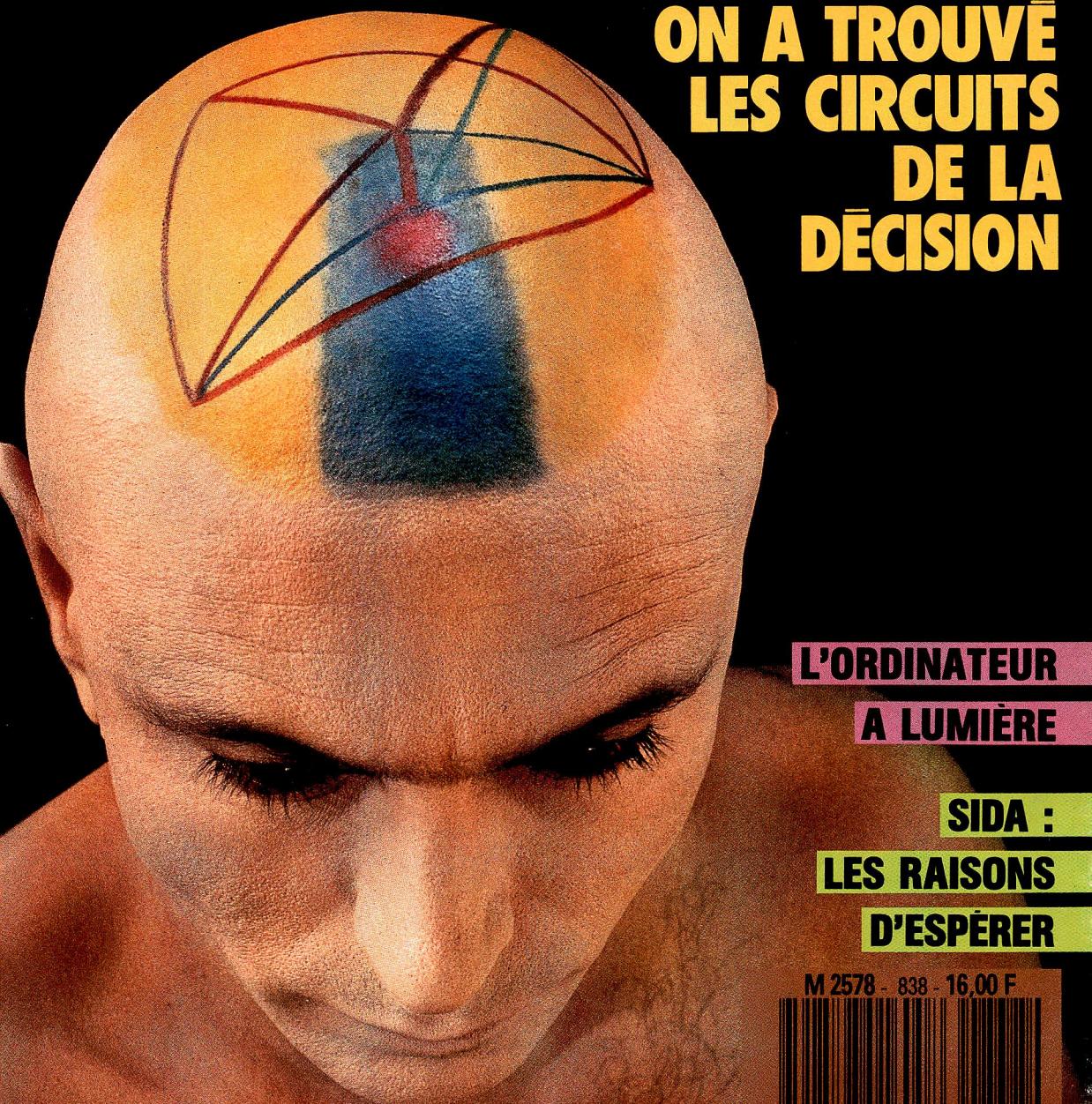


SCIENCE & VIE

MENSUEL

N° 838 JUILLET 1987

**CERVEAU :
ON A TROUVÉ
LES CIRCUITS
DE LA
DÉCISION**



**L'ORDINATEUR
A LUMIÈRE**

**SIDA :
LES RAISONS
D'ESPÉRER**

M 2578 - 838 - 16,00 F



Une hiérarchie des taux est toujours pas respectée

DISTRIBUTION La part des marques

AGRO-ALIMENTAIRE

Evolution de la part des marques de distributeurs

SECODIP
24 marchés

Jeumont-Schne
mise sur la commutation
publique rurale

A l'abri
des quotas

En pourcentage
de la valeur faciale

Les premiers accords de joint venture

MONNAIES Préparatifs pour une réunion du G5 ou du G7

De source autorisée à Washington, on apprend que David...
Sicav court terme : l'encours remonte à 329,3 milliards de dollars durant le week-end, et...
er, et on ignore...
nse n'a pas...
union, Grou...
F.A., France...
pt (avec l'Ita...
e de l'Economie...
déclaration...
né qu'une t...
avec l'objec...

La Consob pour la suspension de la décision de la cotation en continu

Les emprunts d'Etat réglés en 7 % Giscard

LORSQUE
L'ECONOMIE
DEVIENT CLAIRE...

L'

économie, c'est votre affaire. Vous en êtes un acteur dans votre vie quotidienne, comme consommateur, usager et contribuable, et aussi dans votre vie professionnelle, quelle que soit votre activité. Votre intérêt : bien connaître les règles du grand jeu de l'économie.

Mais êtes-vous sûr de toujours tout comprendre ? Si oui, bravo ! Sinon, rassurez-vous, vous n'êtes pas le seul.

Pour y voir clair, voici SCIENCE & VIE ECONOMIE... Chaque mois, SCIENCE & VIE ECONOMIE vous explique l'économie avec des mots simples et justes. Chaque mois, SCIENCE & VIE ECONOMIE vous donne les clés pour comprendre. Les fichelles, le dessous des mots et des chiffres, tout est décodé. Avec SCIENCE & VIE ECONOMIE, vous découvrez l'économie en clair. Vous allez être étonné.

Et puis, vous verrez, l'économie, c'est passionnant et ce n'est pas si compliqué quand c'est bien expliqué.

SCIENCE & VIE

ECONOMIE

COMPRENDRE POUR AGIR

AU SOMMAIRE
DU NUMERO
DE
JUILLET/AOUT :

- Exclusif : A qui appartient le capital des 200 premières entreprises françaises ?
- Un autodidacte peut-il encore réussir aujourd'hui ?
- Gestion : le Minitel fait ses preuves dans l'entreprise.
- Lloyd's : visite guidée du temple de l'assurance.

SCIENCE & VIE

• DIRECTION, ADMINISTRATION

Président : JACQUES DUPUY
Directeur Général : PAUL DUPUY
Directeur Adjoint : JEAN-PIERRE BEAUVALET
Directeur Financier : JACQUES BEHAR
Directeur Commercial publicité : OLLIVIER HEUZE

• 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 : GERARD MORICE
Assisté de MONIQUE VOGT
Secrétaire Général de Rédaction : ELIAS AWAD
Secrétaire de Rédaction : DOMINIQUE LAURENT,
FRANÇOISE SERGENT

Rédacteurs : MICHEL EBERHARDT, RENAUD DE LA TAILLE,
ALEXANDRE DOROZYNSKI, PIERRE ROSSION,
JACQUES MARSAUT, SVEN ORTOLI,
JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR, MARIE-LAURE MOINET,
ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER, PIERRE COURBIER

• ILLUSTRATION

ANNE LEVY
Photographe : MILTOS TOSCAS

• DOCUMENTATION

CATHERINE MONTARON

• CONCEPTION GRAPHIQUE

TOTEMA, ANTONIO BELLAVITA

• MAQUETTE

CHRISTINE VAN DAELE et LIONEL CROOSON

• CORRESPONDANTS

New York : SHEILA KRAFT, 115 East 9 Street - NY 10003 - USA
Science & Vie is published 16 times per year at International Messengers Inc. 3054 Mecom Bldg. 10, Houston, Texas 77032. Subscription price is \$ 70.00 for 1 year. Application to mail at second class postage rate is pending at Houston, Texas. Postmaster send address changes to : Science & Vie, International Messengers, Inc. P.O. Box 60326, Houston, Texas 77205. Tel. (713) 443 26 60.
Londres : LOUIS BLONCOURT, 16, Marlborough Crescent
London W4, 1 HF

Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.
Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans
5 rue de La Baume - 75415 Paris Cedex 08 - Tél. 45 63 01 02
Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY,
PAUL DUPUY

Tokyo : LIONEL DERSOT - Sun Height 205

2-14-1 Sakuragaoka
Setagaya-Ku - Tokyo 156

• SERVICES COMMERCIAUX

Marketing - Développement : ROGER GOLDBERGER
Abonnements : SUSAN TROMEUR
Assistée de : CHRISTIANE HANNEDOUCHE
Vente au numéro : BERNARD HERAUD
Assisté de : MARIE CRIBIER
Belgique : A.M.P. 1 rue de la Petite-Isle 10.70 Bruxelles

• RELATIONS EXTÉRIEURES

MICHELE HILLING
Assistée d'ANITA LJUNG

• PUBLICITE

Excelsior publicité - INTERDECO
67 Champs-Élysées - 75008 Paris - Tél. 42 25 53 00
Directeur de la publicité : DIDIER CHAGNAS
Chef de publicité : GHISLAINE DICHY
Exportunités : GHISLAINE DICHY
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS
Numéro de commission paritaire : 57284

• À NOS LECTEURS

Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier numéro. Changez d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 20 F en timbres-poste français ou étrangers à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

LES MANUSCRITS NON INSÉRÉS NE SONT PAS RENDUS
COPYRIGHT 1985 SCIENCE & VIE



ABONNEZ-VOUS A

SCIENCE & VIE

ETRANGER :

BENELUX 1 an simple
1 200 FB - 1 an. couplé 1 650 FB

EXCELSIOR PUBLICATIONS - B.P. N° 20 IXELLES 6 - 1060 BRUXELLES
CANADA 1 an simple 35 \$ Can. - 1 an couplé 50 \$ Can.
PERIODICA Inc. C.P. 444. Outremont, P.Q. CANADA H2V 4R6.

SUISSE 1 an simple 55 FS - 1 an couplé 80 FS
NAVILLE ET CIE, 5-7, rue Levrier, 1211 GENEVE 1.

USA 1 an couplé 62.50 \$

International Messengers Inc. P.O. Box 60326 Houston - Texas 77205

AUTRES PAYS 1 an simple 250 F. - 1 an couplé 320 F.

Commande à adresser directement à SCIENCE & VIE.
Recommandé et par avion, nous consulter.

1 AN - 12 Numéros

176 F 2 ans : 330 F

1 AN - 12 Numéros

+ 4 Hors Série

230 F 2 ans : 445 F

BULLETIN D'ABONNEMENT

A découper ou recopier et adresser
paiement joint, à SCIENCE & VIE
5, rue de La Baume 75008 PARIS

• Veuillez m'abonner pour :

- 1 an 1 an + hors série
 2 ans 2 ans + hors série

Nom.....

Prénom.....

Adresse.....

Code postal.....

Ville.....

Pays.....

Profession.....
(facultatif)

• Ci-joint mon règlement de F
par chèque ou mandat-lettre à l'ordre
de Science & Vie-Bred.
Etranger : mandat international ou
chèque compensable à Paris.

SV838



Photo Malhauz / Image bank

Les talons hauts, ce n'est pas dangereux. Une première étude sérieuse vient simplement de mesurer pourquoi les femmes qui en portent marchent différemment.

p. 53

Vers 1550, 500 millions ; vers 1800, un milliard ; vers 1920, deux milliards ; en 1960, trois milliards et, en 1974, quatre milliards. Ce mois-ci, on souhaite la bienvenue au 5 milliardième terrien... dans une joie toute relative...
p. 8



Photo P. Rocher / Jérôme

S O M M A I R E

SAVOIR

Forum	4	POUVOIR
Le cinq milliardième est arrivé	8	Superphénix en fuite
<i>Jean Ferrara</i>		<i>Jacqueline Denis-Lempereur</i> 72
Lestrous noirs ne sont plus à la mode	11	La faillite par l'énarque "effendi"
<i>Anna Alter</i>		<i>Gerald Messadié</i> 78
Nombres premiers : 2 000 ans de recherche	16	Premier lâcher de bactéries manipulées
<i>Renaud de La Taille</i>		<i>Marie-Laure Moinet</i> 80
La foudre sur table d'écoute	22	Le câble optique traverse l'Atlantique
<i>Isabelle Bourdial</i>		<i>Jean-Marc Pascal</i> 82
Cerveau : les circuits de la décision	28	US Navy : le défaut de la cuirasse
<i>Dr Jacqueline Renaud</i>		<i>Sven Ortoli</i> 84
Le blocage des gènes nocifs	36	L'ordinateur à lumière
<i>Pierre Rossion</i>		<i>Anne-Marie Rouzeré et Henri-Pierre Penel</i> 88
Diabète : tout est changé	42	Les dix règles du langage informe (atique)
<i>Pierre Rossion</i>		<i>Marc Boyer</i> 96
Sida : des raisons d'espérer ?	44	Echos de la recherche
<i>Christine Lefèvre</i>		<i>Dirigés par Gerald Messadié</i> 99
Les laboratoires juges et parties	50	Echos de l'industrie
<i>Jean-Michel Bader</i>		<i>Dirigés par Gérard Morice</i>
Talons hauts : la vérité	53	
<i>Jean-Michel Bader</i>		
La "Transat" des tortues	62	
<i>Claude Métier-DiNunzio</i>		
Echos de la recherche	65	
<i>Dirigés par Gerald Messadié</i>		

Plus besoin des trous noirs pour expliquer le mystérieux fonctionnement des quasars. Des chercheurs fran-

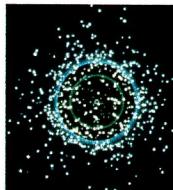


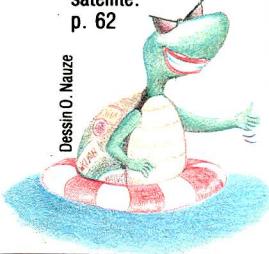
Photo Cornell University

çais viennent de mettre au point un nouveau modèle... à base d'ampoules de 100 watts.

p. 11

Bien qu'elle date de l'ère secondaire, la tortue-luth n'a jamais livré le secret de ses migrations. On va suivre sa trace par satellite.

p. 62



Desin O. Nauze



Photo AT & T Bell Laboratories

Le 30 juin 1988, le premier câble optique transatlantique, le TAT-8, reliera les Etats-Unis à la France et au Royaume-Uni. 4 fois la capacité du câble actuel en cuivre, le TAT-7.

p. 82

I R E

UTILISER

 Chiffrez l'érosion de votre retraite
Alexandre Dorozyński **106**

Reflex : l'électronique casse les prix
Laurent Douek **111**

Science & Jeux
Gilles Cohen, Yves Delaye, Renaud de La Taille, Henri-Pierre Penel, Daniel Ferro, **114**

