissance _____ Signature _____

OFFRE VALABLE JUSQU'AU 31 / 12 / 91 ET RESERVEE A LA FRANCE METROPOLITAINE

LIVRES

Dominique Terré-Fornacciari
Les Sirènes de l'irrationnel
Albin Michel, 320 p., 140 F.

Sous-titré "Quand la science touche à la mystique", l'ouvrage ne pouvait laisser de nous intéresser. Il manquait, en effet, un ouvrage qui traitât de la tentation mystique qui saisit tant de savants. Pour situer le débat, rappelons donc que, depuis quelques décennies, nombre de physiciens, mathématiciens, épistémologues ont délaissé la méthode scientifique, qui consiste à observer et expérimenter la nature pour en tirer des éléments de loi ; ils se sont lancés, par exemple, dans des spéculations invérifiables, sur la nature particulière éventuelle de la télépathie, ou bien ils ont rejeté totalement la raison et la logique comme instruments de recherche.

Dominique Terré-Fornacciari expose les sources lointaines de la tentation. Elle remonte ainsi : à un Camille Flammarion, astronome et pourtant chantre du spiritisme ; à un Henri Bergson, qui postula des idées hélas floues sur les "fantômes de vivants" et recommanda la "recherche psychique" (c'est-à-dire parapsychique) ; évidemment à Teilhard de Chardin, mais elle ne dédaigne pas de se référer à Hegel. On la suit parfois avec intérêt, quelquefois avec peine. C'est ainsi que la très longue première partie, intitulée "les Noces d'Apollon", voudrait démontrer que l'harmonie désirable dans l'être humain procéderait de l'union des apolliniens, froids et raisonnables, aux dionysiens, prompts à s'enivrer et à déraisonner. Le sous-entendu est que le destin des savants serait de s'allier aux gens illogiques. Certes, l'auteur le dit avec bien plus de subtilité que cela, mais enfin, c'est son propos et nous ne disposons

pas de l'espace qu'elle consacre à ce thème.

Or, celui-ci est peu convaincant. La distinction entre l'esprit d'Apollon et celui de Dionysos, qui fut établie il nous semble par Nietzsche en premier lieu (et certes pas par Gérard Holton, auquel se réfère l'introduction), ne se résume pas à un antagonisme entre la logique froide et réductionniste des apolliniens et la subjectivité lyrique des dionysiens, comme voudrait le croire l'auteur. Les Grecs, qui interprétaient le monde, et pas si mal que semblent le croire tant de contemporains, avaient élü un dieu qui est celui de la rigueur lucide, qu'on peut voir de nos jours à l'œuvre dans la constitution des cristaux, par exemple, et un autre, qui est celui du désordre, qu'on peut également observer dans le chaos. Avec leur sagesse, les Grecs avaient voué Dionysos à une fin atroce : il fut démembré par ses propres prêtresses, les Bacchantes. Le mariage entre Apollon et Dionysos est donc aussi impossible qu'un essai chimique de fabrication de cristaux de diamant dans le chaos : ce serait du verre !

Cette précision s'impose ici, parce que la version de la mythologie proposée par Dominique Terré-Fornacciari l'entraîne parfois dans des périples acrobatiques. C'est ainsi qu'elle évoque certain "passage du préscientifique au scientifique", où le préscientifique serait en quelque sorte du demi-cuit attendant de passer au four de la science. De la sorte, l'auteur suggère indirectement que le parapsychique, "dionysien", pourrait finalement trouver des lettres de noblesse "apollinienne". Ainsi, une

expérience parapsychique serait aujourd'hui rejetée comme non scientifique parce que non réitérable, donc vouée au stade éternel de préscientifique, dit-elle en substance. Mais une simulation numérique de la même expérience, elle, permettrait une mise à l'épreuve d'un scénario scientifique donné, donc le passage au scientifique proprement dit. Ce qui est d'une justesse parfaite. Mais ce que l'auteur dit en somme, c'est qu'il n'y a pas de science sans expérience, ce dont personne ne disconviendrait. Mais qui ne change rien au fait qu'une hypothèse est scientifique ou ne l'est pas, selon qu'elle est vérifiée ou pas, et qu'en fin de compte, c'est toujours Apollon-la-science qui gagne !

On s'en voudrait parfois de chercher querelle à Dominique Terré-Fornacciari, car son érudition et la justesse de ses descriptions sont du meilleur niveau. C'est ainsi que, décrivant les positions d'un Feyerabend, auteur d'une théorie anarchiste de la connaissance (dont nous avons dit jadis que c'est là une théorie de la non-connaissance, car un savoir anarchique n'en est pas un), elle conclut à juste titre que cet auteur "dadaïste" ne vise qu'à remplacer le rationnel par l'irrationnel, ce qui nous ferait à tous une belle jambe.

Mais on lui contestera ses vues sur la "vulgarisation scientifique" (termes qui nous ont toujours paru abstrus, car il ne viendrait à l'esprit de personne, par exemple, de dire que *Science & Vie Economie* est une revue de vulgarisation économique, ou que *France-Soir* est un journal de vulgarisation sociologique) quand elle dit, à propos de *Science & Vie*, justement, qu'en France, « l'intérêt pour la science est moins marqué que dans les pays anglo-saxons ». Voire ! Il n'existe pas, en Grande-Bretagne, par exemple, un seul périodique qui atteigne notre tirage !

On lui contestera aussi ses vues désabusées sur les savants qui « peuvent bien avoir l'illusion qu'ils maîtrisent leurs idées et le monde, ce n'est pourtant pas le cas. » Les savants nourrissent-ils vraiment ces illusions ? Et quand bien même, auraient-ils tort ? Le débarquement sur la Lune n'a-t-il pas changé la conscience que les Terriens se font d'eux-mêmes ? Et ne

sont-ils pas les vaccins, par exemple, qui ont modifié le monde en moins d'un siècle ? N'est-ce pas encore la télévision qui a fini par entraîner la chute de régimes de fer ?...

Ouvrage parfois difficile, très riche, et excitant souvent la réflexion.

Gerald Messadié

Harris L. Coulter

Sida et Syphilis :

un lien caché

Maison neuve, 169 p., 98 F.

Théorie clinique : le co-facteur dont le rôle semble de plus en plus indispensable au déclenchement du sida serait le tréponème pâle. L'argumentation clinique est intéressante, jusqu'au moment où l'on lit que « la syphilis-sida peut être transmise sans l'apparition d'un chancre et même sans tréponème ». Une syphilis sans tréponème ? Et le vaccin antityphoïdique contre le sida ?... Aucune argumentation biologique n'est donnée pour étayer de tels dires ! Et l'on se demande si la thèse ne serait pas inspirée par l'obsession ancienne de la syphilis comme source de tous les maux de l'humanité, qui motiva déjà les délires de Hahnemann, le fondateur de l'homéopathie. Il est dommage qu'on écrive et publie des assertions aussi imprudentes.

G.M.

Alain Labrousse

La Drogue, l'Argent

et les Armes

Fayard, 485 p., 140 F.

Ce livre bouscule bien des idées reçues sur la réalité du trafic international de drogue et ses ressorts cachés : ventes d'armes ; guerres ethniques ; enjeux politiques, stratégiques et économiques. Pour mener à bien cette minutieuse enquête, l'auteur a passé plusieurs mois dans les principaux "points chauds" du globe. Un périple qui l'a conduit de la jungle du Triangle d'or (Birmanie, Laos, Thaïlande) aux vallées du Croissant d'Or (Afghanistan, Pakistan) couvertes de champs de pavot, en passant par les plantations de coca péru-

vviennes, boliviennes et colombiennes qui empoisonnent l'Amérique. Mais il a plongé aussi dans l'univers impitoyable de ces "villes véneuses" que sont Miami, Palerme, Medellin et Hong-Kong, plages tournantes du trafic et du recyclage des narco-dollars.

On apprend que les barons de la drogue pakistanais, totalement inconnus du grand public, n'ont rien à envier aux chefs des cartels colombiens qui défraient la chronique ; ils fournissent à eux seuls 80 % de l'héroïne consommée en Europe. Labrousse a visité le palais que l'un d'eux s'est fait construire en plein désert, où même les écuries sont en marbre ! Par ailleurs, dans ce pays miné par les luttes interethniques, certains trafiquants notoires, devenus députés, bénéficient d'une parfaite immunité.

En Birmanie, premier producteur mondial d'héroïne, la situation catastrophique de l'économie a incité le gouvernement à négocier des accords avec les trafiquants pour financer ses achats d'armes. En Amérique latine, ruinée par la chute des prix des matières premières, l'économie de la coca permet aux gouvernements d'acquitter leur dette publique et offre à des millions de paysans les moyens de garder la tête hors de l'eau.

Mais cette collusion entre les réseaux occultes de la drogue et les responsables politiques n'est pas le fait du seul tiers monde. Pendant, et même après la guerre du Vietnam, les responsables de la CIA ont couvert les activités de certains trafiquants qui permettaient de financer des groupes anticomunistes.

Plus près de nous, la Sicile doit sa relative prospérité au trafic international de la drogue et des armes. L'auteur explique comment, après un véritable Yalta de la drogue, les parrains des mafias américaines et siciliennes se sont partagés le marché mondial de l'héroïne à la fin des années 1950. Le jour de cette réunion, un caïd américain a été accueilli à l'aéroport de Palerme par le ministre italien du Commerce extérieur... Ainsi les responsables politiques de ce pays ne peuvent espérer s'implanter dans l'île sans composer avec l'organisation criminelle qui la contrôle, la Costa Nostra, qui réinvestit une part importante de ses fabuleux

bénéfices dans l'Italie toute entière. Lutter contre cet argent sale reviendrait à mettre en péril des pans entiers de l'économie. Le scénario est le même à Miami, où les banques locales proposent leurs bons offices à l'économie souterraine de la cocaïne.

Les politiques de répression menées par les Etats et les programmes de reconversion proposés par les organismes internationaux dans les pays producteurs de drogue souffrent de cette ambiguïté. Le livre d'Alain Labrousse, jette un éclairage saisissant sur cet univers obscur où, consommateurs ou producteurs, tout le monde est impliqué.

Marc Mennessier

Octave Gélinier

L'Éthique des affaires

Seuil, 222 p., 130 F.

L'éthique et les devoirs qu'elle impose débordent-ils les frontières de la vie privée ? Les seules lois des affaires ne seraient-elles pas, dans les strictes limites de la légalité, celles du succès, du chiffre d'affaires et du profit : la loi du plus fort et la loi de la jungle ? Parce que « les affaires sont les affaires » et qu'« on ne fait pas de sentiments en affaire ». Tout n'est-il pas permis dès lors qu'on évite le gendarme ?

Praticien et théoricien de la gestion des entreprises depuis de longues années, Octave Gélinier, qui a conseillé des milliers d'entreprises et formé autant de dirigeants, s'inquiète de cette dégradation rapide, en France, de l'éthique des affaires. Dégradation ponctuée par ces éclats de plus en plus fréquents qui émeuvent l'opinion : corruption et scandales financiers, souvent liés au pouvoir politique. Plus alarmant : ces phénomènes semblent entrés dans les mœurs. « Car, constate l'auteur, si tous les pays ont leurs scandales, la France est la seule nation développée où les opérateurs haut placés sont à l'abri de toute sanction, ce qui crée un climat de cynisme arrogant et permet la dérive actuelle. »

Cet essai est donc un rappel à l'ordre. L'éthique des affaires, qui couvre les relations externes de l'entreprise avec ses clients et

fournisseurs, comme avec les pouvoirs publics, mais aussi les relations internes de l'entreprise elle-même (dirigeants inclus) n'est pas seulement souhaitable, elle est aussi rentable. Parce que la confiance qu'elle engendre auprès de tous ses partenaires (image externe et image interne) est l'âme de l'entreprise et le ressort de son efficacité. Si bien qu'il est payant d'être honnête et soucieux du bien commun.

Il ne s'agit pas là d'affirmations gratuites, mais de constats auxquels Octave Gélinier parvient au terme d'un survol de l'histoire économique d'une part, et d'autre part, de l'analyse d'une mini-enquête effectuée auprès de vingt-cinq entreprises françaises et de dix groupes internationaux.

La conclusion est claire : les chefs d'entreprise français ont tout intérêt à « une réflexion plus attentive sur la dimension éthique de leurs activités ». Et à des « actions plus vigoureuses pour balayer devant leur porte ». Tout le milieu économique s'en trouvera assaini.

Gérard Morice

Christiane Sindig Le Clinidien et le Chercheur

PUF, 284 p., 220 F.