Science & Vie a lu pour vous **133**

Echos de la vie pratique
Dirigés par Roger Bellone **136**

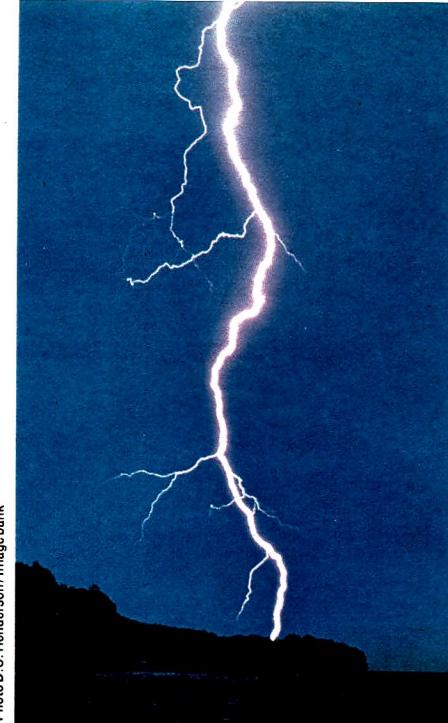
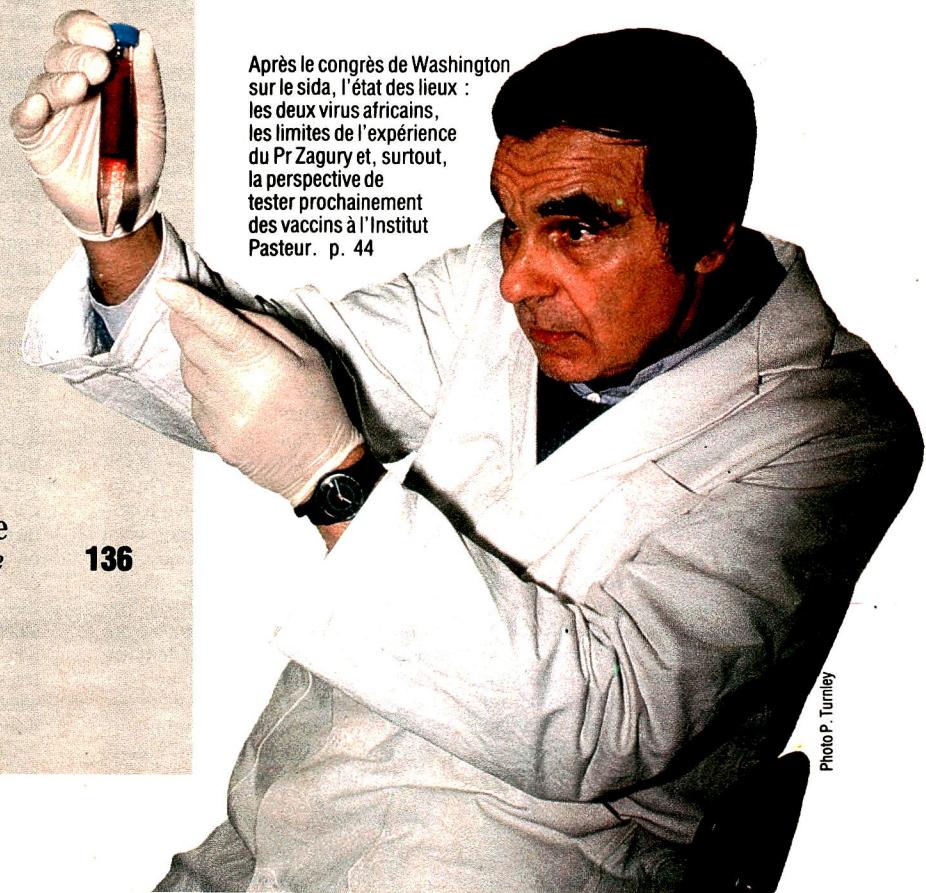


Photo D. S. Henderson / Image bank

La France vient de se doter d'un système de surveillance et d'étude de la foudre. Un outil au service de la météorologie, bien sûr, mais aussi de la recherche.

p. 22



Après le congrès de Washington sur le sida, l'état des lieux : les deux virus africains, les limites de l'expérience du Pr Zagury et, surtout, la perspective de tester prochainement des vaccins à l'Institut Pasteur. p. 44

Photo P. Turnley

FORUM

Un cas intéressant d'administration orale de l'information

Mme H. Queuille, responsable du développement au Laboratoire Pharmelac, nous adresse la lettre suivante :

«Page 68 et 69 du numéro 834 de mars 1987 de *Science & Vie*, votre journaliste publie un article sur les produits Pharmatex, un article qui serait très informé s'il n'avait pas mis dans ma bouche des propos totalement inventés, qui mettent en cause le Laboratoire Clin Midy.

» Je vous demande donc de procéder à une rectification dans votre prochain numéro qui, compte tenu des délais de bouclage, serait celui de juin.

» Voici le texte :

» Contrairement à ce qui a été publié page 69 dans *Science & Vie* du mois de mars 1987, Madame Queuille, responsable du Développement du Laboratoire Pharmelac, n'a jamais tenu les propos qui lui sont prêtés "oralement". Elle n'a jamais fait allusion aux produits Clin-Midy, ni à quelque autre produit "dit" concurrent.

» Il n'est pas dans les usages de la Pharmacie de tenir un langage désobligeant sur les confrères, attitude contraire à la déontologie la plus élémentaire. »

Le journaliste auquel a été administré oralement l'information, le Dr J.-M. Bader, n'est évidemment pas d'accord. Rappelons d'abord que notre article rendait compte du Pharmatex, lubrifiant qui tue le virus du Sida. Dans cet article,

nous rapportions les déclarations que nous avait faites par téléphone Mme Queuille, dirigeante au même laboratoire Pharmelac.

Ces propos mettaient en cause les laboratoires concurrents Clin-Midy. Maintenant, voilà que l'auteur de ces propos conteste les avoir tenus.

Autant nous accuser de mensonge ou d'hallucinations auditives. Mais nous ne sommes pas hallucinés, et pourquoi donc aurions-nous inventé ces propos ? C'est notre parole contre celle de Mme Queuille. Car, bien entendu, nous maintenons que cette dernière a bien tenu ces propos.

Le XXI^e siècle (ter)

Nous avons reçu encore de nombreuses lettres sur le moment où commencera le XXI^e siècle, dont quelques-unes sont désarmantes, telles celle de ce lecteur qui s'étonne et argue que le jour commence bien à 0 h... Mais, cher Monsieur, la 21^e heure, elle, ne commence que lorsque la soixantième seconde de la soixantième minute de l'heure précédente s'est écoulée, c'est-à-dire seulement après que vingt heures pleines se sont écoulées !

Le Dr Brès, de Marly-le-Roi, s'étonne aussi : «Jésus-Christ aurait-il vécu un an en ère païenne ?» Certes non, si l'on fait commencer le 1^{er} siècle à l'heure de sa naissance. Il se trouve toutefois que Jésus-Christ aurait vécu quand même en ère païenne.

D'abord, s'il est né le 25 décembre, comme le veut la tradition, il a vécu une semaine en ère païenne, le premier siècle de notre ère ne commençant qu'une semaine plus tard.

Ensuite, le calendrier julien, introduit par Jules César en l'an 46 avant notre ère, soit l'an 708 de la

fondation de Rome, fut celui qui domina le monde latin jusqu'à l'introduction du calendrier grégorien, en 1582.

Enfin, même selon le calendrier grégorien, il semble certain que Jésus-Christ est né en 6 ou 7 av. J.-C., si l'on peut dire.

Nous avouons avoir été confondus par l'astuce d'un autre lecteur qui fait intervenir la notion, certes inédite, d'une "année zéro" ! Théoriquement, si l'on veut, on pourrait considérer que les premiers moments de la première année du premier siècle de notre ère se situaient en l'an zéro mais, en fait, une fois l'an zéro fini, on passait à l'an 2, puisqu'une année s'était écoulée, et comme il n'est pas possible de sauter pieds joints par-dessus l'an 1 ou de prétendre qu'il n'y a pas eu d'an 1, il faut convenir que "l'an zéro" n'était en fait que l'an 1. Ouf !

M. Berreuz, de Kigali, au Rwanda, écrit : «A mon avis, après 0 h, le 31 décembre 2000, il reste encore les 24 h de ce 31 décembre 2000 avant que commence le XXI^e siècle.»

Exact : le XXI^e siècle commence après 12 h-minuit le 31 décembre 2000.

Puisque les problèmes mathématiques fascinent tant nos lecteurs, nous leurs proposons celui-ci, qui démontre qu'il faut à la fois se méfier du bon sens mathématique dans des cas tels que la définition du début du XXI^e siècle. C'est l'histoire de trois marins qui vont déjeuner ensemble au restaurant et commandent chacun le menu, qui coûte 50 F. Ils paient l'addition, qui se monte à 150 F, mais protestent que c'est bien cher pour une solde de marin. Le patron les prend en sympathie et charge le serveur de leur rembourser 20 F. Retournant vers la table des marins, le serveur se dit que ce sera bien compliqué de diviser 20 F par trois, pour rendre à chacun son dû ; il décide donc de se mettre 5 F en poche et de rembourser 5 F à chacun des trois marins, c'est-à-dire qu'il rembourse 15 F au total. Chaque marin a donc payé 50 F - 5 F = 45 F, ce qui, multiplié par trois, donne 135 F. Le serveur ne s'est mis que 5 F en poche. Où sont donc passés les 10 F manquants ?...

Cela dit, nous ne reviendrons pas sur cette histoire de l'an 2 000 !

LONGUE VIE A TOUS LES VEHICULES TERRESTRES!

métal 5



Pour maintenir, toute sa vie durant, votre moteur à son meilleur niveau, entretenez-le avec Métal 5. Composé de microparticules métalliques (cuivre traité au zinc et à l'argent), Métal 5 assure une parfaite remétallisation des pièces soumises à friction, dès qu'une trace d'usure y apparaît.

Versé toutes les 2 vidanges, Métal 5 prolonge la vie de votre moteur, lui garde intacte toute sa puissance et diminue les surconsommations d'huile ou de carburant.

Une preuve irréfutable : la mesure des compressions. Avec Métal 5, elles remontent et s'équilibrivent (voir graphes).

Métal 5 est distribué aujourd'hui par plus de 10 000 professionnels auto et par le réseau Automoto-

biles Peugeot (concessionnaires et agents). Points de vente et renseignements techniques personnalisés au Centre d'Information Métal 5, SODITEN S.A., 105, rue de Billancourt, 92100 Boulogne. Tél. (1) 48 25 73 73.

Métal 5. Le N° 1 des remétallisants moteurs

16 pages illustrées : 14 questions de consommateurs, 14 réponses Métal 5. Disponible chez votre professionnel auto ou sur retour de ce coupon.

Nom _____

Adresse _____

Tél. _____

Code postal _____ Ville _____



SV 8707

"Lyme" n'est pas "Steere"

Précisions du Dr Chouraki, de Paris :

« Je me permets de vous signaler une légère erreur dans votre court article sur la maladie de Lyme, page 62 du numéro de mai 87. Lyme ne désigne pas le nom du médecin, ni du malade, mais de la petite ville du Connecticut où la maladie a été décrite en 1976 par le Dr Allen C. Steere.

» Il s'agissait alors de l'arthrite de Lyme. Assez rapidement, l'équipe de Steere mettait en évidence la précession par un érythème dû à une morsure de tique, les complications neurologiques possibles et l'efficacité des antibiotiques. Enfin l'isolement du spirochète responsable a récemment couronné ces recherches et permis la mise au point d'un séro-diagnostic.

» Le rapprochement avec l'érythème chronique migrateur et les méningo-radiculites à tiques, bien connues en Europe depuis longtemps, s'impose rapidement mais pourquoi était-on passé à côté de l'arthrite ? Retrouvait-on en France la même espèce de tique et le même spirochète qu'aux Etats-Unis ?

» C'est la disponibilité du séro-diagnostic qui a permis de montrer qu'il s'agissait bien de la même maladie des deux côtés de l'Atlantique et qu'elle était moins rare qu'on le pensait.

» Le Dr Steere a récemment participé à la Journée de rhumatologie de l'Hôpital Cochin consacrée aux "nouvelles infections dans les maladies rhumatismales". »

Sida : la politique en cause

M. G.A. Ynchboat, de Calais, s'étonne que nous n'ayions pas exposé les théories en cours sur la fabrication en laboratoire du virus du Sida, par les Soviétiques ou par les Américains.

Ce lecteur trouve, en effet, que l'irruption de ce virus à partir de 1980 seulement, est tout à fait sus-

pecte. Nous consacrons d'ailleurs un article à ce sujet dans le présent numéro (voir page 44). Mais observons, au passage, que ce n'est pas la première fois qu'une épidémie est déclenchée par un germe nouveau, ou apparemment nouveau. L'épidémie de grippe espagnole, apparemment causée par le virus de la grippe du porc, fit en quelques mois 25 millions de morts dans le monde, en 1919.

La maladie des Légionnaires, brutalement apparue dans les années 1970, était jusqu'alors ignorée. Des biopsies de poumons de gens morts d'affections respiratoires dans les années 1940 démontrent par la suite que cette maladie sévissait depuis longtemps, mais qu'on la prenait pour une pneumonie particulièrement violente.

Enfin, des biopsies récemment effectuées sur des cadavres de gens décédés il y a plusieurs années de suites de maladies nerveuses indiquent que le Sida existait déjà en 1959, sinon auparavant, car on y a bien retrouvé le virus HIV. Les maladies causées par les virus sont particulièrement déroutantes, car les virus ont un pouvoir de mutation très étendu.

Le Sida occupe dans la presse, écrite, radiophonique et télévisée, une place considérable, pour ne pas dire déraisonnable. Depuis cinq ans, le nombre total des décès dus à la maladie dans le monde entier est inférieur à 50 000. Sur 5 milliards de Terriens. Les guerres qui ont eu et ont encore lieu en cette période « de paix », les accidents de la route, les suicides (quelque 10 000 rien qu'en France chaque année, soit autant que le Sida dans le monde entier) ont fait beaucoup plus de morts.

Mais enfin, il est concevable que certains de nos lecteurs soient impressionnés par l'avalanche d'informations anxiogènes qui leur est administrée, parfois à la cadence de plusieurs pages d'un même quotidien ! C'est ainsi que Mme Eliane Barbeau, de Montpellier, nous adresse une longue, très longue lettre (14 pages écrites serré) qu'il nous est impossible de publier ici, faute de place, au sujet du Sida.

Après nous avoir félicité de prendre la défense de la nature et reproché de ne pas souscrire au

naturisme, notre correspondante nous demande notre avis sur son hypothèse : c'est que le Sida serait le produit d'un dérèglement de l'organisme d'origine psychologique. Mme Barbeau fait, à l'appui de son hypothèse, intervenir ensuite des « électrons négatifs » qui perturberaient le système nerveux. Cette hypothèse nous a été plusieurs fois soumise, et c'est pourquoi nous y répondons ici, une fois pour toutes.

• L'existence de plusieurs virus HIV, responsables de l'infection des lymphocytes T, qui peut mener au Sida, est un fait biologique indiscutables, comme l'existence des virus de la grippe, de la varicelle ou de l'herpès. Leur mode d'action est en train d'être établi, des stratégies de lutte sont aussi en cours de mise au point. Il est donc impossible d'assimiler le Sida à une maladie psychosomatique.

• Cela étant, il faut rappeler la déclaration du Pr Montagnier, selon qui le virus HIV est nécessaire au déclenchement du Sida, mais il n'est pas suffisant : il y a un co-facteur, que l'on recherche, infection syphilitique, herpès, hépatite... Il y a donc déjà abaissement des défenses immunitaires provoqué par une infection antérieure.

• La dépression nerveuse, évoquée par notre correspondante, peut évidemment jouer un rôle, de même que de nombreux autres facteurs, tels que le surmenage. Il nous paraît impossible de circonscrire la dépression nerveuse à un groupe de population donné, comme le fait notre correspondante pour les homosexuels. L'extension considérable de la maladie parmi les hétérosexuels, dans le monde entier et surtout en Afrique, ainsi que la contamination de certains transfusés démontrent abondamment que les facteurs de déclenchement de la maladie sont bien physiologiques d'abord.

• Il semble qu'il existe des prédispositions génétiques, ethniques et individuelles. Avec 120 millions d'habitants, le Japon n'a enregistré que 38 cas ; avec 220 millions, les Etats-Unis en comptent plus de 35 000. L'Inde ne semble pas affectée, mais en Afrique, le Sida fait des ravages. On a déjà identifié un facteur, une protéine « immunitante ».

Quant aux théories sur les élect-

trons, il en est beaucoup. Faisons toutefois observer à notre correspondante que tous les électrons sont normalement négatifs. En ancienne "hospitalière", elle devrait le savoir.

Informer ou ne pas informer ?

Le Pr M.O. Réthoré, de l'Hôpital des Enfants-Malades, nous écrit pour nous dire que « l'article paru en avril 1987 au sujet de rapports existant entre la trisomie 21 et la maladie d'Alzheimer a cruellement blessé le cœur de certains parents. Je sais que cela n'était pas votre but, mais il est de mon devoir de médecin de vous le faire savoir. La recherche scientifique est indispensable. Elle est source d'espérance et doit être soutenue et donc connue. Mais elle ne doit jamais oublier que les maladies que l'on étudie touchent des hommes et des femmes avec tout ce que cela suppose... La vulgarisation scienti-

fique est, de ce fait, extrêmement délicate dans ce domaine. Elle suppose une grande sagesse et beaucoup de cœur... ce qui ne s'accorde guère avec le sensationnel ! Le choix de mots permet de mettre en relief l'aspect positif de la découverte en montrant comment les malades peuvent bénéficier de cette connaissance... ou, au contraire, risque de couper les ailes de ceux qui veulent avancer, même un tout petit peu. »

Nous rendons hommage à l'humanité de notre correspondant. Nous tenons également à souligner que l'article, de notre collaborateur Alexandre Dorozynski, exposait en détail les très nombreux travaux français et étrangers qui ont permis d'établir que mongolisme et Alzheimer semblent causés par le même gène. L'article n'implique nullement qu'un cas d'Alzheimer dans une famille vole irrésistiblement à des naissances de mongoliens, ou inversement. Quand même cela eut été, d'ailleurs, l'information n'eut pu qu'inciter à la prudence les parents qui

envisagent de concevoir des enfants, l'incidence augmentant avec l'âge de la mère (1 risque sur 2 000 si la mère a 20 ans, 1 sur 300 si elle a 35 ans, 1 sur 100 si elle a entre 40 et 45 ans). Notre article devrait donner confiance, puisqu'il indique que les recherches dans ce domaine sont très actives et qu'avec les progrès de la biologie, il sera possible dans un avenir prévisible de dépister les sujets à risques, peut-être les fœtus menacés et, dans un avenir plus lointain, de rectifier l'anomalie génétique. Nous n'avons cherché aucun "sensationnalisme", l'information se suffisait à elle-même. Et, pour nous, elle prime.

RECTIFICATIF

Une erreur s'est glissée dans les premières phrases de notre article "La sécurité en mer viendra du ciel", page 90, du précédent numéro de *S & V*. Il fallait lire, comme nos lecteurs auront rectifié d'eux-mêmes en lisant la suite du texte, "stations" et non "satellites" du réseau hertzien classique. ●

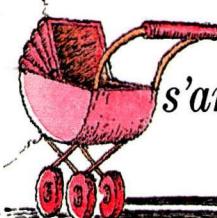
**COMMENT J'AI
REFAIT SURFACE.**



TUBE NESTLÉ. L'ÉNERGIE CONCENTRÉE.

LE CINQ-MILLIARDIÈME EST ARRIVÉ !

*On ne sait pas où il est né,
mais on sait qu'il l'est,
ce "cinq-milliardième"
dont la naissance a
été saluée par un
volumineux rapport
des Nations unies. Et
la population mondiale
continue de croître,
à la cadence d'un
milliard tous les
douze ans. Où cela
s'arrêtera-t-il ? Et quand ?*



Le Fonds des Nations unies pour les activités en matière de population (FNUAP), dans son "rapport sur la population mondiale — 1987", souhaite la bienvenue au "cinq-milliardième". Mais il lui prévoit un avenir triste. Selon les statistiques, il naîtra sans doute dans la pauvreté. En effet, 9 enfants sur 10 qui naissent aujourd'hui voient le jour dans un pays en développement : un peu plus d'un milliard d'individus vivent dans les pays riches, industrialisés, et ils ont peu d'enfants (environ 2 par femme, parfois moins) ; les autres, plus nombreux, ont un indice de fécondité de plus de 4 enfants par femme.

Si le "cinq-milliardième" naît, par exemple, au Kenya, il risque de mourir jeune, car la mortalité infantile dans ce pays est élevée (80 pour 1 000 naissances). S'il survit jusqu'à 5 ans, il pourra peut-être aller à l'école et apprendre à lire et à écrire, mais il n'aura guère de chances de poursuivre plus avant ses études : le pays ne dispose pas des ressources nécessaires pour cela. Si c'est une fille, elle aura encore moins de chances d'aller à

l'école, et risque de rester analphabète, car la coutume, dans de nombreux pays, favorise les garçons.

Lorsque cet enfant aura atteint 17 ans et demi, la population de son pays aura doublé (le Kenya actuellement peuplé de 21 millions d'habitants, en aura 42 en 2005). La population active dans les pays en développement est en majorité agricole ; même s'il reste des terres inutilisées pouvant servir à accroître la production, les ressources risquent de manquer pour les mettre en valeur, les irriguer, acheter des semences, des engrains et des outils. La superficie moyenne des terres exploitables auxquelles pourra prétendre le "cinq-milliardième" sera réduite ; idem pour sa productivité, et ses revenus.

Il échappera peut-être au milieu rural pour tenter sa chance en ville, mais il se heurtera là à une concurrente féroce avec de nombreux jeunes pour le peu d'emplois disponibles, et vivra sans doute en squatter, dans des conditions d'hygiène médiocres, sans eau potable. L'exode vers les villes est en train de créer les méga-bidonvilles du Tiers-monde ; ainsi

la population de Mexico atteindra-t-elle prochainement le chiffre record de 30 millions d'âmes !

Néanmoins son lot sera peut-être un peu meilleur en ville qu'à la campagne, et il pourra subsister sur l'équivalent du revenu moyen actuel d'environ

2 000 F par an, soit 166 F par mois. Mais il n'y a

guère de chances pour que ce revenu moyen

évolue de façon favorable : rien que pour le

maintenir, il faudra que le produit national

brut du pays soit multiplié par deux ;

dans certains pays, ce revenu moyen par habitant est d'ailleurs en train de s'effriter. Le "cinq-milliardième"

se mariera, engendrera quatre ou cinq enfants, et mourra à l'âge de

53 ans, soit environ vingt-cinq

ans plus tôt que l'enfant né ce même jour de juillet 1987 mais

dans un pays développé.

Si cet enfant naît dans un

pas en développement plus

avancé, comme la République de

Corée, ses chances dans la vie

seront évidemment meilleures. Le

taux de travailleurs agricoles y a

diminué, il y a un début d'industrialisation, la fécondité et le taux d'accroissement de la population sont

plus faibles. Mais ces nouveaux pays en

voie d'industrialisation rendent la

concurrence internationale encore plus

difficile, et nul ne sait combien de pays

pauvres accéderont à cette place au soleil, ni

quand ils le feront. Souvent la croissance démographique absorbe trop rapidement les fruits du

progrès économique. Ainsi, en Egypte, il a fallu peu

d'années pour que l'accroissement de la population résoire les bénéfices dérivant du Haut-Barrage ;

l'indice de fécondité dans ce pays reste aux alentours de 5 enfants par femme.

Il n'y a en tout cas aucune chance, tous les

économistes et les démographes le reconnaissent, pour que le niveau de vie des pays pauvres se hisse à celui des pays aujourd'hui riches. La FNUAP,

pourtant, hésite à diviser le monde de demain entre

riches et pauvres ; un de ses représentants préfère

dire qu'il y aura des « modes de vie différents ». Euphémisme pour habiller le fait qu'environ 65 %

des êtres humains qui, chaque année, viennent grossir la population du monde vivent dans les plus

défavorisés des pays en développement — et cette

proportion passera à 72 % en 2050.

La FNUAP (qui dépense environ 150 millions de dollars par an pour diverses études et projets de planning familial) et les Nations unies font des projections fondées sur la notion de "transition démographique". D'après celle-ci, tous les pays devraient atteindre l'un après l'autre, comme l'ont

fait les pays industriels, une baisse de la mortalité, puis une baisse de la fécondité, et enfin la stabilité. Mais quand s'opérera cette transition ? La question est de taille ; quelques dizaines d'années d'avance ou de retard ajoutent ou soustraient quelques milliards d'hommes à la population mondiale.

Supposons, par exemple, que l'on "prévoie" qu'un groupe de pays, dont la population totalise un milliard, atteigne le point de transition démographique vers l'an 2020, ramenant alors le nombre d'enfants par femme aux environs de 2,1 (le taux de remplacement des générations). Si les conditions nécessaires à cette transition (conditions que l'on ne connaît pas précisément) ne sont pas réalisées avant la génération suivante, ce groupe de pays, où la population aura été multipliée par deux, se retrouvera vingt ans plus tard avec une population multipliée par quatre. Toute erreur peut donc mener à une multiplication ou une division de la population "prévue" par un facteur d'apparence modeste mais qui, appliquée à des populations chiffrées en milliards, donne des sommes impressionnantes.

De telles erreurs ont été commises par le passé — notamment sur le nombre de naissances et la population en France, où les prévisions à moyen terme (quelques dizaines d'années) ont divergé du simple au double de la réalité au terme de cette échéance. Il ne s'agit pas d'ironiser sur les erreurs des futurologues en matière de démographie, car le métier n'est pas facile, mais d'examiner les prévisions du FNUAP avec circonspection.

Selon ces prévisions, la population mondiale devrait se stabiliser aux alentours de 10 milliards vers l'an 2100. Cette estimation est fondée sur le fait que le taux d'accroissement a atteint un maximum vers 1970 — c'est-à-dire que, depuis cette date, le nombre moyen d'enfants par femme (dit indice synthétique de fécondité) a cessé de croître, et a même légèrement diminué, pour se situer, l'année dernière, aux alentours de 3,6 (ce qui implique un doublement de la population en vingt ans). Le taux d'accroissement devrait, selon la FNUAP, retomber à zéro dans un siècle, mais en attendant, la progression absolue du nombre d'hommes continue, car même si chaque couple a en moyenne un peu moins d'enfants, il y a un plus grand nombre d'individus qui atteignent l'âge de la procréation.

Ainsi, il semble inévitable que la population mondiale continue d'augmenter pendant encore un siècle. Si les tendances actuelles vers un abaissement de la fécondité se poursuivent, la croissance démographique pourrait alors s'arrêter, avec une population mondiale de 10 milliards, chiffre rond et satisfaisant pour l'esprit décimal (10 puissance 10).

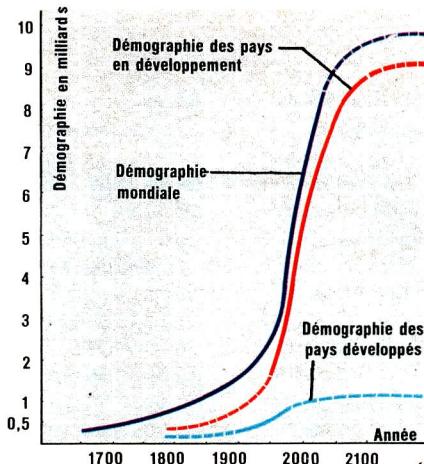
Le rapport de la FNUAP reconnaît, bien sûr, qu'il y a une marge d'incertitude, et cite l'exemple de deux pays imaginaires ayant chacun aujourd'hui

une population de 20 millions d'habitants : « Dans l'un, la politique gouvernementale réduit le taux de croissance démographique, si bien que la population finira par s'y stabiliser à 35 millions d'habitants au XXI^e siècle. Dans l'autre, où la planification des naissances est peu accessible, la population finale sera probablement de quelque 120 millions d'habitants. » Cet exemple souligne notre ignorance des véritables motivations à l'origine des grands mouvements démographiques, et la difficulté d'influer sur les innombrables décisions individuelles qui se traduisent par des statistiques nationales. Dans les pays industrialisés, aucune politique gouvernementale n'a précipité la transition démographique : elle s'est faite « toute seule ». Certains pays occidentaux ont même atteint aujourd'hui un taux de fécondité si faible qu'on y craint une trop grande dépopulation, mais les mesures sociales destinées à relever la natalité se sont avérées peu efficaces.

Dans certains pays en développement, des efforts d'information en matière de planning familial, et la mise à disposition de moyens de contraception, n'ont donné que peu de résultats. Exemple : l'Egypte, où malgré une alphabétisation relativement poussée et des campagnes d'information depuis de nombreuses années, le taux de fécondité continue à osciller autour de 5 enfants par femme. Le seul grand pays dont les dirigeants ont réussi à maîtriser la croissance démographique est la Chine ; mais on y a eu recours à des méthodes que la FNUAP se refuse de soutenir, impliquant des amendes, des menaces de licenciement, parfois l'avortement quasiment obligatoire.

On tente également d'établir une relation entre le taux de fécondité et le revenu par habitant — le premier diminuant lorsque le second augmente — mais l'équation est contestée, et comporte tellement d'exceptions que celles-ci ne confirment plus la règle : l'Algérie, avec un revenu par habitant presque deux fois plus élevé que celui de la Tunisie, a néanmoins un indice de fécondité bien supérieur.

Dans certaines régions, la pression démographique est tellement forte qu'elle freine l'augmentation des revenus. Certains économistes pensent que l'Afrique du Nord a peut-être perdu une partie de son potentiel agricole sous l'effet combiné de l'évolution climatique et de la pression démographique. L'exemple est encore plus dramatique au Bangla-



Seul le Tiers monde explose ! La population des pays développés se stabilise autour de 1 milliard, et celle des pays en développement s'envole ; l'économie ne suivra pas.

desh : des études ont montré que les salaires agricoles réels y étaient inférieurs en 1970 à ce qu'ils étaient en 1830 ! On imagine mal comment, dans un tel pays, on peut relever les revenus à un niveau suffisant pour favoriser une véritable transition démographique. Le pays risque d'en rester à la première étape de cette transition — augmentation de la longévité — en poursuivant le mirage de la dernière — diminution de la fécondité jusqu'à un niveau de stabilité.

Le rapport de la FNUAP, rédigé par son directeur, Rafael M. Salas, insiste aussi sur les effets nocifs de la croissance démographique sur l'environnement. On sait que les pays en développement plantent dix ou vingt fois moins d'arbres qu'ils n'en utilisent comme combustible, que les forêts tropicales régressent, que des espèces vivantes sont exterminées avant même d'être recensées et cataloguées. On souligne qu'à Addis-Abeba, en Ethiopie, par exemple, le prix du bois de feu a décuplé dans les années 1970, et que le déboisement crée des anneaux de désertification autour des villes africaines telles que Dakar, Ouagadougou et Niamey.