Excellent étude sur la façon dont la science fait avancer les conceptions que le commun et les savants aussi bien se font du monde, du moins dans le domaine de la médecine.

Au XIX^e siècle, les maladies de carence, et notamment le rachitisme, passaient pour des "châtiments du ciel" ou le produit d'infractions à "la loi de la nature", tout comme on l'affirma de la syphilis et qu'aujourd'hui, certains le disent du sida, fort sottement. C'est ainsi qu'un spécialiste de l'"hygiénisme" affirmait pompeusement que les enfants nourris au sein ne sont jamais rachitiques et que c'est le biberon qui est la cause du mal. L'endocrinologie, puis la médecine moléculaire ont clarifié les idées : on sait aujourd'hui qu'il y a des types différents de rachitisme, dus à des causes différentes, où la morale n'a rien à voir. Un livre qui vaut mieux que les bavardages solennels.

G.M.

Walter Schumann Guide des pierres précieuses, pierres fines et pierres ornementales

Delachaux et Niestlé, 256 p., 135 F.

Ce joli petit livre montre, autant qu'il raconte, la gemmologie, à la fois science et art. Galerie minéralogique de poche, il rassemble, répertorie, décrit et reproduit, en 70 planches couleurs, 1 500 pierres précieuses, fines et ornementales. Chacune d'elles est présentée en états de minéral brut et de gemme polie et taillée. A l'intention des amateurs mal informés, il donne non seulement les caractéristiques scientifiques permettant l'identification des pierres, mais aussi celles des pierres synthétiques et d'imitation, grâce auxquelles on dépiste les copies.

Rappel : les pierres précieuses sont le diamant, le rubis, le saphir et l'émeraude. Les pierres fines désignent toutes les autres gemmes transparentes, voire translucides. Les pierres ornementales enfin, translucides ou opaques, sont essentiellement les jades, turquoises, lapis-lazuli, agates et jaspes. Hors de cette classification, il n'y a que copies, toc, faux, imitations. Se méfier comme de la peste du terme pierre semi-précieuse : il est rigoureusement interdit, et ne constitue qu'un emballage verbal chatoyant sans aucune valeur. Le vrai et le beau en la matière, pour 135 francs.

G. Mo.

Gerard Apfeldorfer Je mange, donc je suis

Payot, 329 p., 135 F.

Page 235, c'est-à-dire au-delà des deux tiers de l'ouvrage, on lit : « La prescription diététique semble insuffisante à résoudre le problème pondéral sur le long terme. » Ce qui signifie, en français ordinaire, que le régime ne fait pas toujours maigrir, ni pendant longtemps. On est alors un peu décu, parce qu'on se dit qu'on a lu plus de deux cents pages pour rien. Remède ? « Les techniques cognitivo-comportementales, qui consistent à prendre conscience des situations qui conduisent à manger en

excès. » Cela signifie-t-il que se regarder manger est plus efficace que manger moins ? Pas vraiment, car plus loin, l'auteur signale qu'« un autre volet thérapeutique consiste à entreprendre un travail d'affirmation de soi. » Celle-ci consiste à refuser les aliments qu'on vous offre. C'est-à-dire, à vous remettre au régime... G.M.

Joël de Rosnay

Les rendez-vous du futur

Coédition Fayard/Editions numéro 1, 531 p., 130 F.

Au fil des jours, Joël de Rosnay a commenté l'actualité scientifique à Europe 1. Il a réuni deux cents de ses commentaires en un gros livre qui a le mérite d'être léger, car la radio oblige autant à la clarté qu'à la concision.

Le résultat en est surprenant : c'est un panoramique scintillant de découvertes et de progrès, du téléphone à images et du pot électronique antibruit, à la puce antimoustique, au microbe antipétrole, au "vaccin" antigraffiti, à la lampe écologique...

Comme Rosnay non seulement possède ses sujets à fond, mais encore a l'habitude d'en parler à des gens qui n'en savent pas grand'chose, il a acquis le talent rare de bien résumer des sujets qui sont souvent f...nt compliqués. Ainsi de la bactérie-vaccin : ce serait une bactérie en elle-même inoffensive, mais qui serait garnie à sa surface d'antigènes de virus et d'autres bactéries qui déclenchaient (avec l'aide d'adjuvants) une réaction immunitaire appropriée. Ce n'est pas pour rien qu'il a obtenu le prix de l'information scientifique de l'Académie des sciences.

On ne peut pas dire qu'après avoir lu ce livre on deviendra grand expert, mais on pourra être certain de n'avoir pas manqué grand'chose de ce qui s'est passé en science et en technologie depuis quelque trois ou quatre ans. Et cela, sans efforts intellectuels disproportionnés.

Pareille "boîte de savoir en comprimés" n'est pas commode à trouver sur le marché ; c'est même la seule. Elle devrait connaître un grand succès. Parce que ces comprimés sont aussi des vaccins contre l'ignorance. G.M.

Marina Yaguello

En écoutant parler la langue

Seuil, 125 p., 79 F.

Un petit livre de plus de cette excellente observatrice du langage qu'est Marina Yaguello. Et un joli inventaire des horreurs qu'on entend "dans les médias". Nous étions, au moment de rédiger ces lignes, quelque peu sensibilisés à la persécution du français, après avoir entendu à Radio-Classique une "intervenante" dire que « l'intervention est intervenue au moment où M. X... répondait à l'intervention de Y... ». Exemple des méfaits dont Marina Yaguello dresse procès-verbal : « six pécheurs sont reportés disparus en Irlande. » "Reportés" ! Sur quoi ? Abominable anglicisme, écrit Yaguello, et avec raison. Et d'ailleurs, pourquoi user de la forme passive ? Pour faire neutre ? Et encore : « Laisser pauser une demi-heure », indique le mode d'emploi d'un nouveau produit pour les cheveux. Merveille de charabia ! Pourquoi pas "reposer" ? Pis encore : « Polo, le bonbon le plus trou. » C'est une "pub", celle qui fait tant d'enfants célèbres. Trou ? Cela signifie "classe", mais "classe", c'est déclassé. Attendons de lire un jour : « M. Untel, le ministre le plus trou. » Là, on comprendra sans doute autre chose. Mais qui fera un sort à "la société civile". Qu'est-ce là ? Notre société serait-elle militaire quand elle n'est pas civile ? Ce sont nos députés qui s'en servent le plus, à l'intention, sans doute, du zappeur Camember (celui qui ouvre sa boîte à tort et à travers). Ah, ils ont fait là une belle "lose" !

G.M.

Denis Buican

L'explosion biologique du néant au sur-être ?

Ed. l'Espace européen, 136 p., 85 F.

D'où vient l'homme et où va-t-il ? Des différentes hypothèses sur l'apparition de la vie sur Terre, au possible devenir de l'homme, après un rappel historique des combats passés — du transformisme de Lamarck au mutationnisme de Hugo de Vries, en passant par la théorie de la sélection de Darwin et le

fixisme de Cuvier — l'auteur expose sa vision de l'évolution.

Elargissant le cadre de la théorie synthétique, la théorie synergique de l'évolution développe l'idée d'une sélection naturelle et artificielle basée sur une appréhension globale de l'homme. Une approche, non plus restreinte à sa condition d'individu membre d'une population biologique, mais intégrant tous les niveaux du vivant : des micro-systèmes aux macro-systèmes, de la molécule à la biosphère ; le tri sélectif s'effectuant à chacun de ces stades. L'ouvrage est articulé sur ce mode : une série de diapositives traitant des différents niveaux d'appréhension de l'homme, exposés à la lumière de la génétique et de l'évolution, soulèvent l'importance de la sélection.

L'auteur commence par "l'homme-molécule", puis s'attarde sur "l'homme-animal" en insistant sur l'apport de la sociobiologie (science qui étudie la biologie des comportements). Ainsi, à travers la prédominance des individus les mieux adaptés, certaines attitudes d'agressivité et de dominance sociales ou sexuelles permettraient la sélection des génotypes les plus avantageux pour l'espèce. L'homme serait issu des singes anthropoïdes grâce à une sélection intraspécifique portant non plus sur la force brutale, mais sur sa capacité à engager des alliances sociales avantageuses pour la reproduction.

L'auteur envisage ensuite "l'homme-être humain" : le plus apte est le plus intelligent, et l'on s'aventure sur des terrains brûlants comme celui de l'égalité et de l'inégalité des races humaines, ou de la place de la génétique dans l'intelligence. Dépassant ces discussions, Buican expose ses inquiétudes : la plupart des systèmes actuels de dominance sociale sont basés sur un pouvoir illégitime parce que reposant sur la force et non sur le mérite.

Qu'en résultera-t-il ? Les sociétés humaines s'achemineront-elles vers une robocratie ou une noocratie ? L'homme deviendra-t-il un infra-humain réduit à un énorme ventre, à la fois organe de nutrition et de reproduction, ou bien sera-t-il un "sur-être" penseur et créateur de génie ? L'auteur affirme que si l'évolution a produit des êtres

doués d'intelligence, elle devrait conduire l'homme à un individu encore plus spiritualisé. L'ingénierie génétique pourrait même l'y aider. Il est en tout cas temps pour l'homme d'en prendre conscience et d'influer sur son devenir.

Livre intéressant et documenté, bien qu'un peu dense. Peut-être la polémique sur Lysenko et le marxisme y semble-t-elle aujourd'hui un peu désuète : ces cadrives-là ont blanchi...

Marie-Françoise Lantiéri

Martine Felix et Anne Tursz

Les accidents domestiques de l'enfant

Institut de l'enfance et de la famille & Centre international de l'enfance, Syros Alternatives, 510 p., 250 F.

En moyenne, on compte un accident domestique pour dix enfants par an. La plupart sont bénins, mais certains laissent de graves séquelles. Plus de sept cents enfants meurent chaque année d'une chute, d'une brûlure, d'une intoxication. Longtemps négligés, ces accidents font actuellement l'objet de nombreuses études. Cet ouvrage, élaboré par plus de cinquante médecins, juristes, et sociologues, en fait le point.

S'informant des dernières statistiques, les auteurs dressent le scénario de l'accident. Mis à part les risques inhérents à l'environnement, il semble que le facteur psychologique soit déterminant : à danger égal, l'accident se produit ou non selon le climat psychologique dans lequel vit l'enfant. Le livre expose la nécessité d'évaluer les coûts économiques et psychologiques de ces accidents, afin d'en stimuler les actions préventives. Il convient de renforcer les normes de sécurité de l'habitat et des produits, ainsi que d'informer les enfants et leurs éducateurs. Des actions menées par des collectivités locales ou par des associations sont décrites. Ainsi, "La maison géante" propose une stratégie originale de sensibilisation : une maison surdimensionnée sillonne les routes d'Europe afin de montrer le monde des enfants aux adultes.

La bibliographie annexe constitue un ouvrage de référence pour ceux que la protection de l'enfance intéresse.

Muriel Martineau ▲

ECHOS DE LA VIE PRATIQUE



VIDEO

Cinéma ultra-rapide électronique

Un camescope permettant le montage

Le dernier-né de JVC, le GR-315, offre la possibilité aux amateurs de faire du montage. En effet, il a en mémoire des caractères (en huit couleurs) permettant de réaliser jusqu'à trois pages de titrage (textes ou génériques), s'affichant en surimpression. Un mode de fonction vue par vue permet la réalisation de séquences d'animation. De plus, il est possible d'intégrer un nouveau plan sonore, et d'insérer une scène dans une séquence déjà filmée. Enfin, en fonction optionnelle, le code temps numérote les vues.

Les autres caractéristiques du camescope, qui est au standard VHS-C/SECAM, sont des plus classiques : analyseur d'image à 470 000 points, automatismes de mise au point et d'exposition, zoom macro d'ouverture 1:4 et de focale variable de 8 à 64 mm, 9 vitesses d'obturation de 1/50 à 1/10 000 s, sensibilité de 7 lux, nettoyage automatique des têtes, etc. Poids : 1 100 g.