Pas un mot, dans le rapport, sur la consommation disproportionnée de ressources énergétiques et autres par des pays industrialisés. Le monde riche a fait « sa transition », et il n'est pas question de revenir sur les avantages acquis. Il n'est pas question non plus que les pays pauvres rattrapent le niveau économique des pays riches. Les prévisions impliquent donc un monde à deux, voire à trois « vitesses ». Cela dit, le rapport de la FNUAP ajoute que « l'humanité a des raisons d'être fière d'atteindre ce chiffre » de 5 milliards. Tout n'est pas sombre dans le monde d'aujourd'hui : pour l'ensemble du globe, l'espérance de vie moyenne a atteint 60 ans, plus du double de ce qu'elle était lorsque la population mondiale atteignit 500 millions au milieu du XVII^e siècle. Et la mortalité infantile n'est plus « que » de 80 %, soit un cinquième du taux d'il y a trois siècles (elle est de moins de 10 % dans la plupart des pays développés).

« Au-delà des cinq milliards, conclut le rapport, la voie n'est dictée ni par le hasard ni par la fatalité. Il existe une voie d'équilibre entre la nature et les êtres humains pour bâtir un avenir préservant la succession des générations. Il en existe un autre conduisant à des difficultés qui pourraient dégénérer en désastre si le recul de la fécondité est trop différé. »

Jean Ferrara

LES TROUS NOIRS NE SONT PLUS À LA MODE

Il n'est plus besoin de faire appel

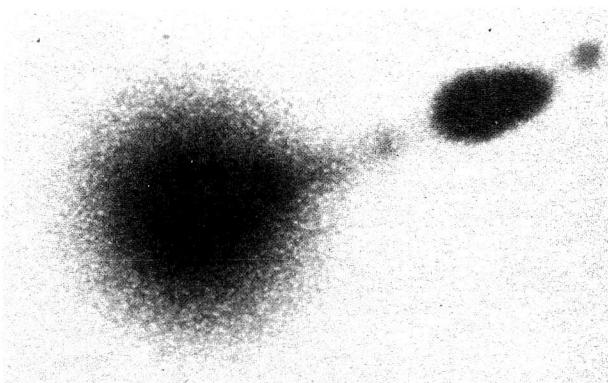
à la théorie "fourre-tout" des trous noirs pour expliquer l'étrangeté des quasars, ces galaxies hyperénergétiques dont on n'arrive pas à déterminer la distance.

En jouant avec des entassements d'ampoules électriques, des chercheurs français viennent d'inventer une théorie nouvelle bien séduisante, qui explique tous les comportements étranges de ces monstres du ciel.

Au début des années 60, la découverte des lointains quasars a déconcerté les astronomes. Dans le visible, ces objets ressemblaient à s'y méprendre à des étoiles. Mais sous cet aspect quasi-stellaire qui leur a valu leur nom (quasar est une contraction de l'anglais *quasi stellar radiosource*), ils cachaient une vilaine maladie : leurs spectres étaient complètement décalés vers le rouge. Le diagnostic ne se fit pas attendre. On attribua le décalage à un effet Doppler classique : la lumière des quasars était déportée vers les grandes longueurs d'onde parce qu'ils s'éloignaient des observateurs terrestres à des vitesses voisines de celle de la lumière (300 000 km/s). Ces astres présentaient une fâcheuse tendance à la fuite.

Ils n'étaient pas les seuls. En raison de l'expansion générale de l'Univers, les galaxies nous fuient également. D'après une loi énoncée par Hubble en 1930, elles s'éloignent de nous à des vitesses proportionnelles à leur distance. Ce qui se résume en une formule aussi simple qu'efficace : $v = Hd$, où "v" est la vitesse, "d" la distance et "H" la constante de proportionnalité, appelée constante de Hubble.

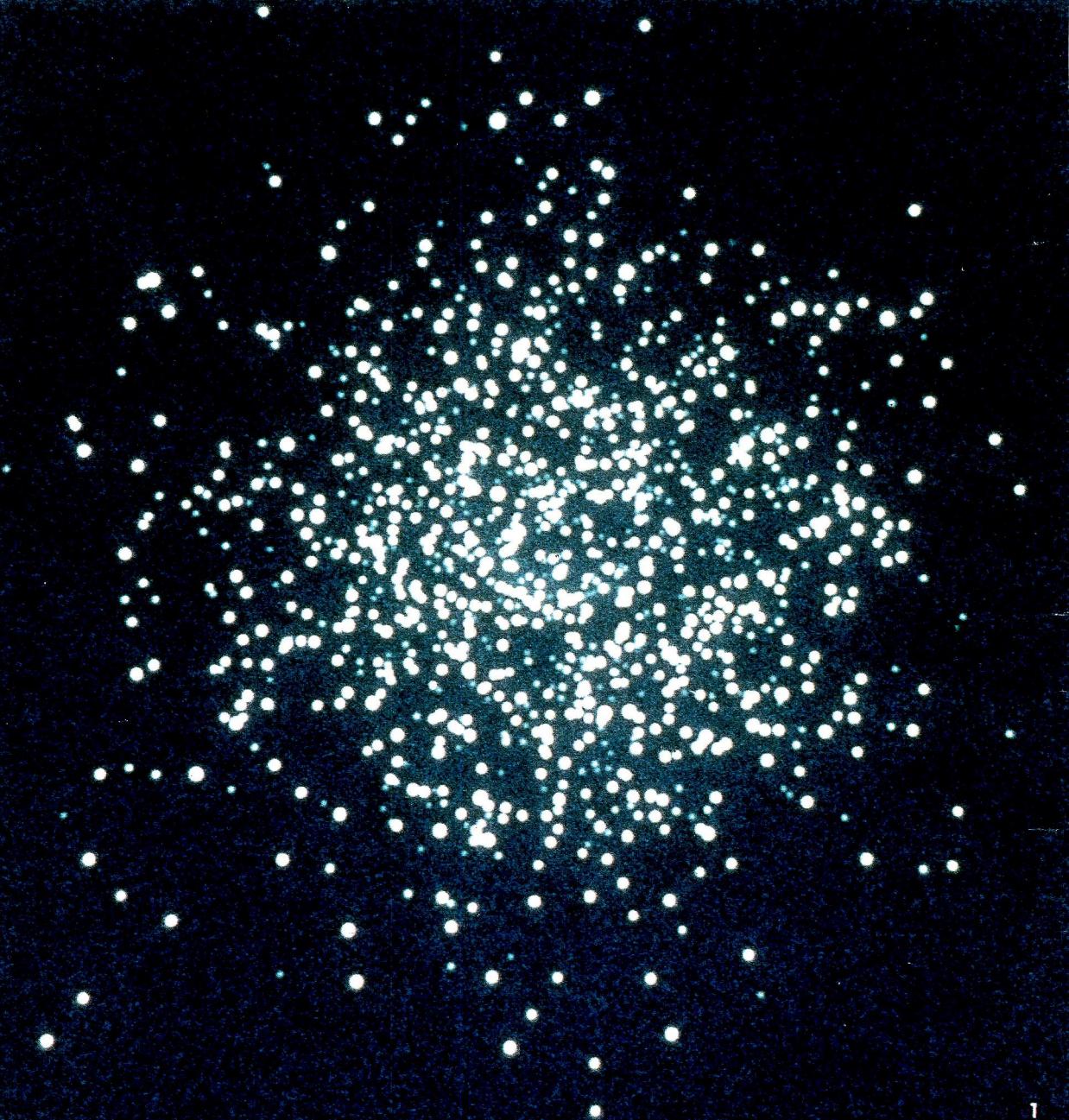
Cette constante est très difficile à évaluer. Le problème est pourtant simple en apparence. Il suffit de mesurer la distance "d" d'une galaxie par une méthode ne faisant pas intervenir "H" et de remplacer "d" par sa valeur dans la formule de Hubble. Seulement, la mesure des distances galactiques n'est pas une mince affaire. Les galaxies sont beaucoup trop éloignées pour présenter une parallaxe permettant une triangulation. Trop éloignées également pour qu'on puisse distinguer les étoiles individuelles et appliquer les méthodes de la photométrie classique (comparaison des éclats pour en déduire la distance). Il faut trouver d'autres



La galaxie M 87 secouée par un jet de matière: des phénomènes analogues se produisent dans les trous noirs.

astuces. Ainsi la constante de Hubble fluctue entre 50 et 100 mégaparsec.s⁻¹ au gré des mesures. Actuellement son cours est en baisse. De 100 en 1979, elle est tombée à moins de 75 en 1986. (Voir à ce propos notre article dans *Science & Vie* de février 1986 : "L'Univers reprend un coup de vieux").

Les spectres très décalés des quasars traduisent une fuite précipitée. Ces objets sont donc très éloignés. En janvier dernier, plusieurs ont été découverts avec un décalage vers le rouge supérieur à 4, ce qui correspond à une distance de 17 milliards d'années-lumière. Evidemment, cette distance est très approximative puisqu'elle dépend de la valeur de la constante de Hubble. Son cours étant actuellement en baisse, nous l'avons prise égale à 50. Si elle était prise égale à 100, la distance ne serait plus que de 8,5 milliards d'années-lumière. Ils constituent les



dernières balises de l'Univers accessibles à nos télescopes.

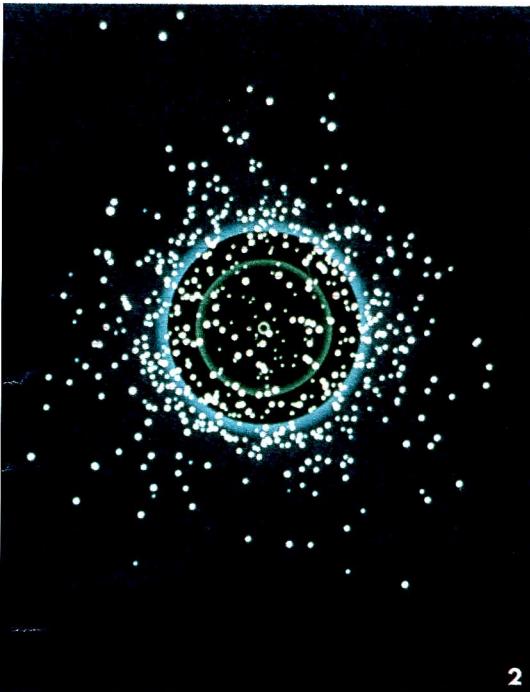
Pour être vus à de pareilles distances, les quasars libèrent une énergie colossale. Ils ne s'expriment pas seulement dans le visible mais envoient des bouffées de rayonnements superénergétiques à différentes longueurs d'onde. Sujets à de terribles sautes d'humeur, leur luminosité varie sur des périodes allant de quelques minutes à quelques mois. Au maximum de leur éclat, ils brillent comme dix mille galaxies à l'unisson.

Un bon nombre de galaxies présentent des troubles analogues mais sous une forme moins

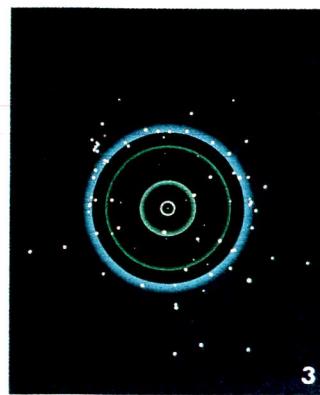
aiguë. Les malheureuses vomissent aussi des rayonnements à différentes longueurs d'ondes. Elles sont régulièrement secouées par des explosions, traversées par de gigantesques jets, témoins d'actes de vandalisme comme la désagrégation d'objets massifs. Et tous ces accès de violence ont une origine unique : le noyau.

Notre galaxie, la Voie lactée, si douce en apparence, n'est pas épargnée. Bien qu'elle cache pudiquement les réactions de son cœur sous des milliards de tonnes de nuages de gaz et de poussières, on perçoit dans la direction du Sagittaire où ce cœur se trouve, des émissions importantes de

Comment naît un quasar. Il a fallu des heures de calculs pour arriver à comprendre comment, dans l'Univers jeune, des astres aussi brillants que les quasars ont pu se former. En utilisant un des plus grands ordinateurs du monde, les astrophysiciens américains Stuart Shapiro et Saul Teukolsky de l'université de Cornell ont, pour la première fois, reproduit le phénomène. Sur leur simulation, on peut distinguer quatre étapes : **1.** Des étoiles, happées par le champ gravitationnel intense, sont d'abord précipitées vers le centre de l'amas, à des vitesses voisines de celle de la lumière. Elles avancent telle une tornade et s'effondrent les unes sur les autres. **2.** Un petit trou noir se forme alors au centre de l'amas, là où la population stellaire est la plus dense. **3.** Le petit trou noir avale ensuite d'autres étoiles et devient de plus en plus grand. Mais certaines étoiles sont coriaces, se placent sur orbite autour du trou noir au lieu de tomber dans son bec. **4.** Le trou noir a maintenant une taille imposante, sa masse dépasse le million de masses solaires. Il a fait le vide autour de lui. Seules encore quelques étoiles tournent sur des orbites bien sages. Le monstre froid est prêt à entrer en action. Du fait de son intense champ gravitationnel, il broiera tout ce qui passera à sa portée, poussières, gaz, étoiles... Ça va forcément chauffer ! Des flots de rayonnements de toutes sortes se dégagent de l'endroit... et un quasar sera né.



2



3



4

trouve là. Mais quel est-il ? Pour essayer de déterminer sa nature, les astronomes photographieront les quasars sous toutes les coutures et à différentes longueurs d'onde. A partir des données recueillies par plusieurs radio-télescopes, ils reconstituèrent sur ordinateur des images qui leur réservaient bien des surprises. Entre 1977 et 1981, le quasar 3C273, l'un des premiers à avoir été observé, présente deux protubérances. La plus nette est le quasar lui-même, l'autre un débris (c'est-à-dire un morceau de quasar) éjecté à grande vitesse. Il se déplace rapidement sur la voûte céleste. D'après les calculs, si l'on tient compte de la distance qui nous en sépare, soit 2,6 milliards d'années-lumière, il a parcouru 36 années-lumière en moins de quatre ans ! Battant tous les records, il aurait voyagé à une vitesse 9,9 fois supérieure à celle de la lumière.

Cela ne se peut pas. La relativité générale d'Einstein là-dessus est formelle : elle interdit à un corps quel qu'il soit de dépasser la vitesse de la lumière. Cette interdiction pèse sur toute la physique moderne, elle en est même la clé de voûte.

Respectueux des lois, les astronomes essayèrent d'expliquer le mouvement "supraluminique" de ce jet par un effet de perspective. La matière aurait été éjectée dans notre direction et voyagerait à une vitesse légèrement inférieure à celle de la lumière — 99 % par exemple. Des faisceaux émis à cent ans

d'intervalle, l'un par le quasar, l'autre par son débris, nous parviendrions décalés d'un an seulement. De sorte que les images prises en un an correspondent à des situations séparées d'un siècle. Ouf ! les quasars ne violent pas les lois de la physique, mais il était moins une.

D'ailleurs, personne n'arrivait à bien s'expliquer l'extrême violence de ces astres. Comment faisaient-ils pour balancer des jets de matière hyper-rapides et pour briller cent fois plus que les galaxies les plus brillantes ? La seule chose que l'on savait avec un peu de certitude, c'est que c'étaient des noyaux galactiques très actifs. Autour du quasar 3C 273, on avait mis en évidence une nébularité qui lui donnait un profil de galaxie elliptique géante. Pour le quasar 3C 48 on avait fait mieux : on avait réussi à montrer que son halo nébuleux était en partie d'origine stellaire. La couronne d'étoiles était bien à lui, puisqu'elle avait le même décalage vers le rouge que le sien.

La véritable nature des quasars venait d'être mise à nue. Restait à comprendre l'origine de leur violence. Comme chaque fois que l'on rencontre dans l'Univers un phénomène incompréhensible, on a bien sûr immédiatement pensé à un trou noir. Invisible, capable théoriquement de tous les délires, cet objet céleste est le bouc émissaire idéal.

De l'avis général, si les quasars se montraient anormalement brillants, c'était la faute des trous noirs. Théoriquement ces "bêtes"-là peuvent avoir toutes les tailles. N'émettant aucune lumière, ils font de la rétention d'informations et pratiquent ce que le physicien américain Penrose a appelé la "censure cosmique". Impossible de les observer directement, mais leur action gravitationnelle sur le voisinage peut déclencher des scènes violentes.

Un trou noir massif confortablement installé dans le noyau d'un quasar avalerait toutes les étoiles qui passeraient à portée de son puissant champ d'attraction gravitationnel. Lorsque sa masse est inférieure à dix millions de masse solaire ($10^7 M_\odot$, limite de Laplace), il n'agit pas de la même manière sur le devant que sur le derrière de l'astre qu'il s'apprête à gober⁽¹⁾). Si bien que celui-ci finit par craquer, écartelé par les formidables forces de marée. Ses débris forment une mousse gazeuse, que le trou noir aspire comme s'il la buvait à la paille. Il s'en met évidemment partout, ce qui a pour conséquence de créer tout autour de lui ce qu'on appelle un disque d'accrétion.

A l'intérieur de ce disque de matière, les phénomènes de friction entre les nuages issus des différentes étoiles chauffent l'ambiance : 10 % de l'énergie gravitationnelle du gaz sont convertis en rayonnement. Il s'illumine. En tombant dessus, la matière se rechauffe. Lorsque la température at-

CHAUFFEZ-VOUS AU TROU NOIR !

Aujourd'hui, les trous noirs sont en train de passer de mode mais, hier encore, les astronomes pensaient en faire les "bonnes à tout faire" de l'espace. Ainsi, M.R. Penrose, de l'université d'Oxford, proposait-il, il y a quelques années, de se chauffer au trou noir... Une civilisation avancée ayant élu domicile autour d'un trou noir, elle y a bâti une imposante cité. Chaque jour, des millions de tonnes de déchets sont, inévitablement, acheminés vers une décharge. De là, ils sont envoyés vers le trou noir par l'intermédiaire d'une navette. Arrivant à proximité du trou, ils entrent dans une région appelée ergosphère, où aucun objet ne peut rester immobile. Là, ils sont obligés de participer au mouvement rotatif de l'ensemble. Après avoir été accéléré par le trou noir, ils remontent vers la cité où ils alimentent en énergie un générateur, au moment où d'autres déchets, à leur tour, seront éjectés de la cité vers le cœur du système. Ce cycle permet ainsi aux habitants de la périphérie de bénéficier, en permanence, d'une source d'énergie pour s'éclairer, se chauffer... Quand toutes les ressources terrestres seront épuisées, que les étoiles commenceront à s'éteindre l'une après l'autre — ce qui surviendra fatallement quand l'Univers sera à peine dix fois plus vieux qu'aujourd'hui —, alors le trou noir sera peut-être la solution alternative. Et la population qui en trouvera un dans sa galaxie sera sauvée.

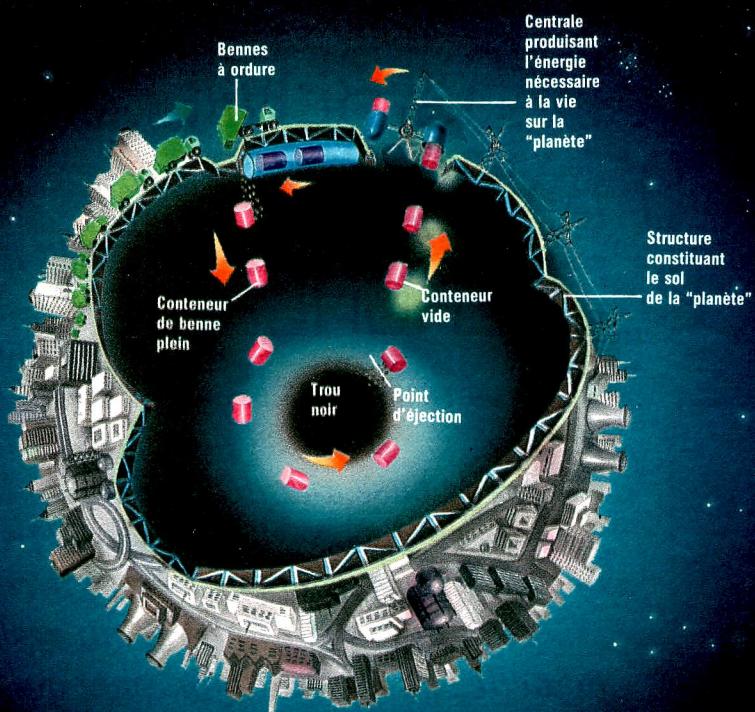
teint un milliard de kelvins (ce qui, d'après les calculs, devrait arriver relativement fréquemment), un véritable feu d'artifice de rayons X et gamma se déclenche, qui se voit de très loin.

En fait, les quasars ne seraient rien d'autres qu'un cas extrême des galaxies de Seyfert. Ces dernières auraient également un trou noir glouton dans le ventre, mais moins gros. Enfin, notre Voie lactée souffrirait du même mal — mais son trou noir serait plus petit encore —, ce qui expliquerait les gargouillements X et gamma qui lui sortent du noyau.

Seulement, au fil des observations, le trou noir de notre galaxie a fondu. En 1985, plusieurs physiciens et astronomes de l'université de Californie à Berkeley (USA) estimaient sa masse à environ 4 millions de fois celle du Soleil. Aujourd'hui il ne "pèse" plus que $400 M_\odot$ ou moins encore... D'aucuns vont jusqu'à nier carrément son existence.

Les trous noirs passent lentement de mode. Roberto Terlevich de l'Observatoire royal de Greenwich et Jorge Melnick de l'ESO (observatoire européen au Chili) s'attaquent à présent à ceux qui croupissent dans les galaxies de Seyfert. Ils proposent de les remplacer par des étoiles hyperchaudes.

(1) A partir de cette masse, le compartiment du trou noir change : il ne broie plus ni ne disloque ses proies, mais les avale tout rond.



Tassées au centre, ces belles grosses étoiles ioniseraient de leurs rayons ultra-violets le gaz autour d'elles. Très gourmandes, elles ne vivraient pas longtemps. Dès qu'elles puissent leur fuel nucléaire, elles exploseraient les unes derrière les autres en une cascade de supernovae. Ces morts à répétition entretiendraient en permanence un climat de violence au centre des galaxies. Quant aux structures radio observées fréquemment, elles seraient dues aux vents stellaires. Tôt ou tard, les étoiles corpulentes finissent par perdre de la masse à un taux impressionnant, à grands jets, comme s'il en pleuvait. Ces flots de matière ininterrompus provoquent inévitablement des émissions radios (l'hydrogène émet naturellement sur la longueur d'onde radio de 21 cm).

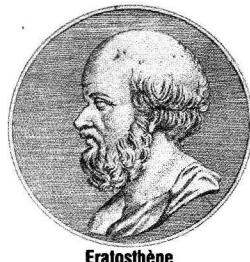
Seul le comportement des quasars ne pouvait s'expliquer de façon aussi simple. Leur luminosité de 10^{46} ergs s^{-1} avait une source exotique, c'était sûr. Pourtant... une nuit où il faisait particulièrement mauvais, où les nuages empêchaient les observations, Daniel Kunth de l'Institut d'astrophysique et Thierry J.L. Courvoisier de l'ESO, pour tromper leur ennui, se sont amusés à calculer le

nombre d'ampoules de 100 watts qu'il faudrait pour produire une énergie équivalente. Le nombre ne leur parut pas exorbitant. Il en fallait 10^{36} . En les espacant de 10 centimètres, on pouvait les ranger sans problème dans un réduit de 10^{19} centimètres — la taille normale d'un quasar. Encouragés par le succès de leur modèle, les deux chercheurs continuèrent les calculs. La masse du tas d'ampoules semblait également compatible avec les observations. A raison de 10 g par lampe, l'ensemble pesait à peine 10^{37} grammes, soit $5.10^3 M_{\odot}$.

Tout collait parfaitement, il fallait seulement s'arranger pour que l'énergie de chaque filament soit perceptible, c'est-à-dire avoir un milieu suffisamment transparent pour que toutes les lampes puissent être vues simultanément. Cela donnait une contrainte supplémentaire. L'énergie reçue par un observateur extérieur devait être égale à la somme des énergies émises par chacun des filaments individuels. En tenant compte du volume de ces derniers, Daniel Kunth et son compère arrivent à la conclusion que la taille de la région émettrice devait être de l'ordre de 10^{16} ($L45/P100$) $^{1/2}$, $L45$ étant la luminosité du quasar et P 100 la

(suite du texte page 147)

NOMBRES PREMIERS : 2000 ANS DE RECHERCHE



Eratosthène



Euclide

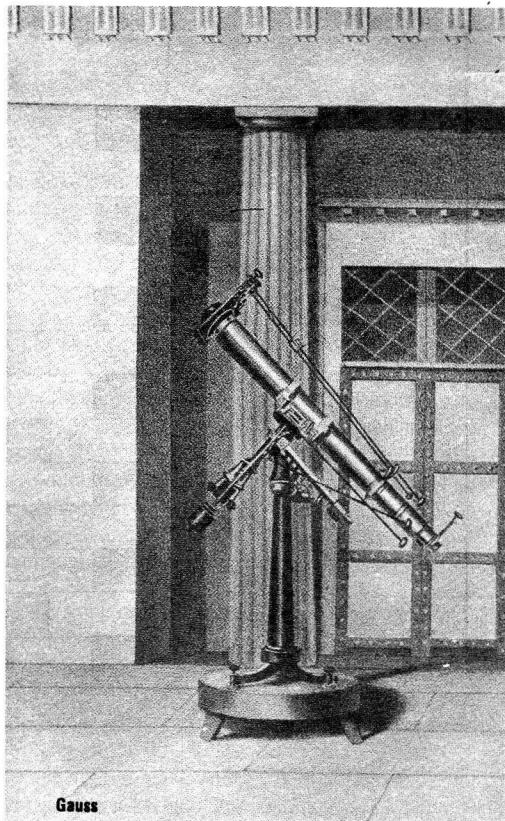


Fermat

Alors que la plupart des problèmes mathématiques connus dans l'Antiquité ont été résolus depuis longtemps et ont souvent servi de base aux développements extensifs de l'algèbre et de la géométrie, il existe en arithmétique une énigme connue bien avant Jésus-Christ et qui reste toujours actuelle : quelle est la fonction qui donnerait la suite des nombres premiers ?

Quatre figures ont dominé la recherche des nombres premiers : Eratosthène découvre le premier algorithme, dit crible, permettant de construire la suite ordonnée des nombres premiers. Euclide, un siècle plus tard, démontre que cette suite est infinie. Fermat, en 1640, découvre une formule permettant de savoir si un nombre quelconque, même très grand, était ou non composé. Et, en 1800, Gauss formulait l'arithmétique des congruences qui permettait d'effectuer très vite les tests de primalité.

Il y a plus de 2000 ans, dans la Grèce antique, le philosophe Démocrite postulait l'existence des atomes, constitants ultimes de la matière qu'on ne peut plus fractionner en éléments plus petits. Un peu plus tard, Eratosthène découvrait les atomes des nombres, en l'occurrence les nombres qu'on ne peut pas fractionner et à partir desquels on peut construire tous les autres. Ces nombres, dits premiers, ont depuis lors fait l'objet de recherches innombrables sans que personne ait jamais vraiment réussi à percer leur secret. Par définition, un nombre premier est un nombre qui a exactement



Gauss

deux diviseurs, lui-même et l'unité. Cela, c'est la définition mathématique car, d'un point de vue plus simpliste, on pourrait dire qu'est premier un nombre qui n'a aucun diviseur, étant entendu et évident qu'il est divisible par lui-même pour donner 1, et par 1 pour donner lui-même.

D'une manière encore plus terre à terre, est premier tout nombre qui ne peut être partagé en quantités égales. Par exemple, 6 peut être partagé en 3 et 2, ou 2, 2 et 2, alors que 3 ou 7 ne peuvent pas être divisés en parts égales, sauf 1, 1, 1 pour 3 ou 1, 1, 1, 1, 1 pour 7 ; mais 1 par définition n'est pas une quantité. En ce sens, 1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 19, 31,... sont premiers, alors que 4, 6, 8, 9, 10, 12, 14,... 21,... ne le sont pas. Notons que certains mathématiciens ne considèrent pas 1 comme premier, alors que d'autres le mettent bien en tête de la suite. Nous n'entrons pas dans ces considérations de haut niveau qui relèvent de la logique formelle, et considérons ici 1 comme premier puisqu'il ne peut être partagé en quantités égales.

Tout le problème, aujourd'hui comme il y a 2000 ans, c'est de trouver une fonction qui donne la suite de ces nombres. Eratosthène, le premier, trouva un algorithme (une suite finie de règles ou d'opérations qui fournit la solution d'un problème) permet-

tant de connaître la suite des nombres premiers jusqu'à une valeur donnée p . Ce procédé connu sous le nom de crible d'Eratosthène, consiste à écrire la suite des entiers 1, 2, 3, 4, 5, 6,... p ; le premier nombre rencontré après 1 est 2, qu'on garde, et on barre ensuite tous les multiples de 2 ; le premier nombre rencontré après 2 est 3, qu'on garde et on barre tous les multiples ; après 3, le premier chiffre non barré est 5 qu'on garde, et on barre ses multiples. On continue ainsi jusqu'au moment où on atteint, ou dépasse \sqrt{p} ; à ce moment, tous les chiffres non barrés restant sont premiers.

Le fait que ce crible existe prouve à lui seul que la suite des premiers n'est pas aléatoire et pourtant, comme nous le verrons plus loin, cette suite passe très bien la plupart des tests probabilistes. Pour être juste, elle constitue même le plus formidable casse-tête auquel se sont heurtés les mathématiciens depuis plus de deux millénaires.

Pour commencer, en numération décimale, un coup d'œil permet simplement de détecter de suite les multiples de 2 et les multiples de 5 — parce que $10 = 2 \times 5$; en base 6 ($= 2 \times 3$), on repérerait de même les multiples de 2 et 3, en base 7 les multiples de 7 seulement, et ainsi de suite. Ensuite, la liste de ce qu'on ne sait pas faire est longue puisqu'on ne connaît ni formule, ni fonction qui permette de :

- donner la suite des nombres premiers dans l'ordre, ou même dans le désordre ;
- donner une suite infinie de nombres premiers ;
- trouver un nombre premier plus grand qu'un premier donné ;
- trouver un nombre premier de rang donné ;
- trouver une loi de composition interne qui à deux, trois,... ou n premiers associe un autre premier.

Corollaire : on ne connaît pas plus de fonction d'une seule variable donnant la suite des nombres composés 4, 6, 8, 9, 10, 12, etc. quand la variable décrit l'ensemble N des entiers naturels 1, 2, 3, 4, 5, 6,... ; la fonction de deux variables $z = x \cdot y$ donne bien l'ensemble des composés, mais sans ordre, et la plupart d'entre eux répétés plusieurs fois : elle n'est d'aucune utilité dans ce domaine.