Spécialiste de la prise de vue haute fréquence sur caméra vidéo, Kodak a créé l'Ektapro EM (pour Electronic Memory), premier processeur d'analyse du mouvement à haute vitesse doté d'une mémoire DRAM (Dynamic Random Access Memory ou mémoire vive dynamique). Ce dernier type de composant, qui se situe à la pointe du progrès technologique, possède couramment une capacité de stockage de l'information de un mégabit. De ce fait, les DRAM sont très adaptées à la mémorisation des images animées. Le processeur Kodak Ektapro EM peut ainsi stocker en continu, sous forme numérique, 1 200 images analysées point par point, avec une résolution totale de 192 x 239 pixels. Il est compatible avec les caméras vidéo Kodak Ektapro (modèles ultra-rapides 1000, à haut rendement et avec amplificateur de lumière). Connecté à l'une de ces caméras, il assure, en temps réel, la mémorisation de prises de vues à des fréquences de 50, 250, 500 ou 1 000 images par seconde. Aussi, ses applications sont-elles très larges : de l'analyse du mouvement des projectiles en balistique, à la vérification de procédés de fabrication, tels que le remplissage automatique des bouteilles ou les opérations d'emballage (pour repérer les anomalies ou pour en améliorer les performances), en passant par l'étude des chutes d'objets, de l'insertion des composants, des systèmes de câblage ou de tout assemblage automatisé.

TELEVISION

La TVHD européenne lancée en 1994 par Philips

Officiellement, des émissions régulières de télévision à haute définition (TVHD) débuteront en Europe à la fin de l'année 1995. Mais des émissions expérimentales auront lieu dès l'an prochain pour les jeux Olympiques, et ce, dans des lieux ouverts au grand public. Les premiers téléviseurs au format 16/9, utilisables dans les standards PAL ou SECAM et sur option en D2-MAC (mais pour lesquels il n'existe pas encore la carte TVHD), sont actuellement lancés par Thomson. Philips a annoncé la commercialisation en 1994 de ses premiers téléviseurs TVHD selon la norme européenne HD-MAC, lesquels pourront recevoir les émissions expérimentales en TVHD 1250 lignes. Ces émissions se multiplieront alors à l'occasion des grandes manifestations sportives et artistiques.

Enfin, Philips lance ce mois-ci les premiers téléviseurs 625 lignes au format 16/9, dotés d'un décodeur D2-MAC intégré. Rappelons que le format 16/9 est actuellement le seul standard international de télévision. Il est destiné à remplacer le format actuel 4/3, y compris dans les systèmes couleur NTSC, PAL et SECAM.

Si les téléviseurs 16/9 européens sont actuellement fabriqués par deux usines appartenant respectivement à Thomson et Philips, les tubes cathodiques sont produits uniquement par la firme allemande Schott à Mayence. Ces tubes ont été mis au point dans le cadre du programme de recherche Euréka et assurent un balayage de 1 250 lignes avec 50 images par seconde.



VIDEO

Vos diapositives à la télévision

Kindermann, spécialiste allemand de la projection, propose le Dia Vidéo 3, un accessoire qui permet de visionner les diapositives sur un téléviseur. L'appareil, relié au téléviseur, ressemble à un projecteur auquel il manquerait son objectif. En effet, les diapositives sont projetées sur un capteur comportant 291 000 cellules.

Outre la projection en direct des diapositives sur le téléviseur, ce système autorise l'enregistrement de ces images sur bandes vidéo, la

connexion à un ordinateur doté d'une entrée vidéo et d'un logiciel adéquat. Cette dernière utilisation permet d'intervenir sur les images : distorsion, retouche, retrait ou intégration d'objet, de personnage...

Doté d'une télécommande, le Dia Vidéo 3 accepte les paniers standards, LKM et CS. Les couleurs et la lumière peuvent être réglées manuellement et la définition horizontale atteint 320 points par ligne. Prix : 6 190 F.

AUDIO

Un lecteur pour 18 disques compacts

La firme japonaise Pioneer avait été la première, en 1986, à proposer un lecteur laser équipé d'un chargeur pour six disques compacts, permettant leur écoute en continu. Aujourd'hui, elle lance le Pioneer PDT-M1, recevant trois chargeurs de six disques, autorisant donc l'audition de 18 disques compacts.

Plusieurs modes de lecture sont possibles : balayage pour rechercher un enregistrement ; réglage

automatique du niveau d'écoute en fonction du disque (le niveau d'enregistrement pouvant varier d'un disque à l'autre) ; accès direct par clavier numérique aux plages des différents chargeurs ; enfin on peut programmer l'ordre de passage des plages.

Par ailleurs, le lecteur possède un convertisseur numérique/analogique traitant le signal bit par bit, une télécommande et une prise pour le casque. Prix : 3 990 F.



Le 24 x 36 compact Pentax Zoom 105 R succède au 105. Ses caractéristiques sont identiques mais ses performances ont été améliorées. Doté d'un zoom macro 1:4-7,8 de 38-105 mm, il est totalement automatique (mise au point, exposition, flash, entraînement).



VIDEO

Enfin un code temps sur un camescope Hi-8

Seuls les camescopes professionnels pouvaient enregistrer, lors de la prise de vue, un code temps, permettant de numérotter chaque image, et par conséquent de gagner en précision lors du montage.

Le Sony CCD V800, successeur du CCD V700, est le premier camescope à être équipé de ce perfectionnement. Ce code temps est de type RCTC (*Rewritable Consumer Time Code*, ou code temps réinscriptible grand public). Il s'inscrit, lors de la prise de vue, sur une piste indépendante de l'image et du son, et il est donc possible de le changer comme pour un doublage audio.

Ce code temps, particulier à Sony (et même différent du code temps professionnel Sony Hi-8), limite son utilisation à une seule table de montage : la Sony RME-700, très proche de la RME-300.

Les autres caractéristiques du camescope sont des plus classiques : capteur 470 000 points/ image, sensibilité 4 lux, son hi-fi stéréo, zoom x10 (8-80 mm), plusieurs programmes d'exposition, diaphragme automatique débrayable, deux pages de titres, gestion d'index, insertion d'images, affichage des informations sur l'écran du téléviseur, télécommande infrarouge. Prix moyen : 12 000 F.

PHOTO

Le plus petit 24 x 36 automatique du monde

La firme japonaise Olympus Optical Co vient de lancer l'Olympus μ [mju:]-1, premier modèle 24 x 36 ultra-compact doté de tous les automatismes : exposition, mise au point de 35 cm à l'infini, flash intégré se mettant en service dès que la lumière ambiante est trop faible avec dosage de la lumière de l'éclair, affichage de la sensibilité, chargement du film, entraînement et rebobinage en fin de cartouche.

Il reçoit les films de 50 à 3 200 ISO, assure la mise au point même la nuit grâce à un émetteur d'infra-rouges et possède un retardateur électronique (déclenchement différé de 12 secondes). L'obturateur est programmé de la façon suivante :

une vitesse allant de 1/15 s, pour une ouverture à 1 : 3,5, jusqu'à 1/500 s à 1 : 16. La position macro (photo rapprochée à 35 cm) se met en place automatiquement avec réglage également automatique du flash si nécessaire. Cet appareil, à l'esthétique harmonieuse et aux formes ergonomiques, mesure 117 x 63 x 37 mm et ne pèse que 170 g. Prix moyen : 1 300 F.



AUDIO

Le magnétophone menacé

Fin mai, en présentant le disque audionumérique Mini-Disc et son lecteur-enregistreur, le président de Sony, Norio Ohga, déclarait que le magnétophone à cassettes serait remplacé par un disque numérique enregistré et lu par laser avant la fin du siècle.

Mais on peut se demander si ce Mini-disc ne menace pas aussi les magnétophones numériques (le DAT des Japonais et la cassette DCC de Philips). En effet, le Mini-Disc, d'un diamètre de 64 mm, est enregistrable et effaçable, comme une cassette DAT. L'enregistrement est numérique et codé en 16 bits.

Alors que sur les disques compacts audionumériques classiques ou en DAT le signal numérique n'est pas comprimé, il l'est dans un rapport 5 sur le Mini-Disc, conférant à celui-ci la possibilité de mémoriser 74 minutes de programmes.

Le disque est du type magnéto-optique, c'est-à-dire qu'un rayon laser travaillant dans un champ magnétique assure l'enregistrement sur une couche de cobalt-terbium par modification de la polarité des particules.

Comme pour le DAT ou le DCC, le Mini-Disc sera doté du système anti-copie.

Les enregistreurs-lecteurs, aussi simples que ceux des disques compacts, seront moins chers que les magnétophones DAT. Leur lancement est prévu pour 1992.

La chaîne culturelle de télévision franco-allemande a été créée par accord entre Jérôme Clément, président de la Sept, et Dietrich Schwartzkopf, directeur de la chaîne allemande ARD. Elle entrera en service début 1992, avec 5 heures d'informations par semaine. La diffusion se fera en français et en allemand, en D2 MAC-Paquet, via les satellites TDF-1 et TDF-2. Le premier budget a été fixé à 840 millions de francs, couvert pour moitié par chacun des deux partenaires.

Difficile accouchement de la norme européenne de la TV à péage

Pour la mise en place de la norme européenne D2-MAC Paquet, (intermédiaire entre les systèmes PAL et SECAM d'une part et la TVHD d'autre part), la France avait privilégié les programmes payants qui exigeaient un décodeur d'accès. L'Allemagne, quant à elle, avait décidé d'utiliser les quatre canaux de son satellite TV-SAT pour diffuser en clair et gratuitement quatre chaînes en D2-MAC.

En fait, et au-delà des explications avancées par les médias, le développement de la TV payante en France s'est heurté à deux obstacles :

- le faible empressement des Français à payer le droit d'accès. On sait les difficultés qu'a eues Canal Plus pour obtenir ses trois millions d'abonnés et l'on a vite perçu qu'il serait suicidaire de créer trois autres chaînes à péage ;
- l'absence d'une norme et d'un décodeur européens permettant au téléspectateur, avec un seul appareil, de choisir un mode de paiement (mensuel, à la carte ou en fonction du temps de "consommation" effective d'un programme). Cette norme existait en principe (Eurocrypt), mais non dans les faits, en raison des différents qui opposaient les partenaires (le gouvernement, Canal Plus et les chaînes en voie de constitution, France Télécom, etc.)

Après plusieurs années de négociations, un accord a donné naissance à Eurocrypt Ltd : société basée au Royaume Uni, créée à l'initiative de France Télécom, Nokia, Philips et Thomson pour assurer le développement de la norme européenne d'embrouillage. Cette norme sera utilisable sur les décodeurs Visiopass de France Télécom, et Decsat de Canal Plus grâce à une puce unique (PC 2) fournie par Bull.



PHOTO

Un 24 x 36 compact avec intervallomètre

L'appareil 24 × 36 Vivitar 490 Z est le premier modèle non reflex doté d'un intervallomètre. Ce dispositif permet de programmer des prises de vues à basses fréquences, afin d'obtenir des photos analysant les mouvements très lents (coucher du soleil, éclosion d'une fleur...). Les images peuvent être enregistrées à des fréquences allant de une par seconde à une par 24 heures.

Cet appareil est également équipé d'un programme dit "auto-cadrage" pour la photo-portrait : en fonction de la distance du sujet à photographier, il assure le cadrage "portrait en buste" ou "portrait en pied".

Prix moyen : 1 495 F.

VIDEO

Un camescope simple et pratique

Grundig lance un camescope associant facilité d'utilisation à un bon rapport qualité/prix. Au format vidéo 8 (standard PAL), le VS 8250 est doté d'un capteur comptant 320 000 points/image, d'un obturateur montant au 1/4 000 s, d'un zoom x 8, et sa mise au point automatique reste opérationnelle en position macro.

Un volet coulissant protège les

principales touches de fonction, ce qui évite toute manœuvre involontaire des réglages. On peut insérer des commentaires écrits en surimpression sur l'image. Une touche "fondu" permet de débuter ou de finir une séquence en douceur. Enfin, une télécommande à infrarouge reprend les principales fonctions de l'appareil. Poids : 1,1 kg. Prix : 7 000 F.



1
UN BALADEUR
AVEC RADIO-RÉVEIL
900 F,
chez les détaillants
des produits
Sony.



2
UN SIÈGE POUR
JOUER AU GOLF
290 F,
chez Golf Plus,
212 bd Péreire,
75017 Paris.

3
UNE BALANCE CULINAIREE
À CAPTEUR

De 350 F à 390 F, dans les grandes surfaces.



4

UN TOURNEVIS
À POIGNÉE-TIROIR

49 F, chez Catavana Ouragan,
ZI, avenue Joliot-Curie,
BP 2059,
30904 Nîmes Cedex.

LES OBJETS DU MOIS

1 D'esthétique assez curieuse, le Walkmann WM-FX43, qui lance actuellement Sony, comprend un lecteur de cassettes, un syntoniseur, une horloge et un réveil. Le lecteur de cassette est *autoreverse* (changement automatique de sens de défilement en fin de bande), et comporte un mécanisme évitant la fluctuation de la bande lors des secousses, un sélecteur de bande (normal ou chrome) et un réducteur de bruit Dolby B. Le syntoniseur, qui permet de capter les radios FM et PO, comprend 18 présélections (mémorisation de 18 émetteurs). L'alimentation peut se faire sur piles et, en option, sur batterie ou secteur.