Cela dit, on n'est tout de même pas dans l'ignorance totale, et le codage militaire basé sur la décomposition des grands nombres a donné un regain d'intérêt à ces problèmes très difficiles. Bien sûr, la théorie des nombres a toujours fait l'objet de recherches poussées dans les universités et aussi, en France, au CNRS, dont le département de recherches mathématiques à Orsay est particulièrement efficace et fécond. A l'heure actuelle, et grâce aux ordinateurs, on peut déterminer très vite si un grand nombre est premier : par contre, s'il ne l'est pas, trouver ses diviseurs est infiniment plus difficile, pour ne pas dire impossible en pratique dans un temps raisonnable (la sécurité des codages est



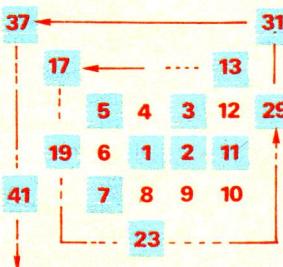
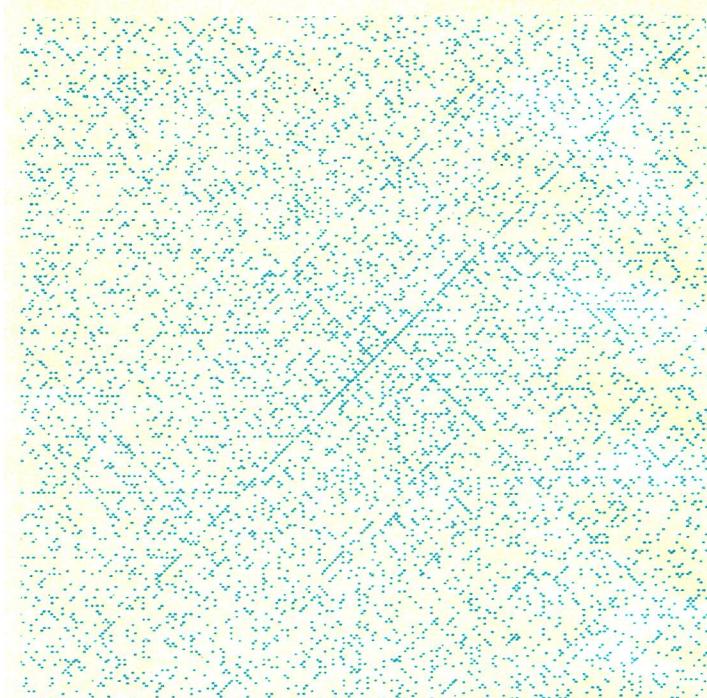
basée sur ce fait). A première vue, le moyen évident de savoir si un nombre est premier consiste à le diviser par tous les nombres de la suite naturelle 2, 3, 4, 5, 6, ... en allant jusqu'à la racine du nombre (s'il existe un diviseur plus grand, il en existe nécessairement un autre plus petit qui a déjà été essayé). En pratique, on reconnaît tout de suite si le nombre est pair, et il est inutile d'essayer de diviser un nombre impair par un nombre pair ; on élimine donc 2, 4, 6, 8, ... Après avoir essayé 3 et 5, il est commode d'éliminer les multiples de ces valeurs, ce qui conduit, à partir du diviseur 7, à essayer la suite répétitive 7 + 4, le résultat + 2, puis + 4, + 2, + 4, + 6, + 2, + 6 ; on arrive à 37 et on recommence 37 + 4, puis + 2, etc. et ainsi de suite...

Mais cette méthode, même sur ordinateur, prend beaucoup trop de temps dès que le nombre à tester possède plus de 20 chiffres. Il faut alors avoir recours aux quelques connaissances sûres que l'on possède sur le nombre premier.

La première de celles-ci date d'Euclide (300 ans av. J.C.) : l'ensemble des premiers est infini, ce qui revient à dire qu'il existe toujours un nombre premier plus grand que celui qu'on vient de trouver. La démonstration en a été donnée par Euclide lui-même : si p est le plus grand nombre premier connu, on forme le nombre $N = 2.3.5.7.11... p + 1$ avec le produit de tous les premiers connus jusqu'à p inclus auquel on ajoute 1. De deux choses l'une : ou N est premier, et il est plus grand que p , ou il est composé et son premier diviseur premier est supérieur à p puisque N n'est pas divisible par les premiers 2, 3, 5, 7, ... p qui donnent 1 comme reste.

Pendant près de 2000 ans on en resta là, et puis vint Fermat, un des très grands mathématiciens du XVII^e siècle. En 1640, il montre que si p est un nombre premier et a un entier quelconque, $a^p - a$

SPIRALES DES NOMBRES :



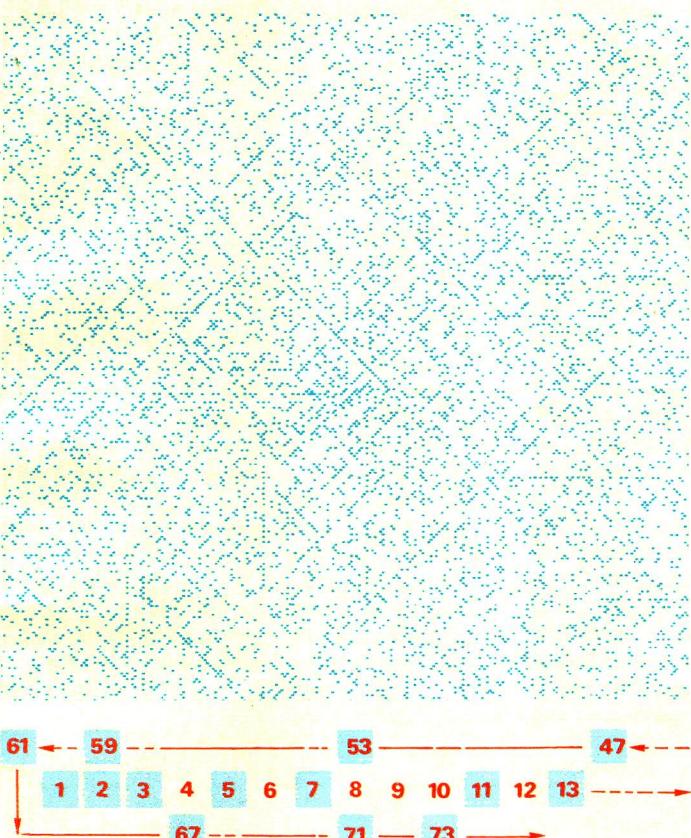
La spirale d'Ulam réalisée en tournant autour de 41 révèle une riche diagonale de nombres premiers qui correspond à l'équation d'Euler. Sa disposition, qui peut tourner autour de n'importe quel nombre choisi comme point de départ, est illustrée par notre schéma qui part de 1. Le principe reste le même quel que soit le nombre situé au centre ; mais la quantité d'alignements intéressants dépend de ce nombre.

est un multiple de p , ou, ce qui revient au même, que $a^p - a$ est divisible par p . Il en découle que si a est un entier premier à p (il n'est pas divisible par p) alors $a^{p-1} - 1$ est divisible par p .

Ce théorème est fondamental dans les tests visant à savoir si un nombre est premier, tests dits de primalité : le nombre à tester étant x , on divise a^{x-1} (en prenant pour plus de commodité $a = 2$) par x et on considère le reste ; si celui-ci est différent de 1, alors le nombre est composé, c'est une certitude ; s'il est égal à 1, il est probablement premier, mais ce n'est pas sûr au sens mathématique. Il y a donc là un premier test permettant tout de suite de dire qu'un nombre, même très grand, n'est pas premier ; cela dit, on sait donc avec certitude qu'il y a des diviseurs, mais de là à les trouver...

A priori, on pourrait penser que calculer 2 à la

LES ALIGNEMENTS D'ULAM



Pour profiter de toute la largeur de l'écran, il faut aplatis la spirale de base, ici en commençant en ligne vers la droite et en ne repartant en sens inverse sur la ligne du des-

sus qu'à partir d'un certain nombre. Le dessin illustré ici est obtenu avec une horizontale de base égale à 30, comme on peut le voir sur le schéma de principe.

puissance d'un nombre ayant des dizaines de chiffres, puis diviser le résultat par le nombre est peu commode. Heureusement, en 1800, Gauss inventait l'arithmétique des congruences qui permet de traiter ce calcul vite et facilement. Ce qui compte dans cette arithmétique, c'est le reste de la division d'un nombre n par un nombre m — on écrit ce reste " n modulo m ". Or, avec le test de Fermat, ce qu'on cherche, c'est le reste de la division 2^{x^1} par x .

Il existe pour les ordinateurs des algorithmes relativement simples basés sur les congruences et permettant de faire très vite le test de Fermat, même sur de très grands nombres. En comparaison, même avec le plus puissant ordinateur du monde, essayer tous les diviseurs successifs jusqu'à la racine demanderait des millénaires et même plus.

Toutefois, nous l'avons dit, que 2^{p^1} donne comme

reste 1 quand on le divise par p ne permet pas d'assurer que p est premier. Il est des nombres composés qui passent le test avec succès avec 2, ou 3, ou 5, etc. De tels nombres sont dits pseudo-premiers de base 2, ou base 3, ou base 5, etc. Il y a même des nombres qui sont pseudo-premiers sur toute base, et on les appelle nombres de Carmichael (ce mathématicien américain découvrit leurs propriétés en 1909).

Il en découle qu'un nombre peut passer le test de Fermat en bases 2, 3, 5, ... et n'être pas premier ; par contre, il peut le passer en base 2 mais pas en base 3, auquel cas on sera sûr qu'il sera composé. Toutefois le calcul en base 3, même avec un ordinateur, qui justement travaille en binaire, est beaucoup plus complexe qu'en base 2. Il faut alors avoir recours à d'autres tests, dont le premier est dû au Français Lucas et remonte à 1876 ; lui aussi fait appel aux congruences, mais d'une manière plus compliquée : en fait, ce test n'est pas facilement applicable à tous les nombres (partant de n , il faut connaître les facteurs premiers de $n - 1$, ce qui est rarement facile).

Edouard Lucas trouva plus tard un autre test qui fut perfectionné en 1930 par Lehmer, et qui s'avère extrêmement commode pour traiter sur ordinateur les nombres de Mersenne de la forme $2^p - 1$. Notons que Lehmer était à la fois excellent en arithmétique et en mécanique, puisqu'il construisit, autour de 1926, plusieurs machines comprenant uniquement des chaînes de bicyclette pendant à des pignons dentés, et qui permettaient de chercher très vite des nombres ayant une forme spéciale et d'importance particulière en théorie des nombres, en particulier des nombres premiers. Cette machine, qui utilise des éléments qu'on trouve chez le premier marchand de bicyclettes et qui est vraiment très facile à construire, peut résoudre certains problèmes beau-

coup plus vite qu'un ordinateur ; c'est là un des paradoxes des nombres premiers.

Le test de Lucas fut remanié en 1975 par Brillhart, Lehmer et Selfridge, puis amélioré par Williams. En 1980, Adleman et Rumely inventèrent un test de primalité plus efficace encore et qui fut amélioré il y a quelques années par le Hollandais Lenstra et le Français Cohen. Ce test fait appel à des connaissances découlant de la théorie des nombres, mais dans son principe il est voisin de celui déduit du théorème de Fermat. Un nombre de 100 chiffres peut être testé en 30 secondes.

Le test le plus récent est celui d'Atkin, qui repose sur les fonctions elliptiques de la forme $y^2 = x^3 + ax + b$. La courbe représentative de ces fonctions peut être munie d'une "addition" de deux points, loi de composition interne sur l'ensemble des points de la courbe qui est une loi de groupe commutatif. A partir de là on peut définir des ensembles dont les propriétés sont exploitées en théorie des nombres pour les tests de primalité.

Ces mêmes courbes sont utilisées dans l'algorithme de Lenstra pour factoriser les nombres composés. C'est là un problème beaucoup plus ardu que de déterminer si un nombre est premier, car savoir qu'un nombre est composé ne donne pas ses diviseurs ; on utilise aussi un algorithme de crible quadratique sur lequel nous ne nous étendrons pas.

Notons qu'il existe des "nombres premiers" dans l'ensemble des complexes de la forme $a + ib$ avec $i^2 = -1$. Ces nombres, dits entiers de Gauss ont donné naissance à la notion d'idéal d'un anneau en algèbre. Mentionnons aussi les polynômes de J.-P. Jones formulés en 1875 : il s'agit de 14 polynômes écrits à partir de 26 variables a, b, c, \dots, y, z . Si les 26 valeurs données à a, b, c, \dots, z sont telles que les 14 polynômes sont simultanément nuls, alors $k + 2$ est un nombre premier. On a prouvé que l'ensemble des valeurs qui annulent à la fois les 14 polynômes donnent avec $k + 2$ l'ensemble des nombres premiers. Il s'agit là d'un résultat remarquable en théorie des nombres, mais sans intérêt pratique pour l'instant.

De toute manière, on sait qu'il ne peut exister de polynômes donnant la suite ordonnée des premiers car leur progression n'est pas linéaire (donc pas de $ax + b$) d'une part, et parce qu'un polynôme du second degré (type $ax^2 + bx + c$) progresse lui trop vite : pour $x = 10$ il est déjà au moins à 100, alors que le dixième nombre premier est seulement 23. Tout nombre premier peut s'écrire sous la forme $p(n) = 1 + a(n).2 + b(n).4 + c(n).8 + \dots$; les $a(n), b(n), c(n), \dots$ ne pouvant prendre que la valeur 0 ou 1 (numérotation binaire, ou $-1, 0, +1$) selon la valeur de n ; reste seulement à déterminer ces fonctions $a(n), \dots$

En revanche on connaît quelques polynômes qui donnent beaucoup de nombres premiers comme celui proposé par Euler en 1730 : $p(x) = x^2 + x + 41$

qui pour x entier allant de 0 à 39 donne 40 nombres entiers à la suite (cela provient d'une structure algébrique d'anneau où intervient la racine de 163, chiffre important en théorie des nombres ; pour mémoire, $e^{\pi \sqrt{163}}$, qui peut sembler étonnant, et ne l'est bien sûr pas).

C'est cette recherche de suites de nombres premiers qui conduisit l'Américain Stanislas Ulam à les répartir graphiquement pour chercher des alignements : si un tel alignement s'avérait continu, cela permettrait de trouver une formule donnant une suite (si possible infinie, mais très grande serait déjà bien) de nombres premiers. Il est juste de reconnaître que la suite des premiers disposée en ligne, en colonne ou en tableau, ne renseigne pas beaucoup sur leur répartition, alors que repérés par des points selon une configuration donnée on peut voir apparaître des alignements curieux.