2 Les joueurs de golf ne sont pas à l'abri de la fatigue après quelques heures sur le terrain. Voici Happy Golf, la première canne-siège permettant d'être assis pendant que son partenaire joue. Elle est légère (680 g), mais peut supporter jusqu'à 150 kg !

3 Avec la balance BAE 410 Prestige de Terrailion, gérée par un capteur à jauge de contrainte et un microprocesseur, la précision entre à la cuisine. Le capteur transforme en signal électrique le poids qui lui est appliqué. Le microprocesseur traduit le signal reçu en une information lisible par l'utilisateur (affichage numérique). La nouveauté vient de la fabrication du capteur. Habituellement, une jauge de contrainte est une fine résistance métallique collée sur un support qui se déforme. Celle-ci est une couche métallique déposée sur un substrat en quartz par pulvérisation cathodique, sous vide, pour éviter toute interaction avec d'autres molécules. Capteur et électronique à haute vitesse produisent une précision supérieure aux balances classiques. La BAE 410 est dotée d'un système de tare permettant la mise en mémoire de plusieurs pesées effectuées dans un même récipient (il suffit de remettre la balance à 0 avant d'ajouter un ingrédient). Sa portée maximale est de 4 kg.

4 Curieux, mais très ingénieux, tel est le tournevis à poignée Catavana. Ayant sensiblement la forme d'un revolver, il possède dans sa croise un tiroir basculant contenant 5 douilles de boulonnage et 7 embouts de vissage dont 4 cruciformes. Ce type de poignée facilite les visages exigeant une grande force.

5 Un ensemble baromètre-thermomètre numérique, le Météographie Naudet, assure l'enregistrement chiffré et graphique des données, réalisant leur affichage sur écran à cristaux liquides de 8 x 10 cm. L'instrument est alimenté en 12 V par batterie ou par adaptateur secteur 220 V. Ce météographie s'adresse à toute personne ou entreprise ayant besoin de connaître en permanence les données atmosphériques : laboratoires, agriculteurs, etc. La précision de mesure est de +/- 1°C entre + 10°C et + 35°C pour les températures, et de +/- 0,6 hPa pour les pressions. La gamme des températures couvertes s'étend de - 25°C à + 50°C. L'instrument est muni d'une sonde fixée à un conducteur de 4 m. L'affichage des mesures est double :

- numérique — le dernier chiffre affiché donne le dixième d'hecto-Pascal ou de degré Celsius — avec affichage des tendances ;
- graphique : la prise de mesures s'effectue tous les quarts d'heure et les valeurs sont mises en mémoire. Un choix manuel permet de spécifier certains paramètres des courbes sur 38, 76 ou 152 heures. Ces données sont les suivantes : valeur minimum et maximum ; valeur du dernier point de courbe ; indication des tendances. Il existe un modèle pouvant être branché sur une imprimante ou sur un micro-ordinateur PC (prix : 7 638 F).

Autoroute Express est un logiciel pour automobilistes. Véritable atlas informatisé, il permet, avec un compatible PC, de déterminer le meilleur itinéraire. Prix : 890 F. Renseignements : (1) 47 66 04 54.

5

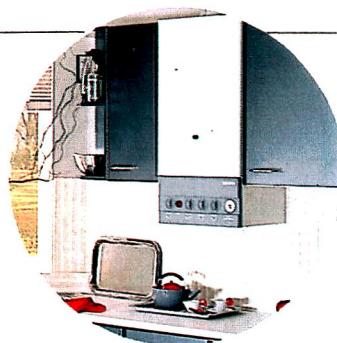
UN MÉTÉOGRAPHE ÉLECTRONIQUE

5 693 F, chez Unger-Parment,
83 bis rue de Rivoli,
75001 Paris



6 La chaudière XMVS de Chappée, fonctionnant au gaz naturel ou au propane, offre l'avantage d'occuper peu de place et de pouvoir être installée rapidement. Mesurant 40 x 80 x 40 cm, elle se fixe au mur au moyen de ventouses. Un tuyau contenant deux tubes, de 3 m de long et de 10 cm de diamètre, assure l'alimentation en air et l'évacuation des gaz de combustion. La puissance est ajustable de 8 kilowatts à 23 kilowatts. En version chauffage seul, la chaudière suffit pour un appartement de 150 m² et elle peut alors alimenter jusqu'à sept radiateurs. Lorsque, en plus du local, elle assure la production de l'eau chaude sanitaire, cette version de la chaudière convient pour 100 m² de surface habitable. Son fonctionnement est silencieux.

7 En décembre 1990, Musa Manarov, cosmonaute soviétique et radio-amateur, décollait à destination de la station spatiale MIR avec, dans ses bagages, un Victor 86P... lui permettant de converser avec ses amis français, radio-amateurs également ! Le V86P, est un micro-ordinateur portable. Connecté à un émetteur/récepteur HF par l'intermédiaire d'un modem, il a permis au cosmonaute de mettre en œuvre des expériences de communication numérique avec la Terre. Ce matériel ayant dû prendre place dans les effets personnels du cosmonaute, les critères de taille et de poids furent déterminants : d'un encombrement réduit d'un poids de 3 kg, le V86P a parfaitement répondu à ces exigences. Il est aujourd'hui disponible sur le marché. Le Victor 86P possède une mémoire RAM de 640 Ko extensible à 1 Mo. Un disque dur de 20 Mo est proposé en option. Un écran à cristaux liquides assure une définition de 640 x 200 points. L'exploitation se fait par un système MS-DOS standard et les disquettes utilisées sont des 3,5 pouces de 720 Ko. Diverses interfaces permettent le raccordement à des périphériques, tel un moniteur vidéo.



6

UNE CHAUDIÈRE À GAZ MURALE AVEC VENTOUSES

12 175 F,
chez les dépositaires
Chappée.

7
**UN MICRO-ORDINATEUR
DE LA
STATION SOVIÉTIQUE MIR**
Environ 11 900 F,
chez Victor Technologies,
296 av. Napoléon-Bonaparte,
BP 209,
92502 Rueil-Malmaison Cedex.

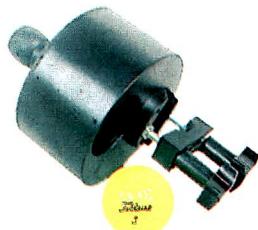


Utiliser



11

UN LAVE-BALLE DE GOLF
145 F, chez Golf Plus,
212 boulevard Péreire,
75017 Paris.



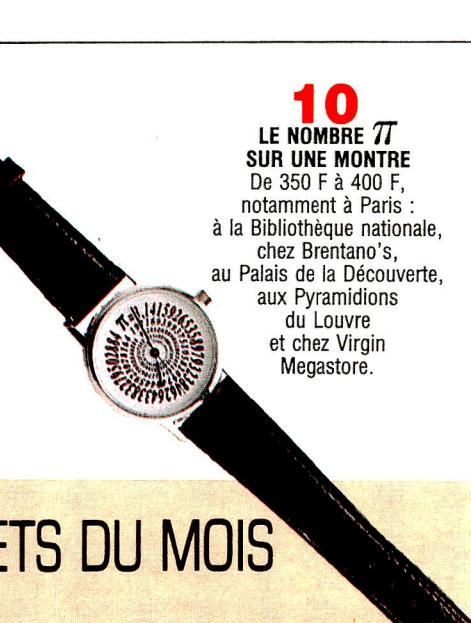
9

UN AÉRATEUR SOLAIRE
POUR AUTOMOBILE
490 F, Buildex,
6 rue Jean-Perrin,
76800
Saint-Etienne-du-Rouvray.



8

UNE MINI-TRADUCTRICE
PARLANT 5 LANGUES
850 F, chez Monting,
25 avenue d'Italie,
75013 Paris.



LES OBJETS DU MOIS

8 Semblable à une calculatrice, la traductrice de poche Electronic Talking Translator K-961, dispose d'un glossaire informatisé en cinq langues : anglais, français, allemand, espagnol et italien. Elle possède également les fonctions d'une calculatrice, et peut par ailleurs effectuer les conversions de devises (5 taux pour un choix de 12 types de devises). Non seulement cet instrument possède un lexique de 4 400 mots pour chaque langue, mais il dispose également de 425 phrases "types" classées sous cinq rubriques : voyage, achat, urgence, restaurant et relations sociales. La traduction, au mot à mot, s'effectue immédiatement en appuyant sur une touche. De plus, il est doté d'un correcteur orthographique qui rectifie les énoncés entrés, lorsque ceux-ci sont erronés. Quand le symbole représentant un haut-parleur s'affiche à l'écran, cela signifie que la machine est capable de le prononcer, et avec le bon accent ! Toutefois, son diffuseur sonore étant de très petite taille et peu puissant, il est préférable de lui adjoindre un écouteur : une prise est prévue à cet effet. Nofons que ce traducteur limite son vocabulaire aux mots et phrases les plus usités en voyage.

9 Sans prétendre remplacer un système de climatisation coûteux, l'aérateur Solera, de la société Buildex, rafraîchit quelque peu l'habitacle d'une voiture et élimine les odeurs. On le coince en haut d'une vitre du véhicule (dimensions : 31 x 11 x 5 cm) et on colmate hermétiquement au moyen de tampons en caoutchouc la partie de fenêtre ainsi laissée libre. Il contient un extracteur d'air et une hélice cylindrique qui attire à l'extérieur jusqu'à 20 m³ d'air à l'heure. Ce système, indique le constructeur, permettrait de faire descendre la température de 5°C à 10°C à l'intérieur d'un véhicule au soleil. L'avantage de cet appareil est qu'il possède deux sources d'énergie : des piles, pour le fonctionnement en hiver, et des cellules solaires (surface 120 cm²). Il se branche également sur l'allume-cigare (12 V).

10 La montre "Nombre π" est d'abord une montre-bracelet classique à aiguilles et trottante, sobre mais élégante. Sur son cadran à chiffres disposés en spirale, est gravé le nombre π, du moins ses 175 premières décimales. Car ce nombre qui régit le monde des cercles et des sphères est infini.

11 Rien de plus désagréable, en terrain humide, qu'une balle de golf sale parce qu'elle a roulé dans la boue. Pour remédier à ce désagrément, la maison Golf Plus propose un accessoire assurant un nettoyage rapide, le Ball Wash. Il se fixe simplement sur un chariot et comporte un dispositif de lavage dans lequel on insère la balle salie.

12 Les appareils classiques de filtrage d'eau domestique ne retiennent en général qu'une partie des nitrates présents dans certaines nappes phréatiques. Un appareil affineur d'eau, le Technetic 1000, mis au point par les firmes SDMTE (française) et Autotrol (américaine), les élimine en plus des minéraux, tels que calcium et magnésium, et des savons... Géré par un ordinateur dans lequel on a entré 15 paramètres à considérer (dureté de l'eau, taux de calcaire, nitrates, etc.), le Technetic 1000 est un filtre qui utilise deux types de résines synthétiques échangeuses d'ions. L'une, cationique (attire les ions positifs), élimine le calcaire, l'autre, anionique (agit sur les ions négatifs) retient les nitrates. Doté d'un débitmètre, l'appareil analyse tous les quatre jours (norme européenne) l'état de saturation des résines et ordonne leur régénération (par circulation d'eau salée) si le pouvoir d'échange est insuffisant. Enfin, le programme prévoit la conservation du TH (Titre Hydro-métrique, unité de mesure de la dureté de l'eau. 1° TH = 10 g calcaire/m³) à un seuil minimal de 8° TH c'est-à-dire une quantité de calcaire laissée dans l'eau suffisante pour conserver son goût et son pH nécessaire à l'organisme.



12

UN AFFINEUR ÉLIMINANT LES NITRATES DE L'EAU

Environ 16 000 F (sur devis),
à la SDMTE, 38620 Voissant.
Tél. : (16) 76 07 55 05



13 L'impression de la photo du titulaire au dos de ses chèques est un moyen efficace de lutter contre l'utilisation des carnets de chèques perdus ou volés. C'est ce que propose la firme MCS avec son tampon d'identité : à partir d'une photo et des indications d'une pièce d'identité, cette société confectionne le tampon en y portant la photo accompagnée des informations et du numéro de la carte d'identité. Ce tampon est livré avec son encrure.

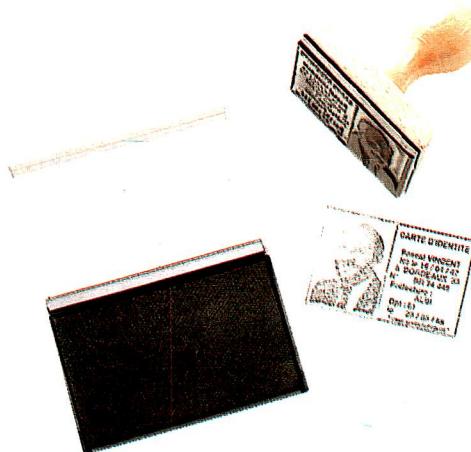
14 Avec le Cardsafe, voici un moyen de protéger vos cartes magnétique ou à puce (crédit, paiement, banque, etc.). Ressemblant à un porte-cigarettes équipé d'une fermeture à combinaison chiffrée (comme sur certains cadenas, quatre molettes permettent de changer les chiffres), il peut contenir six cartes. En cas de vol du Cardsafe, le malfaiteur pourra tenter en vain de retrouver la bonne combinaison : après six essais, la serrure se bloque. Utiliser alors la force ? Impossible car le boîtier contient un liquide spécial qui détruit aussitôt les cartes. Le Cardsafe pèse 84 g, mesure 11 x 7 x 1 cm et est réalisé en matière synthétique résistante. La serrure est conçue par la firme réputée Yale.

Les Echos de la vie pratique ont été réalisés par Roger Bellone, Jean-Marie Bret, Pierre Courbier et Christine Mercier.

13

UN TAMPON CONTRE LE VOL DE VOS CHÉQUERS

330 F, chez Medias Concept Services,
7 rue Alphonse-Daudet,
75014 Paris.



14

UN COFFRE-FORT DE POCHE

475 F,
chez Cardsafe France,
27-31 av. du Port-au-Fouarre,
94100 St-Maur-des-Fossés.



PÉTROLE : DES EMBAUCHES AU COMPTE-GOUTTES

(suite de la page 121)

PETIT LEXIQUE PÉTROLIER

Arab-light : brut d' excellente qualité produit au Moyen-Orient.

Baril : unité de mesure correspondant approximativement à 164 litres.

Brent : représentant une réserve de 17 milliards de barils, ses gisements produisent 200 millions de tonnes, soit 6 % de l'extraction mondiale.

Géothermie : récupération de la chaleur des roches (volcaniques) situées à plusieurs kilomètres de profondeur, ou des nappes d'eau chaude (dont la température ne dépasse pas 100°C).

Huile : mélange d'eau, de sable, de gaz et d'hydrocarbures.

Off-shore : au large, par opposition à "on-shore" (à terre).

OPEP : Organisation des pays produc-

teurs et exportateurs de pétrole. Créée en 1960, elle regroupe l'Algérie, l'Arabie Saoudite, les Emirats Arabes Unis, l'Équateur, le Gabon, l'Indonésie, l'Irak, l'Iran, le Koweït, la Libye, le Nigéria, le Qatar et le Venezuela.

Raffinage simple : il permet de recueillir les fioul lourds à partir desquels on obtient ensuite du kérozène, du gazole et du fioul domestique dé-sulfurés.

Raffinage complexe : après avoir été distillée sous vide, une partie des fioul lourds est catalysée pour obtenir des produits plus volatiles.

TEP : unité servant à comparer les sources d'énergie (en rendements) au pétrole brut pris comme référence.

leur domicile ou du point de vente où ils se trouvent. Embauchés avec un diplôme d'école supérieure de commerce ou une maîtrise de sciences économiques, ils sont également chargés des animations commerciales en liaison avec les fournisseurs et des contacts avec les exploitants des stations.

Fondamental dans les postes de terrain et en particulier "off-shore" *, l'esprit d'équipe est très prisé quelle que soit la fonction. « Nos candidats doivent associer cette qualité à des talents de réalisateurs » déclare Michel Reynaud-Paligot. « Même si les problèmes à traiter à chaque niveau national sont confiés en priorité à des "locaux" [transfert de technologie], dans certains cas — comme par exemple l'étude d'un projet en laboratoire — il est parfois nécessaire de faire appel à des experts étrangers (responsables d'achats, de produit ou chefs de projet informatique) qui devront associer leurs compétences à celles des spécialistes locaux. » D'une durée assez brève (de 3 à 12 mois), ce type de mission s'adresse plus particulièrement à des profils très spécialisés. Depuis cette année, les directions des filiales nationales du groupe Exxon échangent entre elles des jeunes diplômés (avec quelques années d'expérience) pour des périodes de 18 mois environ. Jalonné de fréquents allers et retours sur le terrain, ce programme s'applique aux domaines technique, commercial et des relations humaines. **Hervé Lhuissier**

QUELQUES ADRESSES UTILES

Intégrée à l'Institut français du pétrole (IFP), l'Ecole nationale supérieure du pétrole et des moteurs (ENSPM) forme chaque année de 150 à 170 spécialistes de l'exploitation pétrolière. L'école devrait accroître ses promotions de 40 % à 50 % d'ici à trois ans. Certains cycles de formation se déroulent entièrement en anglais, et 50 % des étudiants sont préembauchés.

● ENSPM, 1-4 av. du Bois-Préau, 92506 Rueil-Malmaison. Tél. : (1) 47 49 02 14.

L'Ecole nationale supérieure de géologie appliquée et de prospection minière de Nancy permet aux titulaires d'un BTS ou d'un DUT avec trois ans d'expérience professionnelle de préparer un diplôme d'ingénieur en formation continue. Il est possible d'y préparer le diplôme d'ingénieur expert après avoir suivi un cycle de formation en exploration, géologie minière et valorisation des ressources minérales.

● ENSGN, 94 av. du Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny, BP 452, 54001

Nancy cedex. Tél. : (16) 83 32 85 86. Renseignements et inscriptions auprès de l'Institut national polytechnique de Lorraine. Tél. : (16) 83 59 59 59.

L'Ecole nationale supérieure de synthèses et procédés d'ingénierie chimique d'Aix-Marseille organise des cycles d'actualisation à l'intention des ingénieurs de l'industrie chimique.

● ENSSPICAM, av. de l'Escadrille-Normandie-Niémen, 13397 Marseille cedex 13. Tél. : (16) 91 28 86 00. Dépend de l'université Aix-Marseille 3, 3 av. Robert-Schuman, 13626 Aix cedex 1. Tél. : (16) 42 20 19 05.

Une liste complète des adresses des différentes écoles et universités se trouve dans la fiche n° 2 826 du CIDJ intitulée "Industrie du pétrole".

Et aussi :

● BP France, 8 rue des Gémeaux, Cergy-St-Cristophe, 95866 Cergy-Pontoise cedex. Tél. : (1) 34 22 40 00.
● EDF-GDF (DPRS), 16 rue de Monceau, 75383 Paris cedex 08. Tél. : (1) 40 42 11 07.

● Elf France, 2 place de la Coupole, 92078 Paris-La-Défense.

Tél. : (1) 47 44 45 46.

● Esso SAF, 6 av. André-Prothin, 92093 Paris-La-Défense cedex 2.

Tél. : (1) 49 03 60 00.

● Fina France, 19 rue du général-Foy, BP 752-08, 75361 Paris cedex 08.

Tél. : (1) 40 08 12 12.

● Institut français de l'énergie (IFE), 3 rue Henri-Heine, 75016 Paris.

Tél. : (1) 45 24 46 14.

● Institut français du pétrole (IFP), 1 et 4 av. du Bois-Préau, 92506 Rueil-Malmaison. Tél. : (1) 47 49 02 14.

● Mobil France, 20 av. André-Prothin, 92081 Paris-La-Défense cedex 9.

Tél. : (1) 47 73 42 41.

● Shell France, 89 bd Franklin-Roosevelt, 92564 Rueil-Malmaison cedex. Tél. : (1) 47 14 71 00.

● Total CFP, cedex 47, 92069 Paris-La-Défense. Tél. : (1) 42 91 40 00.

● Union française des industries pétrolières (UFIP), 4 av. Hoche, 75008 Paris. Tél. : (1) 40 53 70 15.

LE CORAIL TÉMOIGNE : LA TERRE SE RÉCHAUFFE !

(suite de la page 33)

que tangible de l'effet de serre sur un écosystème bien précis, le récif corallien.

Mais avant de confirmer cette hypothèse, les scientifiques proposent la mise en place d'un réseau d'observatoires à l'échelon mondial. Et le jeu en vaut la chandelle, car l'écosystème corallien — l'un des plus complexes et des plus riches en espèces — est surtout l'un des plus productifs de la planète. Les ressources vivrières et artisanales qu'en tirent les riverains, ainsi que ses implications touristiques, sont évidentes. Sur les 101 pays bordés par des récifs coralliens, 97 sont des pays en voie de développement.

D'autre part, le rôle de l'écosystème corallien comme producteur de carbonate de calcium (*voir encadré page 33*), ses réactions dans le cas d'une élévation du niveau de la mer en font un indicateur privilégié pour l'étude des changements globaux du climat.

Cette inquiétante question du blanchissement des coraux fut d'ailleurs à l'ordre du jour lors de la réunion des ministres de l'Accord partiel ouvert sur les risques majeurs (l'APC, qui fait partie du Conseil de l'Europe) qui s'est tenue à Ankara les 8 et 9 juillet dernier.

A cette occasion, l'Observatoire océanographique européen dirigé par le Pr J. Jaubert s'est vu confier la lourde tache d'élucider le mécanisme physiologique d'apparition de la maladie. En effet, ce laboratoire, implanté au sein du centre scientifique du Musée océanographique de Monaco, est le seul endroit d'Europe à disposer de récifs coralliens en aquarium⁽²⁾. L'équipe du Pr Jaubert concentrera ses recherches sur l'impact physiologique que peuvent avoir les principaux paramètres caractéristiques de l'effet de serre : l'augmentation de la température et celle de la concentration en gaz carbonique. Il faut également découvrir les mécanismes impliqués dans le contrôle de l'association symbiotique. Nouvelle énigme à élucider : pourquoi certains coraux de la même espèce résistent mieux au réchauffement dans une région que dans une autre. Le Pr Jaubert pense par ailleurs que « Si le changement global du climat provoque ces blanchissements, on doit également étudier la possibilité de créer des variétés résistantes. »

Pour l'instant, les recherches doivent aboutir à la mise en place d'un programme de coopération internationale orchestré par le Conseil de l'Europe et la Communauté économique européenne afin de sauver, si c'est encore possible, les récifs des mers tropicales.

Bernard Salvat

LA RELATIVITÉ GÉNÉRALE AU BORD DU GOUFFRE

(suite de la page 17)

actuel non significatives du point de vue physique », répond Jean-Pierre Luminet. « Un scénario trop simplifié, une matière trop artificielle et une résolution numérique qui ne constitue pas une démonstration mathématique : la théorie de la relativité générale n'est que faiblement ébranlée par ce résultat. »

Devançant les critiques, les chercheurs américains, enthousiasmés par leur succès, annoncent maintenant qu'ils vont effectuer des simulations avec des contraintes différentes (autre type de matière, concentrations moins asymétriques, vitesses de rotations différentes, etc). En clair, ils cherchent à donner plus de réalisme à leur scénario pour tenter de développer des prédictions qui seraient vérifiables dans l'Univers et pousser la relativité générale dans ces derniers retranchements. Une opiniâtreté qui, si elle se révélait fructueuse, pourrait influencer les développements futurs de la recherche physique et astrophysique dans son ensemble.

« Nous savons depuis l'élaboration du modèle du trou noir qu'une compréhension complète des phénomènes infinis qu'elle engendre ne peut venir que d'une unification des théories de la relativité avec la mécanique quantique », affirme Thibault Damour. « Mais une telle avancée scientifique n'est possible que si l'on connaît aussi parfaitement que possible la structure intime de la théorie de la relativité générale », souligne Jean-Pierre Luminet. « Les travaux de Shapiro et Teukolsky vont dans ce sens, même s'il ne faut pas prendre leurs résultats au pied de la lettre. »

La singularité nue pousse donc un peu plus la théorie de la relativité vers le chemin où elle doit croiser la théorie quantique. Mais, s'il est difficile de savoir quand ce véritable exploit scientifique sera réalisé, il est plus difficile encore de savoir les surprises que cette nouvelle théorie nous réserve.