Disposant, comme beaucoup de gens aujourd'hui, d'un micro-ordinateur, en l'occurrence un Macintosh Plus d'Apple, et d'un logiciel en Pascal pour rédiger les programmes (Turbo Pascal de Borland) nous nous sommes mis à notre tour à "dessiner" la suite des premiers. Le premier point consiste à rédiger une fonction test (ou sous-programme en Basic) que nous donnons ici en Pascal, celui-ci allant nettement plus vite que le Basic et il est facile de passer du premier au second.

```
FUNCTION TEST(H:LONGINT):BOOLEARN;
Var D,H,R:longint,i:integer;K:array[1..12] of integer;
BEGIN
  K[1]:=1;K[2]:=1;K[3]:=2;K[4]:=2;
  K[5]:=4;K[6]:=2;K[7]:=4;K[8]:=2;
  K[9]:=4;K[10]:=6;K[11]:=2;K[12]:=6;
  H:=ROUND(SQRT(N));I:=0;D:=1;
  REPEAT
    I:=I+1;IF I>12 THEN I:=5;D:=D+K[I];R:=H MOD D;
    UNTIL (R=0) OR (D=1);
  IF D=0 THEN TEST:=TRUE ELSE TEST:=FALSE END;
```

Le second point consiste à rédiger une procédure mettant un point sur l'écran aux coordonnées H et V ; voici celle qui convient au Macintosh en Pascal.

```
PROCEDURE POINTER(H,V:LONGINT);
  Begin Moveto(H,V);LineTo(H,V);End;
```

Enfin, il faut rédiger un programme attribuant une valeur à chaque point de coordonnées H, V , testant cette valeur, et l'affichant selon une configuration donnée quand elle est première. Il existe des dizaines de configurations possibles, en lignes, en spirales, en zig-zag, en triangle, etc. Ulam avait commencé par une spirale dont nous donnons le schéma de principe et le résultat à l'écran. Le programme correspondant s'écrit :

```
REPEAT
  FOR T:=1 TO R+B DO BEGIN
    H:=H+1;N:=N+1;IF TEST(H) THEN POINTER(H,V) END;
  FOR T:=1 TO R DO BEGIN
    U:=U+1;N:=N+1;IF TEST(H) THEN POINTER(H,V) END;
  FOR T:=1 TO R+1 DO BEGIN
    H:=H-1;N:=N+1;IF TEST(H) THEN POINTER(H,V) END;
  FOR T:=1 TO R+1 DO BEGIN
    U:=U+1;H:=H+1;IF TEST(H) THEN POINTER(H,V) END;
    R:=R+2;B:=0;UNTIL U>180;Writeln(N);
```

L'écran étant rectangulaire, nous avons ensuite aplati cette spirale en partant d'un certain nombre

un Ricard, sinon rien.



Sachez apprécier et consommer avec modération.

LA FOUDRE SUR TABLE D'ÉCOUTE

Depuis quelques semaines, la France dispose d'un système de détection et de localisation de la foudre couvrant la



C'est dans le dôme de cette station de réception du réseau LLP, haute d'1,70 m, que se trouvent les antennes électriques et magnétiques qui capteront les signaux émis par la foudre.

totalité de son territoire. On finira peut-être par savoir pourquoi la foudre diffère avec les régions.

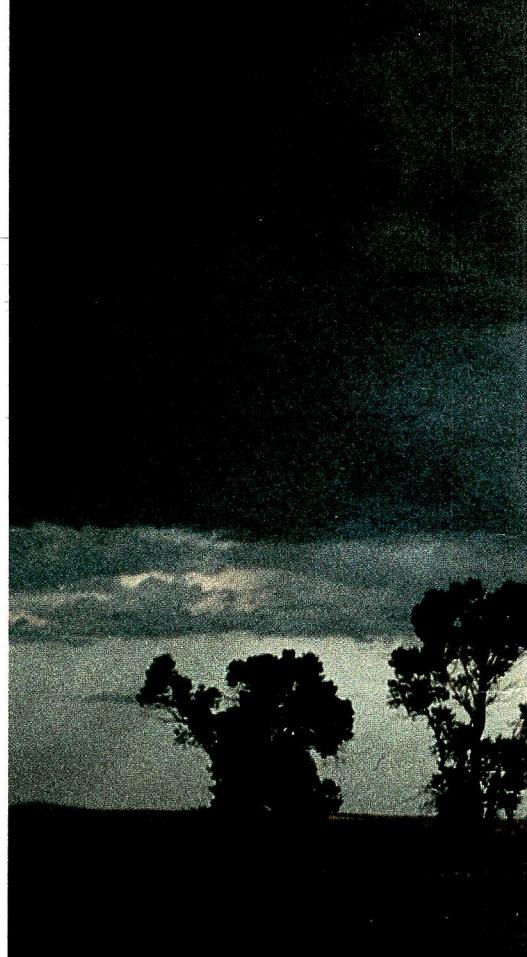
Quand la foudre tombera à Biscarrosse, les habitants de Lunéville le sauront quelques secondes plus tard. Mieux, ils pourront suivre sur l'écran d'un terminal la progression de l'orage et son intensité.

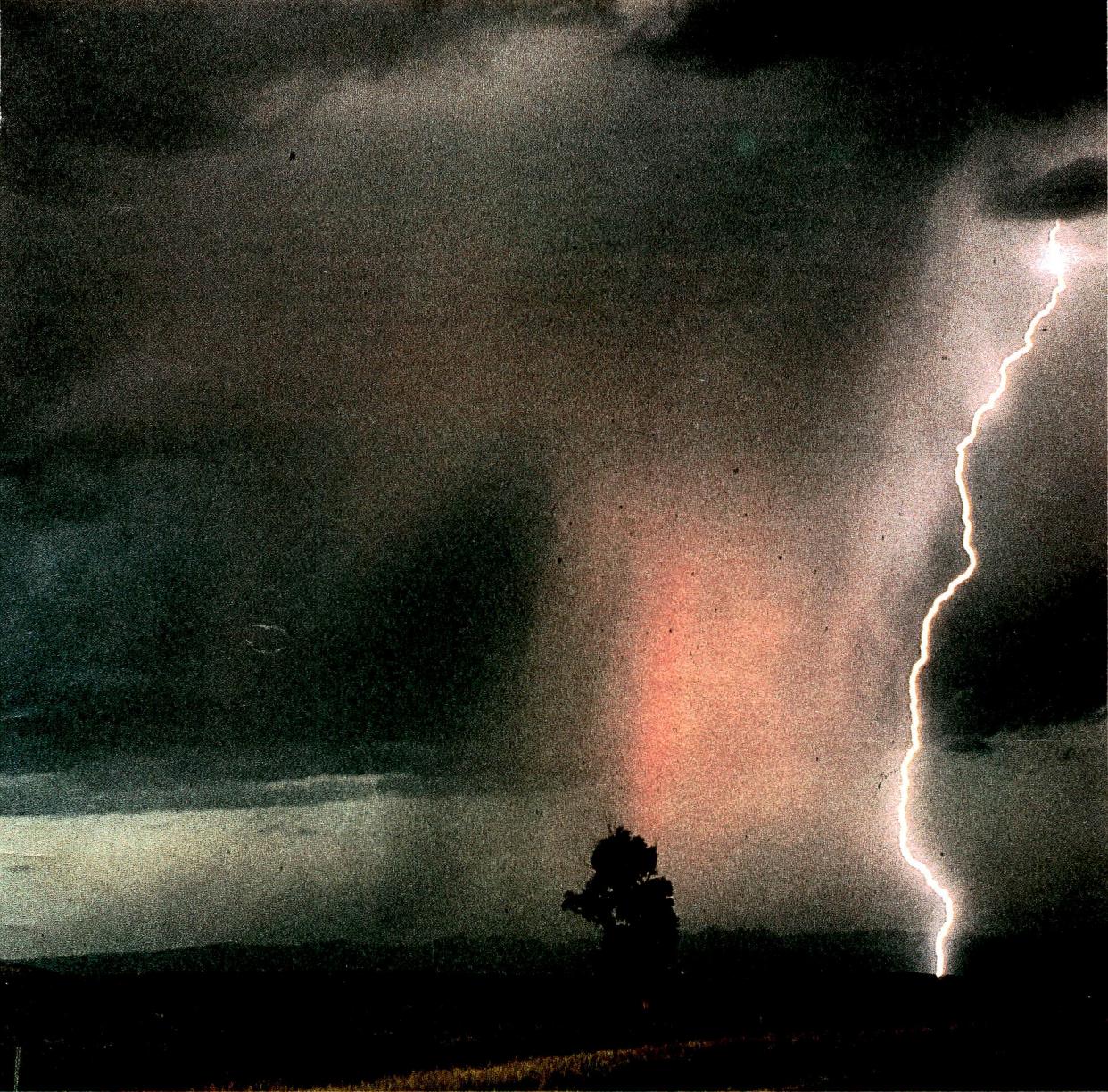
Ce service, proposé prochainement par une jeune société privée (1), sera payant et s'adressera dans un premier temps aux professionnels. Ainsi, il sera possible de connaître, en temps réel et de n'importe quel point de la France, tous les endroits du territoire touchés par la foudre dans les secondes qui précédent. La société Météorage envisage même d'étendre ce service à certains pays d'Europe et d'en ouvrir l'accès au grand public sous une forme modifiée. Les informations délivrées par un réseau de détecteurs devraient compléter les connaissances

des spécialistes concernant sans doute les décharges orageuses. Pourquoi tant d'intérêt ? Pour la science, sans doute. Pour la technique principalement.

Loin d'être un phénomène exceptionnel, la foudre s'abat chaque seconde, en moyenne, une trentaine de fois sur la Terre. La France est foudroyée un million cinq cent mille fois chaque année, et ce chiffre est probablement sous-estimé. Outre ses effets dévastateurs et parfois meurtriers, la foudre dérègle et peut détruire également les installations électriques et électroniques : postes de télé, de radio, etc. La haute sensibilité de ces matériels augmente leur vulnérabilité au champ électromagnétique engendré par la décharge orageuse.

Comment se forme-t-elle ? Le nuage d'orage est le





plus souvent un cumulo-nimbus qui naît d'une masse d'air chaud et se développe en s'élevant parfois jusqu'à la stratosphère, à plus de 12 km d'altitude. La base du nuage est alors à environ 1 à 2 km de la Terre. Au cours de cette ascension, la condensation de la vapeur d'eau libère, sous forme de chaleur, une grosse quantité d'énergie qui maintient le nuage à une température supérieure à celle de l'atmosphère et entretient un mouvement ascendant au cœur du nuage (les vitesses peuvent atteindre 30 m/s) et des flux descendants sur la périphérie. Cette vaste circulation croisée provoque, par frottements, la séparation, suivant leur charge, des ions présents dans la cellule orageuse. Le nuage devient alors un vaste dipôle électrique qui est positif à son sommet et négatif à sa base et

produit un vaste champ électrique.

Pendant la phase de maturation, les gouttes d'eau surfondues⁽²⁾ s'accumulent, certaines se transforment en cristaux de glace. Le poids de ces particules liquides ou solides devient tel qu'il ne peut être compensé par les flux ascendants. Les premières précipitations apparaissent au sol et, très souvent, les premiers éclairs.

Par beau temps, il existe entre les hautes couches électrisées de l'atmosphère, appelées ionosphère, et le sol, un champ négatif (100 à 200 V/m), l'ionosphère étant le pôle positif. Toutefois, sans l'action

(1) Météorage, 45-49 rue de Patay 75013 Paris - Filiale de Franklin France.

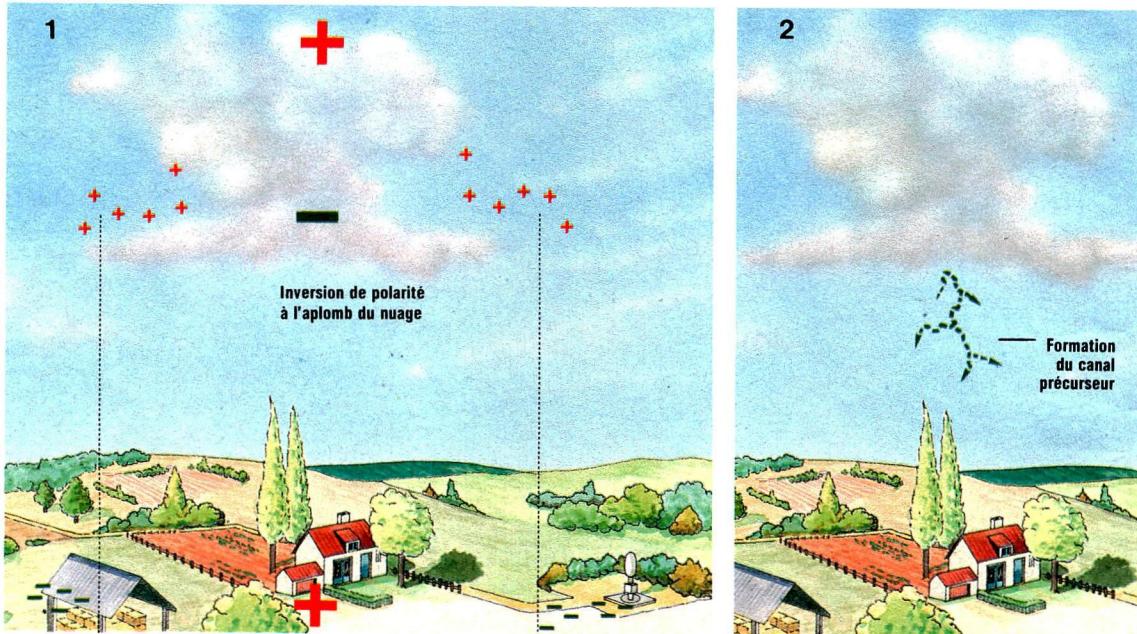
(2) C'est-à-dire qu'elles restent liquides bien que leur température soit inférieure à 0 °C.

des rayonnements cosmiques et solaires, celle-ci se décharge. L'intensité de ce courant intégré sur toute la surface du globe est évaluée entre 1 000 et 2 000 A. Le rôle de générateur compensant ce courant est attribué aux quelque 1 700 orages présents en moyenne au même instant dans l'atmosphère.

A la verticale d'une cellule orageuse, le champ électrostatique s'inverse (il devient positif), et augmente considérablement : son intensité est multi-

bâtimen...) dans sa direction. Cette flèche ascendante rencontre alors le précurseur : le nuage et le sol entrent en contact par l'intermédiaire du canal conducteur ainsi créé. Les charges déposées le long du précurseur s'écoulent à la terre, et le courant induit, dont l'intensité varie entre quelques milliers et 200 000 ampères, s'y propage à plus de 100 000 km/s. Plusieurs décharges montantes se succèdent à quelques millisecondes d'intervalle et constituent

UN COUP DE FOUDRE QUI NE



Le cumulo-nimbus, nuage d'orage chargé d'électricité, est un dipôle positif à son sommet et négatif à sa base (1). Son champ électrique provoque une inversion et une augmentation très importante de l'intensité du champ électrique près du sol, à sa verticale. C'est de ce nuage que l'éclair va naître. D'abord, de petites décharges partent du cumulo-nimbus et se ramifient en direction du sol, traçant dans l'air un canal conducteur appelé "précurseur" (2). Ensuite, des décharges ascendantes partent des

pliée par 200 et peut atteindre 20 000 volts par mètre : champ intense vis-à-vis duquel réagissent les animaux et certaines personnes sensibles. La différence de potentiel entre le sol et la base du cumulo-nimbus est de l'ordre de plusieurs dizaines de millions de volts.

C'est dans ce contexte que le nuage décoche en direction du sol des traits de particules chargées dites pilotes, qui se ramifient et vont ouvrir un canal conducteur dans l'air isolant. Ces petites décharges successives durent chacune quelques microsecondes et font progresser, par bonds d'environ 50 m, ce front ionisant à une vitesse de 100 à 200 km/s.

Quand le canal tracé par les électrons, encore appelé "précurseur par pas", arrive à quelques mètres du sol, une décharge part d'un relief (arbre,

le coup de foudre proprement dit. Celui-ci comprend en moyenne 3 à 5 de ces décharges principales nommées "arcs en retour" par les spécialistes. Le coup de foudre ne désigne donc pas les éléments précurseurs, décharges pilotes et front ionisant, mais très précisément l'ensemble des arcs en retour qui leur font suite et qui empruntent ce canal conducteur. Les décharges pilotes et les arcs en retour sont accompagnés d'émissions lumineuses, qui ne constituent qu'un seul éclair d'un quart de seconde aux yeux d'un observateur.