Jean-François Robredo

3615
SVM
DES CORRESPONDANTS
EN DIRECT
DANS LE MONDE ENTIER

LA NANOTECHNOLOGIE

(suite de la page 71)

De même que les structures de granit ont essaimé sur les machines traditionnelles, les succès obtenus par les nanomachines ont inspiré les réalisations "banales". L'on voit maintenant apparaître des tours ou des centres d'usinage classiques autorisant des usinages au micromètre ou au demi-micromètre près, grâce à l'adoption sur ces machines de quelques-uns des dispositifs des nanomachines. Quelques-uns mais pas tous, bien sûr, pour d'évidentes raisons de prix de revient : les nanomachines se vendent 300 000, 500 000 ou 800 000 dollars, selon leur composition, alors que le prix des tours, pour qu'ils restent vendables, ne peut guère dépasser 150 000 dollars.

Outre les divers dispositifs décrits ci-dessus et indispensables pour atteindre l'ultra-précision, le schéma de la nanomachine-outil doit être adapté aux conditions d'emploi. Les hommes de l'art parlent de "raideur" — l'ensemble de la machine doit se comporter comme un solide indéformable. Il y a la raideur de la broche et, plus globalement, la raideur de la boucle. Par boucle, on entend le lien matériel entre l'outil et la pièce usinée, l'ensemble des organes qui permettent à l'un d'entrer en contact avec l'autre. Cette raideur, ou rigidité, s'exprime en MN/m (méga-newton par mètre). En trois ans, les fabricants de nanomachines ont fait progresser la rigidité de 30/40 MN/m à 350/400 MN/m.

On ne peut quitter ce sujet sans mentionner l'extrême précision d'exécution de l'outil-diamant des nanomachines, ou plutôt de l'arête de cet outil. Jusqu'ici, l'affûtage de ces arêtes par rodage (*lapping*) est l'affaire d'artisans exceptionnellement habiles ; si exceptionnels qu'ils ne sont, sur la planète, qu'une poignée. Autre paradoxe de la nanotechnologie : STM, commande numérique à réponse ultra-rapide, matériaux nouveaux, laser et, au bout de tout cela... un artisan aux mains d'or !

Une voie nouvelle s'ouvre peut-être : trois chercheurs de l'université de Tokyo affûtent les arêtes d'outil-diamant par usinage ionique (projection d'ions argon) et annoncent qu'ils ont ainsi amené les rayons desdites arêtes de 70 nm à 20/30 nm.

Le commerce de la "nano". Bien que la France n'y soit, hélas, que peu présente, la nanotechnologie représente déjà une activité mature. Il y a aujourd'hui une dizaine de constructeurs de machines-outils nanométriques sur la planète, dont deux aux Etats-Unis, notamment celui qui a été l'initiateur de toute l'affaire. Le constructeur anglais, filiale d'une université, cumule la recherche, la fabrication des machines, l'exécution d'usinages nanométriques pour des clients, et la conception d'un logiciel adapté au nanométrique. Il fabrique lui-même ce logiciel,

en équipe ses propres machines et le livre également à d'autres constructeurs ou à des utilisateurs.

Dans la mesure où certaines machines-outils "classiques" se dirigent vers des précisions meilleures que le micromètre, la frontière entre la très haute précision et l'ultra-précision devient floue. En Allemagne, un constructeur fait partie du peloton nanométrique, mais, deux ou trois autres, qui garantissent des précisions de 500 à 700 nm, peuvent être classés dans les "quasi-nanologues".

Le marché mondial de la nanotechnologie. Il est difficile à cerner. En effet, outre les constructeurs officiels, certains grands utilisateurs produisent leurs machines, travaillent avec elles, mais n'en font pas commerce. C'est le cas du Hollandais Philips et, sans doute, d'un ou deux grands Japonais.

Etats-Unis et Japon représentent, à eux deux, les trois quarts de la demande mondiale. Quant à la production (machines vendues et machines fabriquées et utilisées "à la maison"), divers recoulements permettent de l'évaluer à 25 ou 35 machines par an, c'est-à-dire à un montant compris entre 15 et 20 millions de dollars.

Source d'étonnement, la Suisse, pays de la haute précision et de la machine à pointer (dont elle exporte la quasi-totalité de sa production) ne fabrique pas de machines à usiner au nanomètre.

Bien que, comme nous l'avons déjà dit, notre pays ne brille pas dans le monde de l'ultra-précision, sinon par des travaux de laboratoire, il faut saluer le constructeur français Microcontrôle, producteur, non pas de machines à usiner, mais de machines de métrologie et d'inspection "nanométriques" (censeurs capacitifs d'ultra-précision), c'est-à-dire que le mouvement relatif du viseur et de l'objet visé s'effectue au nanomètre près. Ces systèmes, informatisés naturellement, sont utilisés notamment pour l'examen et le contrôle des circuits intégrés d'ordinateur. Microcontrôle les exporte dans le monde entier.

La mesure. C'est un domaine où le STM, tient la vedette pour les cas extrêmes où l'on veut compter les atomes (*voir photo p. 68*). Cependant, l'industrie, même lorsqu'elle traite l'extrême précision, n'utilise pas que le STM.

Les machines à mesurer classiques, armées d'un stylet qui "palpe" la surface examinée (ou d'un dispositif optique magnifiant les aspérités) ont fait des progrès considérables et ont, elles aussi, fait le saut du micromètre au nanomètre.

L'informatique y joue un grand rôle, mais aussi la précision d'exécution des éléments de l'appareil, du stylet (une sphère de rubis ou un diamant) (*voir photo p. 71*), la rigueur de mise en place des pièces examinées, leur dégauchissage ultra-précis, également automatique.

Les machines à mesurer d'aujourd'hui mettent sous les yeux de l'opérateur un écran sur lequel

apparaissent des milliers de cotes exprimées en nanomètres, les images agrandies des aspérités de surface ou les écarts entre formes réelles et formes théoriques (cercles, droites, courbes définies par une équation), images sur lesquelles un angström est représenté par quelques millimètres. Les fabricants de machines de contrôle sont nombreux : allemands, américains, britanniques, suisses, japonais et servent un marché considérable, plus vaste que celui des machines-outils nanométriques.

Quant au STM (et bientôt sans doute, le PSTM), même si son emploi reste limité, il n'est plus seulement une curiosité de laboratoire. Pour 70 000 dollars, un fabricant californien vous en adressera un par paquet-poste (c'est grand comme une boîte à chaussures), avec le logiciel nécessaire et vous pourrez compter les atomes à condition de prendre quelques précautions de température, de vibrations, de préparation de l'échantillon...

Faisons un rêve. Vers la fin des années cinquante, apparaît la machine-outil à commande numérique (MOCN), rejeton de l'accouplement entre informatique et mécanique classique. Pour les sages de l'époque, pour les connasseurs, il s'agissait d'un jouet hors de prix, sans avenir, sinon pour quelques applications acrobatiques à des secteurs de pointe (je sais, j'y étais et j'en ai souffert de ces "connasseurs" obtus !), sans intérêt pour les grandes séries automobiles, hors de portée des ouvriers, inabordable pour les petits mécaniciens...

Moins de trente ans plus tard, la commande numérique est partout, dans les petites usines, dans l'aéronautique, dans les scieries, les fromageries (eh ! oui, dans les laiteries aussi), les productions de plastique, les ateliers flexibles et notamment dans l'automobile et l'Agence nationale pour le développement de la productique appliquée à l'industrie (ADEPA) a formé plus de quarante mille opérateurs et préparateurs.

Et si, dans trente ans (dans quinze ans peut-être, l'histoire s'accélère), la nanotechnologie était partout ? Si elle débordait l'optique, l'ordinateur et le spatial pour fabriquer toutes les pièces au millième de micromètre ? Imaginez une boîte de vitesses dans laquelle chaque dent de pignon, parfaite, conduirait la dent de pignon opposée sans bruit, sans usure, transmettant des couples cinq fois plus élevés dans des volumes cinq fois moindres ; des portes-fenêtres s'ouvrant d'une pichenette ; des avions à propfans décollant dans un souffle, des pelles hydrauliques glissant comme les traîneaux à chiens du Dr Etienne, des puces d'ordinateur au prix du plâtre, des tondeuses à gazon qui jouent Mozart... Une nanoplanète ! (?)

Michel Barba

(7) Voir également *la Jaune et la Rouge* n° 451, janvier 1990, "Nanotechnologie" du même auteur.

Nouvelle méthode plus facile, plus efficace

Votre 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.

Vous parlerez dans un délai record: 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.

Vous parlez couramment avec un accent impeccable: la méthode réflexe-orale a été conçue spécialement pour être étudiée chez soi. Vous pouvez donc apprendre l'anglais ou l'allemand chez vous à vos heures de liberté, où que vous habitez et quelles que soient vos occupations. En consacrant moins d'une demi-heure par jour à cette étude qui vous passionnera, vous commencerez à vous «débrouiller» dans deux mois et, lorsque vous aurez terminé trois mois plus tard, vous parviendrez à parler couramment avec un accent impeccable, ce qui d'ailleurs a 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.

Demandez la cassette gratuite: pour vous rendre compte sans risque, demandez la leçon gratuite avec sa cassette en renvoyant le bon ci-dessous.

GRATUITS 1 cassette + 1 leçon + 1 brochure



Bon à retourner à Service A, Centre d'Etudes, 1, av. Stéphane-Mallarmé, 75847 Paris Cedex 17.
A 14P

Envoyez-moi gratuitement et sans engagement votre brochure «Comment apprendre l'anglais ou l'allemand et parler couramment» ainsi que la cassette d'essai.

Anglais ou Allemand

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

c.c.e., Paris, 1988 Mon nom Mon prénom

N° et Rue Ville

Code postal Ville

LA FIN DU MÉROU ?

(Suite de la page 37)

ces mouvements migratoires ne concernent que relativement peu les sujets de grande taille, foncièrement casaniers, attachés pour très longtemps au même territoire.

Les nouveaux arrivants dans un "quartier" doivent souvent s'approprier des gîtes déjà occupés. Un mérou chassé de son trou est alors obligé d'investir un trou vacant du voisinage, ou de s'exiler dans un secteur différent, parfois éloigné. Les chercheurs n'ont pas réussi encore à déterminer si c'est le seul fait d'être éjecté de chez lui par un congénère qui conduit le mérou à partir, ou si un instinct "bourlisseur" le pousse à la découverte de nouveaux sites. Le sédentarisme prononcé des sujets de grande taille — justement ceux qu'il n'est pas facile de déloger de leur antre — peut laisser supposer que les individus moins forts ne partent souvent que contraints.

Pour la zone étudiée, les chercheurs ont constaté une remarquable stabilité, sur une durée de plusieurs années, de la structure démographique de la population des mérous.

On a longtemps affirmé que les mérous sont des hermaphrodites purs, c'est-à-dire qu'ils possèdent

UN RECENSEMENT DIFFICILE

La notion même d'espèces rares en milieu marin est difficile à cerner. Les causes de cette rareté peuvent être imputables à un effort d'échantillonnage trop faible, une surexploitation de l'espèce (rareté artificielle) ou à une réelle rareté dans le milieu (rareté écologique) ; il est souvent très délicat d'opter pour l'une ou l'autre de ces causes. Par ailleurs, cette notion de rareté possède une composante temporelle très importante, dépendante de la dynamique à long terme de l'espèce.

Depuis assez longtemps, les écologistes terrestres ont décrit l'existence de cycles à long terme, sur plusieurs années, dans les populations de vertébrés terrestres. L'élaboration théorique de tels cycles a pu se faire grâce à des outils mathématiques, modélisant les relations proies-prédateurs. Plus récemment, des concepts de régulation météorologique sont venus compléter ces premiers modèles pour essayer notamment d'expliquer les cycles d'une dizaine d'années. Mais surtout, ces cycles à long terme ont pu être validés par des observations de terrain (mesures d'abondance, par

exemple, d'une espèce dans son milieu), effectuées pendant de longues années. Or, en milieu marin, les scientifiques actuels ne disposent que très rarement de telles estimations d'abondance sur une longue période de temps et les relations proies-prédateurs qui régissent ces fluctuations sont, le plus souvent, imparfaitement connues.

Cependant il est probable que les cycles à long terme des populations de poissons marins suivent le même type de fluctuation. De nombreux exemples actuels permettent de penser que des espèces, considérées jadis comme rares, sont actuellement plus fréquemment observées sur nos côtes.

Est-ce réellement la visualisation d'un effet de ces cycles à long terme, ou les causes sont-elles encore différentes (modification du milieu ambiant, réchauffement des eaux, par exemple, avec arrivée massive d'espèces thermophiles) ? L'absence de données anciennes fiables, surtout quand on s'adresse à des espèces littorales, ne permet pas, malheureusement, de répondre simplement et précisément à ces questions.