Cet éclair est dû à l'échauffement de la colonne d'air du canal portée brutalement à près de 25 000 °C. Ce phénomène entraîne la compression violente des couches atmosphériques voisines et provoque des ondes de choc successives : c'est

alors qu'a lieu le roulement de tonnerre.

Sous nos climats tempérés, la quasi-totalité des coups de foudre obéit à ce schéma. Par définition, on leur attribue la direction empruntée par le précurseur et non celle du courant et on les affecte du signe de la charge de la base du nuage.

Dans le cas décrit précédemment, le coup de foudre est descendant négatif. En terrain montagneux, il n'est pas rare d'assister à des coups de

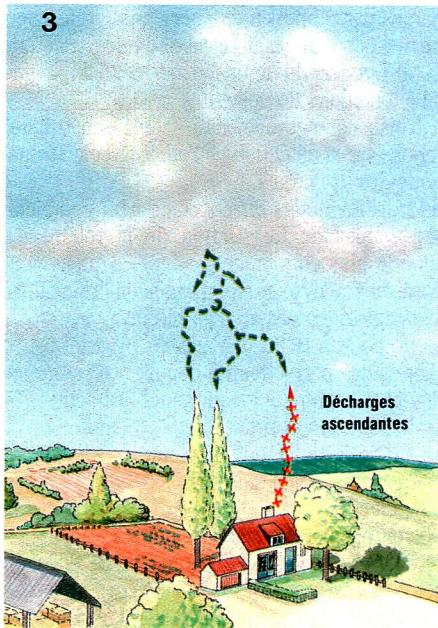
La puissance de ces émissions rend possible la détection à très grande distance des coups de foudre.

Chaque phase d'une décharge orageuse peut être identifiée par sa signature spectrale caractéristique. La richesse spectrale de ce rayonnement électromagnétique nécessite différents moyens d'acquisition, aucun ne couvrant un spectre aussi étendu.

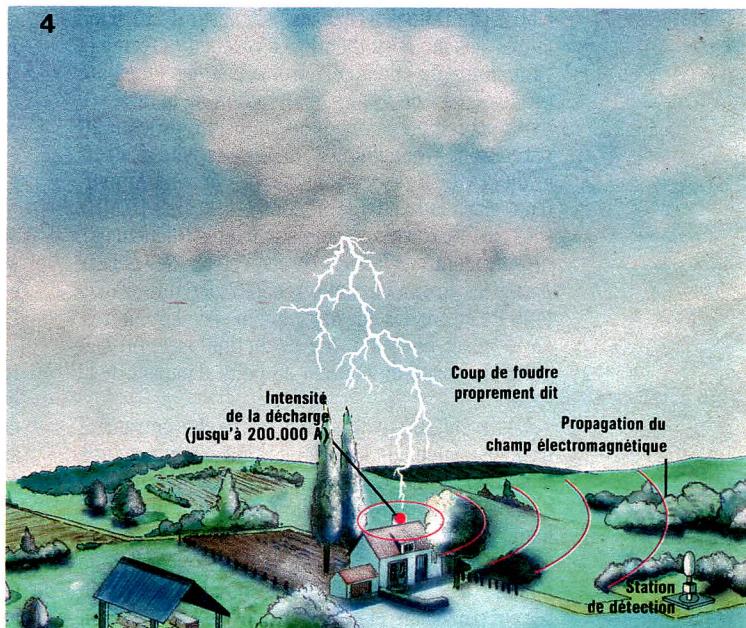
Les systèmes existant à l'heure actuelle étudient

DURE QU'UN QUART DE SECONDE.

3



4



reliefs du sol vers le nuage (3). Lorsqu'il y a contact entre le précurseur et une flèche ascendante, la terre se décharge brutalement dans le canal ainsi créé : c'est le coup de foudre ! (4) Chaque type de décharge émet un rayonnement électromagnétique qui lui est propre. L'éclair et le roulement du tonnerre sont provoqués par l'échauffement de l'air lors du passage du courant qui peut parfois atteindre 200 000 ampères.

foudre ascendants négatifs, car les précurseurs partent souvent d'une aspérité du relief en direction du nuage.

Il existe aussi des coups descendants et ascendants positifs, prédominants par exemple en Scandinavie et au Japon durant l'hiver. Ces observations ont été rendues possibles grâce à l'installation d'un système de détection semblable à celui qui quadrillera bientôt la France.

Tous les systèmes qui fonctionnent actuellement se basent sur l'analyse des émissions électromagnétiques de la foudre. Il faut savoir en effet que les éclairs rayonnent, sur une grande largeur de spectre, des ondes électromagnétiques dont la fréquence va de quelques hertz (Hz) à quelques dizaines de gigahertz (GHz).

trois domaines spectraux particuliers correspondant aux atmosphériques, aux arcs en retour et aux précurseurs.

- Les premiers signaux émis par l'orage qui furent recueillis et analysés sont les atmosphériques (ou siffleurs). Captés par des récepteurs d'ondes courtes, ces signaux parasites furent identifiés comme étant émis par des orages et piégés par le guide d'onde naturel que constituent la surface de la Terre et la base de l'ionosphère, à 60 km d'altitude. Ces rayonnements, détectés à plusieurs millions de km de leur source (ils peuvent effectuer plusieurs fois le tour de la Terre) par des antennes accordées autour de 30 MHz, ne fournissent qu'une localisation très approximative de l'orage et n'offrent pratiquement pas d'informations sur ses diffé-

rentes phases. Leurs multiples réflexions sur l'ionosphère entraînent de nombreuses déformations rendant impossible toute application à une étude précise des phénomènes orageux.

- A la fin des années 60, l'utilisation généralisée des installations électroniques (notamment dans le secteur aéronautique et dans les télécommunications) sensibles aux effets à distance de l'orage entraîna l'étude du rayonnement des impulsions les plus énergétiques des éclairs, celle des arcs en retour. Il s'agissait d'analyser la signature électromagnétique des éclairs au moyen d'antennes couvrant à l'origine la gamme de fréquence 500 Hz - 5 MHz (moyennes fréquences). A partir de 1976, on établit des modèles théoriques révélant la forme et l'amplitude du champ électromagnétique engendré par les coups de foudre, en fonction de la distance de la source à l'antenne, de l'intensité du courant parcourant le canal ionisé, de la résistivité des sols et de la vitesse ascensionnelle des éclairs. Aujourd'hui, dans la bande de fréquence 100 Hz - 10 MHz (des très basses fréquences aux hautes fréquences), on sait identifier la signature spectrale des éclairs parmi les bruits de fond, reconstituer une trajectoire de ces ondes sur des centaines de kilomètres, en localiser la source par déduction, et enfin calculer l'intensité du courant au point d'impact de la foudre.

Ces résultats, fruits d'une recherche entreprise principalement aux USA et en France, notamment à la station de déclenchement artificiel de la foudre de Saint-Privat d'Allier, contribuèrent à une meilleure connaissance des orages ; celle-ci a été renforcée par des études statistiques concernant le nombre d'éclairs par orage, le nombre d'arcs en retour par éclair et leur périodicité. La détection des signatures des arcs en retour permet la localisation du pied de l'éclair et de son impact au sol, mais ne donne pas d'indications sur les arcs intranuages. Le CNET (Centre national d'études des télécommunications) travaille d'ailleurs actuellement à la mise en évidence de ces phénomènes. La reconnaissance de la forme du signal impulsif s'effectue à partir des données recueillies par une antenne magnétique ou électrique.

- Depuis quelques années, les précurseurs constituent le troisième domaine d'étude du rayonnement électromagnétique des orages. Les charges qu'ils transportent sont plus faibles que celles des arcs en retour et engendrent des émissions plus modestes, dont le spectre se situe entre 30 MHz et 3 GHz (très hautes et ultra-hautes fréquences). Ces rayonnements, d'importance énergétique moindre, fournissent cependant des informations précises concernant toutes les phases préliminaires du coup de foudre. S'ils ne permettent pas la détection directe d'un arc en retour et l'amplitude du courant, ils constituent d'excellents indicateurs de la progres-

sion dans l'espace des canaux ionisés ; mais la propagation de ces rayonnements est assez faible en raison de leur sensibilité aux obstacles naturels.

Pour étudier ces 3 domaines spectraux bien particuliers, trois types de méthodes sont employées. Dans la première, dite "analyse goniométrique", l'azimut⁽³⁾ et le site de la source sont déterminés à l'aide d'antennes sensibles au champ magnétique des décharges.

La deuxième méthode, ou "analyse temporelle de l'instant de détection", utilise quant à elle des systèmes de détection omnidirectionnels, mais définit l'instant d'arrivée des signaux électriques des décharges par rapport à une horloge de référence. La localisation d'une source est obtenue par l'étude de la différence du temps d'arrivée d'un même signal à 3 stations de détection.

La troisième méthode, dite "interférométrique"⁽⁴⁾, repose sur la détection de l'émission électromagnétique des décharges.

Ces trois méthodes offrent donc neuf combinaisons possibles de localisation de la foudre. Le système le plus couramment adopté actuellement est basé sur l'analyse goniométrique de la signature électromagnétique des arcs en retour.

Mis au point à la fin des années 70 aux USA et régulièrement perfectionné depuis, ce système, baptisé LLP "Lightning location and protection" — éclair, localisation et protection —, comprend plusieurs stations de détection équipées de goniomètres à cadres magnétiques croisés associés à une antenne électrique.

Celle-ci indiquera le signe de la charge des arcs en retour. Ces stations, distantes entre elles de plusieurs centaines de km (≈ 300 km), sont des analyseurs de direction ; elles recueillent la direction de la foudre, l'amplitude du signal, le nombre d'arcs en retour et leur polarité et envoient ces informations à une unité centrale informatique, l'analyseur de position. A partir des éléments transmis par deux stations en théorie, trois en pratique, celui-ci détermine le point d'emplacement de la source d'émission et calcule l'intensité du courant de crête.

Représentant près de 90 % des systèmes installés, le système LLP couvre les deux tiers des USA et du Canada, ainsi que l'Australie, la Suède, la Norvège et certaines régions de Chine et du Japon. C'est lui qui a été choisi pour équiper tout le réseau français.

Un autre système a été proposé en France par ONERA (Office national d'études et de recherches en astronautique) : il s'agit du système SAFIR, qui effectue l'analyse interférométrique des précur-

(3) L'azimut désigne l'angle formé par une direction avec celle du nord géographique, choisie comme repère.

(4) L'interféromètre étudie les phénomènes d'interférence à partir de la superposition de plusieurs mouvements vibratoires de même fréquence.

seurs. Encore à l'état expérimental, il est constitué de plusieurs stations comprenant trois antennes électriques quart d'onde disposées en triangle équilatéral. Ces stations déterminent la direction et la position de la source en analysant les phases des signaux issus des antennes prises deux à deux.

Le système SAFIR localise le traceur descendant au sol de la foudre avec une précision inférieure au km, dans un rayon de 30 km autour des stations, et de l'ordre de quelques km au-delà. Il ne donne pas l'amplitude du courant des arcs en retour ; mais il offre par contre l'avantage de retracer le développement tridimensionnel des canaux ionisés détectés dans un rayon de 50 km et peut donc en principe effectuer en temps réel une reconstitution de l'éclair en trois dimensions. L'activité intranuageuse, qui précède de quelques centaines de millisecondes un arc en retour et représente environ 70 % de l'activité électrique totale d'une cellule orageuse, serait immédiatement précisée.

SAFIR pourrait donc intéresser tout particulièrement la navigation aérienne, les bases de lancement de missiles ou de fusées. Son montage en réseau est envisageable, seul ou en liaison avec celui existant, il compléterait le réseau LLP qu'exploite la société Météorage, dont 16 analyseurs de direction répartis dans l'Hexagone et l'analyseur de position situé à Paris sont entrés en activité depuis la mi-mai.

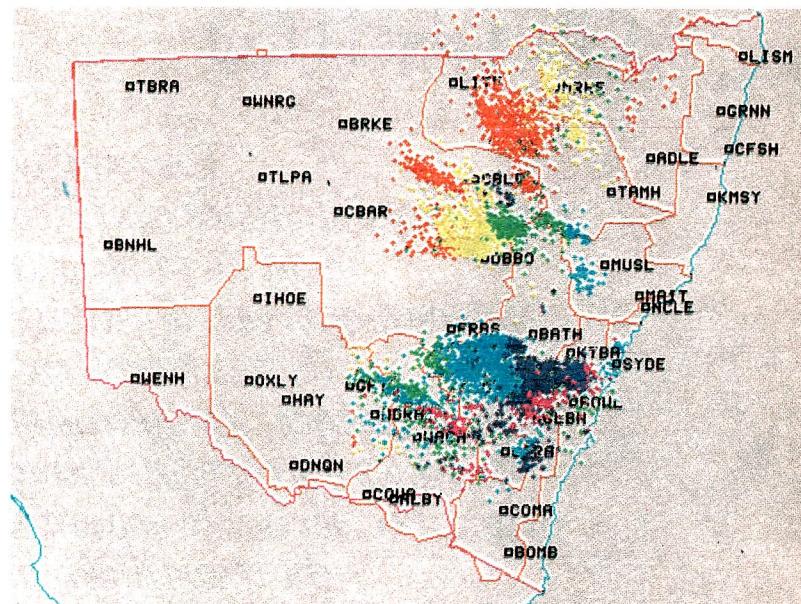
Si le principe n'est pas nouveau, le service proposé par la société est original. Moyennant un abonnement ou une licence, chaque usager pourra se connecter sur un serveur pour suivre en temps réel le développement d'une cellule orageuse touchant n'importe quelle portion du territoire avec une précision de l'ordre du km.

Plusieurs types de documents seront également disponibles comme les cartes de densité qui indiquent le nombre d'orages par régions, ou la cartographie des points d'impact de la foudre sur une aire donnée, des histogrammes de répartition des coups de foudre positifs et négatifs par saison ou par zone, d'amplitude des courants en fonction des régions, ou de fréquence des éclairs par saison, etc.

Météorage a passé une convention avec la météorologie nationale pour créer un service avec un système Météotel. Quart d'heure par quart d'heure, la situation de la France sera visible sur une carte où seront localisées, s'il y a lieu, les points d'impact

de la foudre. Il est prévu également de publier dans les pages météo de certains quotidiens une carte de courbes d'isodensités de foudroiements.

Les applications de ce service aux multiples facettes sont nombreuses : surveillance du transport de matières dangereuses et prévention des incendies de forêts, le contrôle des cellules orangeuses entraînant en cas de foudre la mobilisation immédiate des unités d'intervention. Les cartes délivrées par la société intéresseront les compagnies d'assurances agricoles à des fins d'expertises. Les analyses statistiques réalisées à partir des don-



Cette carte de la Nouvelle-Galles du Sud (Australie) montre le déplacement d'un orage. Chaque coup de foudre est matérialisé par une croix de couleur figurant son impact au sol. Chaque couleur représente une classe horaire. Ainsi, par exemple, si les coups de foudre "orange" se sont produits entre 13 h et 14 h, les "jaunes" correspondent à la tranche horaire 14 h - 15 h, etc. On peut ainsi suivre l'orage.

nées recueillies révéleront très précisément les zones à haut risque et leur fréquence de foudroiement, afin d'éviter d'y installer des lignes électriques ou des