Il peut vivre 50 ans et mesure plus d'un mètre. Dans sa jeunesse (jusqu'à 5 ans), il est femelle ; il passe donc la majorité de sa vie à l'état de mâle.

les organes génitaux mâles et femelles, lesquels sont tous deux fonctionnels. C'est inexact. En réalité, il se produit avec l'âge une inversion sexuelle, une transformation d'origine hormonale qui s'opère dans de nombreuses espèces de poissons. On parle dans ce cas d'"hermaphrodisme protogyne", ou encore "protogynie", parce que le poisson est dans un premier temps une femelle.

Ainsi, le plus souvent, les mérous de moins de 3 kg sont encore des femelles immatures. Entre 3 kg et 5 kg, ce sont déjà des femelles fonctionnelles, très rarement des mâles précoce ; mais on trouve des sujets de cet âge — de trois à cinq ans — qui ont les deux sexes. Ensuite, on rencontre de moins en moins de femelles et de plus en plus de mâles fonctionnels : les femelles sont progressivement devenues des mâles complets, avec tous les attributs anatomiques, morphologiques et éthologiques propres à ce sexe.

La transformation survient à des âges variables et durant une longue période. Il est donc difficile de déterminer, avec précision l'âge de l'inversion sexuelle. Cependant, il semble que le processus survient surtout après neuf ans. Considérant la longévité du mérou — pas loin de 50 ans, pour une taille de 1,20 m —, il passe donc la majorité de sa vie à l'état de véritable mâle, bien qu'avec des vestiges d'organes femelles.

Sur les côtes françaises, la proportion mâles-femelles — le *sex ratio* — est résolument à l'avantage des mâles ; les individus de faible taille, autrement dit les femelles, sont en nette minorité. Jusqu'à ces dernières années, en Méditerranée nord-occidentale, on ne rencontrait pas de très jeunes mérous — moins de 25 cm de longueur —, âgés d'un an ou de deux ans : cette absence témoigne d'un dramatique échec de la reproduction. La mise en évidence de déplacements, de plus ou moins grande envergure, a permis d'avancer l'hypothèse d'une reproduction sur les côtes nord-africaines et d'une migration progressive des jeunes en direction des côtes françaises.

Toutefois, depuis deux étés, on a observé de très jeunes mérous — 10 cm de longueur ou même moins — au large de la Corse et des côtes méditerranéennes au nord de l'Espagne. Est-ce un renversement de la tendance, un retour en force de l'espèce ou un épisode sans lendemain ? La présence de ces très jeunes poissons, de moins d'un an souvent, pourrait signifier la relance de la reproduction dans nos eaux, celles de la Corse notamment. Mais peut-être ne s'agit-il que d'un phénomène éphémère (*voir encadré page ci-contre*). Ces jeunes sujets, en faible nombre encore, sont de toute façon très vulnérables. Ils se tiennent, sur des fonds d'éboulis rocheux de quelques mètres de profondeur seulement. Ils ont déjà un comportement très proche de celui des adultes, immobiles devant leur trou, et deviennent alors une proie vulnérable pour les chasseurs.

La chasse sous-marine porte assurément une grosse part de responsabilité dans la raréfaction du mérour en France. Mais d'autres facteurs sont à considérer tel que l'éloignement des zones de reproduction (plus les zones de frai sont éloignées de nos côtes, plus les obstacles rencontrés par les jeunes mérous sont nombreux).

L'avenir du mérour méditerranéen est-il irrémédiablement condamné ? Non, mais il faut agir vite. Sa sauvegarde dépend d'une solution globale à l'échelle du bassin méditerranéen tout entier, adoptée et mise en œuvre par l'ensemble des pays riverains. Or, on sait combien les gouvernements traînent les pieds en matière de décision écologique, et combien il est difficile d'obtenir des accords internationaux dans ce domaine.

Il est donc urgent d'étendre immédiatement à toutes nos côtes les mesures de protection qui, pour l'instant, s'appliquent uniquement au littoral corse.

Des mesures concrètes, et à grande échelle, ont été instamment demandées par les scientifiques réunis en novembre 1989, à Carry-le-Rouet, dans un colloque international consacré au sauvetage des espèces marines les plus menacées de la Grande Bleue.

Patrice Francour

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'interrogatoire (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. 041/235.10

BON POUR UNE DOCUMENTATION GRATUITE
ET SANS ENGAGEMENT

Nom

Prénom

Adresse

C.P. Ville

F17

LA CULTURE GÉNÉRALE

clé de votre réussite aujourd'hui !

Oui, dans toutes vos relations, pour tous les emplois, on vous jugera sur votre culture. Votre réussite professionnelle et personnelle en dépendent.

Oui, grâce à la Méthode de Culture Générale de l'ICF, claire et pratique, vous pouvez en quelques mois compléter vos bases, acquérir plus de confiance et une meilleure aisance, affirmer votre personnalité et être à l'aise dans tous les milieux..

20 cours (Arts, littératures, droit, philosophie, économie, sciences, politique, etc...). Le parcours santé de l'équilibre et de la réussite., accessible à tous.

Documentation gratuite à : Institut Culturel Français, Service 7166, 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois, Tél. : (1)42.70.73.63



BON D'INFORMATION GRATUITE

à compléter et retourner à ICF, service 7166
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Veuillez m'envoyer à l'adresse ci-dessous, la documentation complète sur votre méthode.

Nom :

Adresse :

.....

LE CARBURANT EN GRAINS

(suite de la page 93)

est déjà très encombré. Fort heureusement des recherches menées par l'Onidol tendent à prouver que la glycérine améliore la qualité des viandes en facilitant la rétention d'eau et pourrait donc avoir d'importants débouchés en alimentation animale.

Mais, comme on l'a vu, la détaxation du diester n'est que provisoire. Son régime fiscal ne sera définitivement fixé qu'en 1993, au vu des résultats des tests techniques et en concertation avec les autres membres de la CEE ; marché unique oblige. D'après les calculs réalisés par Sofiprotéol, la France devrait être gagnante. Pour une production annuelle de 500 000 t de diester, réduire la TIPP de 1,20 F par litre représente, certes, une moins value fiscale de 680 millions de F. Mais ce biocarburant étant produit sur le sol français, l'Etat récupère dans le même temps un supplément de 744 millions de francs de recettes de TVA et de 589 millions de francs de cotisations aux différents régimes sociaux.

Mais cette étude ne dit pas ce que la France devra payer en plus au budget de la CEE pour subventionner plusieurs centaines de milliers d'hectares de colza supplémentaires. Pour rester à parité avec le gazole, l'huile vouée à la production de diester doit bien évidemment être vendue au cours mondial, soit à un prix insuffisant pour rémunérer le travail des agriculteurs. Pour la récolte 1990, la CEE a déjà versé en moyenne 5 000 F d'aide par hectare de colza. Et elle propose aux agriculteurs qui acceptent de geler leurs terres une prime de 2 500 à 3 300 F par hectare. En France, la Fédération des producteurs d'oléagineux et de protéagineux demande à la Commission européenne d'accepter le principe de la "jachère énergétique" où les producteurs de colza "vert" toucheraient une aide comprise entre ces deux niveaux. Par ailleurs, ce syndicat fait valoir qu'une augmentation des surfaces de colza se traduira automatiquement par une baisse de la production de céréales qu'il faut également subventionner lorsqu'il s'agit de les exporter sur le marché mondial.

En pleines négociations du GATT, où il est plus question de réduire que d'augmenter le soutien à l'agriculture, la partie s'annonce serrée. Mais le diester a pour avantage d'être une énergie renouvelable. Bien sûr, la pénurie de pétrole n'est pas pour demain. Certains experts pensent que les réserves connues et celles qui restent à prospection représentent quatre siècles de consommation au rythme actuel. Donc, pas d'affolement ! Mais quatre siècles c'est à la fois très long et très court. Que serions-nous aujourd'hui si les contemporains d'Henri IV avaient tenu le même raisonnement ?

Marc Mennessier

SIX PISTES NUMÉRIQUES POUR LE 7^e ART

(suite de la page 117)

opération, les pistes arriveront en série. Cela est lié au principe de fonctionnement de la barrette : en sortie de barrette, on retrouvera successivement le contenu de la 1^{re} piste, puis de la 2^{ème}, de la 3^{ème}, etc, et ce, jusqu'à la 180^{ème} piste. Sur ce signal défileront donc les données du mot de synchronisation, puis celles des mots utiles et enfin celles des mots redondants.

Enfin, tout comme en analogique, la lecture du son doit s'effectuer à un endroit où le déplacement du film est régulier ; cette opération est donc impossible au niveau de la fenêtre de projection, puisque ce dernier y présente un mouvement saccadé. Il faut donc placer la barrette de lecture soit en amont, soit en aval. En analogique, afin que la synchronisation image/son soit respectée, on décale physiquement la position du son par rapport à l'image sur le film. Cela est particulièrement gênant lors du montage des bobines ou lorsque l'on souhaite supprimer quelques images quand la pellicule est endommagée. Toute coupure effectuée sur une séquence provoquera une coupure son décalée particulièrement désagréable. En numérique, le son sera donc enregistré sur le film au même niveau que l'image. Si on en supprime une, on supprimera de ce fait uniquement le son lui correspondant. Cependant, la lecture du son s'effectuant en amont de la fenêtre de projection, un retard électronique lui sera appliqué.

Hormis la simplification du montage, ce point présente un autre avantage. En effet, le matériel des projecteurs conventionnels n'est absolument pas adapté à la lecture des pistes numériques. Il faut donc pouvoir ajouter la barrette de lecture à l'équipement existant. Or, d'un projecteur à l'autre, l'emplacement le mieux adapté à sa fixation mécanique n'est pas forcément espacé d'un nombre d'images identique de la fenêtre de projection. Ici le retard électronique, réglable en durée, permettra de s'adapter parfaitement à chaque situation.

Enfin, en plus du contrôle des canaux, le mot de synchronisation permet d'inclure un codage aux normes MIDI (permettant, par exemple, le basculement automatique d'un projecteur à l'autre en fin de bobine).

Actuellement, peu de salles encore sont équipées du système CDS (*Cinema Digital Sound*). Incompatibles avec la lecture optique traditionnelle, les films tournés selon ce procédé sont également proposés en version son conventionnel. Cependant, si le coût de l'équipement de lecture CDS reste élevé, sa mise en place, en revanche, ne demande pas de modifications importantes de l'appareil de projection. Bien qu'elle ne soit pas encore prévue, la location de ce type de matériel pour l'exploitation en salle n'est pas exclue pour le futur.

Henri-Pierre Penel

LES OISEAUX MIGRATEURS

(suite de la page 49)

ouest, comme s'ils voulaient se placer dans l'axe de séparation des deux compartiments.

Ces expériences apportent une nouveauté : elles démontrent que le comportement migratoire ne s'hérite pas selon le mode dominant défini par Mendel, mais selon un mode intermédiaire, comme il en existe de multiples exemples dans la nature.

Le comportement migratoire présente aussi la particularité d'évoluer au cours des générations, ce qui n'est en principe pas le cas des autres caractères génétiques (sauf accident par mutation, comme l'albinisme). Depuis la fin des années cinquante, on remarque en effet qu'une proportion importante de fauvettes sauvages à tête noire d'Allemagne n'émigrent plus vers le Maroc, comme elles le faisaient naturellement, mais vers la Grande-Bretagne, c'est-à-dire qu'elles ne prennent plus la direction sud-ouest, à laquelle elles étaient habituées, mais la direction plein ouest. Selon Christian Vansteenwegen, du Muséum d'histoire naturelle de Paris, l'explication serait qu'en Grande-Bretagne on a coutume, plus qu'ailleurs, de déposer l'hiver, sur les balcons, de la nourriture pour les oiseaux. Les fauvettes à tête noire se seraient d'abord "repassé le tuyau", puis l'auraient transmis à leur descendance, cela a été prouvé expérimentalement. Après avoir capturé ces fauvettes, on les a élevées en captivité, où elles se sont reproduites. Puis, quand les petits furent en âge d'émigrer, on les a lâchés individuellement dans la nature. Ils se sont tous dirigés vers la Grande-Bretagne. Avec l'expérience de la cage, on a obtenu des résultats identiques : les fauvettes ont occupé la case orientée à l'ouest.

« Ce n'est pas la première fois qu'on observe un tel changement de comportement », nous dit Vansteenwegen. Il cite l'exemple de la mésange charbonnière de Grande-Bretagne. Selon la tradition, les laitières britanniques déposent le matin, sur le pas de porte de chaque foyer, les bouteilles de lait. Comme celles-ci sont bouchées avec une capsule en aluminium, les mésanges ont appris à la percer.

« Lamarck n'avait pas aussi tort qu'on a voulu le faire croire », ajoute Vansteenwegen. Mais est-on bien sûr d'avoir affaire au lamarckisme ? Le Pr André Langaney, directeur du laboratoire de génétique et biométrie au Muséum d'histoire naturelle de Paris, nous a donné son avis : « Ces expériences sont passionnantes, mais difficiles à interpréter. Les migrations sont un domaine où il n'y a pas de solution simple et universelle. Actuellement, on n'a aucun indice sur la manière dont les itinéraires des migrations sont mémorisés et transmis de génération en génération. Il faut donc être prudent et ne pas conclure trop vite. »

Pierre Rossion

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 5193
35, rue Collange - 92303 Levallois.**

Tél. : (1) 42.70.81.88

UNE OREILLE PARTOUT!

MICRO-ESPION TX 2007



Pour tout surveiller,
tout découvrir, tout savoir,
à distance, tout entendre discrètement et de loin.

TRÈS SIMPLE : une pile de 9 volts à brancher, et c'est tout !
Dès lors, il émet pour vous.

Fréquence réglable de 88 à 115 MHz. Pile 9 volts.

TRÈS DISCRET : très petit, sans fil, sans antenne si nécessaire, fonctionne en silence, invisiblement.

TRÈS UTILE : grâce à son micro, il peut tout capter, les conversations et la moindre action de l'endroit où il est placé.

Il vous suffit d'écouter Incognito sur votre poste radio FM dans un rayon de 300 à 500 m (et même bien plus si nécessaire par simple rajout de piles si l'antenne selon le mode d'emploi). Une radio FM suffit (walkman FM, auto-radio, chaîne hi-fi, radio K7 pour enregistrer, etc). Vous entendez tout, même les chuchotements.

Traverse les murs, plafonds, cloisons, immeubles, etc.

TRÈS UTILE... pour surveiller vos enfants, malades, mais aussi vos biens, maisons, bureaux, magasins, bateaux, caravans, gîtes, etc. ou bien des voisins pour éviter les vols, etc.

Pour assurer également les problèmes de confiance, escroqueries, vols, débrouillages, etc.

Essayez vite et sans risque cet appareil, surprenant de puissance et si utile. Vraie petite radio-libre (voir mode d'emploi).

PRAGMA, fabricant, fournit les administrations, police, armée, ambassades, détectives, professionnels, etc.
POUR COMMANDER, DÉCOUPEZ OU RECOPiez CE BON ET ENVOYEZ-LE A :

Laboratoires PRAGMA, 276, bd Chave, 13005 MARSEILLE ou commandez par téléphone :
91 34 34 94 (lignes groupées). - Par Minitel : 3615 PRAGMA - Par Fax : 91 49 11 91

ENVOI RECOMMANDÉ ET RAPIDE 48 H

<input type="checkbox"/> Oui, expédiez-moi xp	TX 2007	NOM : _____
au prix unitaire de 270 F + 25 F de port Colisimo.		PRENOM : _____
<input type="checkbox"/> Ajoutez-moi xp	piles 9 volts alcalines(s)	ADRESSE : _____
au prix unitaire de 30 F		CODE POSTAL : _____ VILLE : _____
<input type="checkbox"/> Ajoutez-moi votre catalogue "Produits très spéciaux"	ou prix de 30 F (Gratuit sur 3615 PRAGMA).	PAYS : _____

<input type="checkbox"/> Je vous joins mon règlement par :	Paiement par Carte Bleue : _____	
<input type="checkbox"/> Chèque	<input type="checkbox"/> Mandat-livre	<input type="checkbox"/> Carte Bleue (d-contre)
Expire à fin : _____ Signature : _____		

ACTUALITÉ COMMERCIALE

Un nouveau dirigeant pour ION INTERNATIONAL

ION INTERNATIONAL, INSTITUT D'ETUDES PROFESSIONNELLES ET FAMILIALES, réputé pour son sérieux, change de direction. A compter du 20 Avril 1991 **Madeleine GHERTMAN** devient Gérante majoritaire et Directeur Général.

DESS de psychologie conseil, **Madeleine GHERTMAN** enseigne l'analyse transactionnelle pendant trois ans à l'Ecole des psychologues praticiens. Elle intervient comme consultant indépendant depuis plus de dix ans auprès de petites moyennes et grandes entreprises : **D.I.M., DATAID, NIXDORF, SQUIBB, ESSO, EDF...**

La vocation de ION INTERNATIONAL, fondé en 1950, est d'appliquer au choix du partenaire idéal les méthodes qui ont fait leurs preuves dans le recrutement et la sélection professionnelle (analyse graphologique, tests, etc...). Ce choix scientifique permet une meilleure qualité de relation affective, et par voie de conséquence de réduire les risques d'erreurs.

Après 40 ans d'expérience, il ressort que ceux et celles qui ont bénéficié de ce système divorcent 5 fois moins que les autres.

Madeleine GHERTMAN connaît bien Ion International pour avoir travaillé en temps que Psychologue responsable du recrutement au sein du département L'EPA (qui appartient au même institut).

Elle entend bien poursuivre l'œuvre de **L.M. JENTEL**, fondateur de l'Institut dans le même esprit et selon la même éthique.

PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas)
Couverture : C. Broutin/Ciel et Espace ; p. 2 : A. Paringaux — M. Lemoine — R. Sabatier — ORSTOM ; p. 3 : G. Marié — Karsh Camera Press — P. Francour ; p. 4/6 : J.-F. Dumont ; p. 13 : Manchu/Ciel et Espace ; p. 14 : Karsh/Impress ; p. 15 : P. Trievnor/Impress — C. Hildreph ; p. 16 : Cornell University — J.-P. Lumineau/Ciel et Espace ; p. 17 : Bland/Hawthorn/Ciel et Espace ; p. 19 : Giraudon ; p. 20 à 23 : Graphitt — D. Savoie ; p. 24 : Gamma — R. Bellone ; p. 25 : Fomiani/Orion Press ; p. 27 à 29 : Graphitt ; p. 30 : A. Meyer ; p. 31 : J. Orempuller/ORSTOM — H. Pouliquen ; p. 33 : G. Marié — DR ; p. 35/37 : X. Desmier/Cedri ; p. 38 : STF/Sunset ; p. 39 : P. Lambert ; p. 40/41 : M. Lemoine — Copyright VU DU CIEL par Alain Perceval-R ; p. 42 à 44 : M. Lemoine ; p. 46 : R. Sabatier ; p. 47 : R. Titman ; p. 48 : L. Delplanque/A.-F. Coulourny ; p. 50 : Keystone ; p. 51 : AFP — Presse Sports ; p. 52/53 : G. Marié ; p. 57 : Explorer ; p. 59 : Tallandier/Historia ; p. 61 : APN Novosti ; p. 62 : R. Sabatier ; p. 64 : Graphitt ; p. 65 : Bramaz/Jerrican — D.R. ; p. 67 : DR ; p. 68/69 : Graphitt — D.R. ; p. 70 : R. Sabatier ; p. 71 : DR ; p. 73 : A. Paringaux/Balad'air ; p. 74 : J.-C. Roudil ; p. 75 : V. Pereira ; p. 76/77 : A. Paringaux/Balad'air ; p. 78 : DR ; p. 80 : DR ; p. 81 : DPPI ; p. 82/83 : G. Marié — Citroën ; p. 84 : Citroën ; p. 85 : L. Lacoste/AAT ; p. 86/87 : D. Mailiac/REA — DR ; p. 88/89 : Caron/Syagma — Socrate Communication ; p. 90 : Caron/Syagma ; p. 91 : Veysset/REA — Barton/ZEFA ; p. 93 : Veysset/REA ; p. 95 : B. Simon/Jerrican — A. Boulat/Sipa Press ; p. 97 à 104 : G. Marié ; p. 105 : Daudier/Jerrican ; p. 106 : A. Beimat ; p. 113 : E. Malemanche ; p. 114/115 : Christophe L — montage E. Malemanche ; p. 116/117 : I. Python — A. Meyer ; p. 118 à 121 : P. Lestienne ; p. 124/125 : M. Roux-Saget ; p. 130 : M. Toscas/Galerie 27 ; p. 132 à 134 : M. Roux-Saget ; p. 144 à 147 : E. Malemanche — DR ; p. 152 : P. Francour.

WANKEL ENLÈVE LES VINGT-QUATRE HEURES DU MANS

(suite de la page 85)

surface interne de la trochoïde. La difficulté était autrement ardue que dans le moteur à pistons où il faut étancher un cylindre glissant dans un autre cylindre avec une surface de contact importante.

Ici, la surface de contact se réduit à une étroite ligne aux sommets du triangle, et les segments sont soumis à un travail extrêmement dur. En fait tout repose sur le couple "métal des parois/métal des segments" ; si la combinaison n'est pas juste, une usure très rapide met le moteur hors service en peu de temps. Le profil des éléments, les dépôts et traitements de surface jouent ici un rôle majeur, et font évidemment partie des secrets de fabrication.

Les ingénieurs japonais de Mazda ont, à l'évidence, résolu ces problèmes grâce à une foule d'innovations minuscules mais décisives dans le choix des matériaux et des lubrifiants. Du même coup, ils ont aussi dominé deux autres points faibles du Wankel : la consommation et la pollution. Le système des lumières que découvre ou cache le rotor dans son mouvement laisse toujours passer un peu de l'huile de lubrification, d'où l'émission de résidus imbrûlés.

Les techniciens ont toutefois réussi à surmonter ce problème puisque les Mazda sont commercialisées aux Etats-Unis où les normes antipollution sont des plus strictes. La consommation, elle, découle de la forme aplatie et mobile du volume où se fait la combustion. Il faut un dispositif d'allumage et d'injection très affiné, et d'ailleurs contrôlé par un ensemble électronique, pour arriver à des rendements comparables à ceux des moteurs à pistons.

On doit d'ailleurs relever que la Mazda quadrirotor qui a remporté l'épreuve (type 787 B, 515 kW pour 830 kg) a consommé 2 180 litres d'essence, soit un peu plus de 44 litres aux cent kilomètres ; les Jaguar qui ont terminé derrière la Mazda ont eu besoin de 2 450 litres, soit 12 % de plus — elles étaient plus lourdes, mais ne roulaient pas 12 % plus vite. Le belge Jacky Ickx, qui dirigeait l'équipe japonaise, déclarait d'ailleurs peu avant la fin de la course : « La consommation relativement faible a été la force de notre voiture, et elle est à l'origine de notre bonne performance. »

Au total, une victoire fabuleuse pour la voiture numéro 55, une machine construite au Japon sur un brevet allemand et pilotée par un équipage européen — Gachot (France), Herbert (Grande-Bretagne), Weidler (Allemagne). Mais le véritable exploit reste avant tout technique : avoir maîtrisé seuls tous les problèmes que posait un moteur complètement original, et cela sans crédits militaires ni aides gouvernementales, il n'y a que les Japonais qui soient aujourd'hui capables de le faire ; il faut savoir le reconnaître.

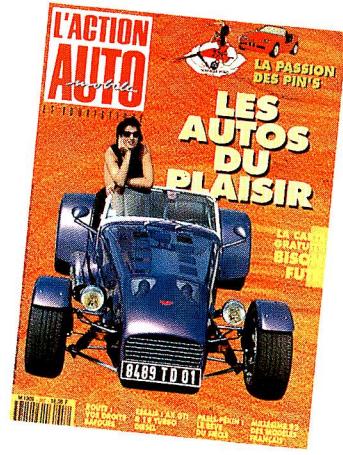
Renaud de La Taille

GRATUIT : LA CARTE BISON FUTE DETACHABLE

LES AUTOS DU PLAISIR.



C'est l'été ! Les vacances. Adieu grisaille et tracasseries quotidiennes. Salut l'évasion, les copains, l'amour... L'auto est toujours là, et elle profite de nos bonnes dispositions pour nous rappeler qu'elle peut aussi être une fantastique source de plaisir. De tous les plaisirs. Plaisir rétro, plaisir du luxe, du jeu, des yeux, toutes les voitures-plaisir sont dans L'ACTION AUTOMOBILE.
Vous trouverez aussi dans le numéro de juillet-août, l'essai complet de la nouvelle AX GTI et de la R 19TURBO D, les millésimes 92, et un grand reportage sur le raid Paris-Pékin.



L'INFO QUI TIENT LA ROUTE

..Tellement plus agréable!



SELON LA LOI N° 91.32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES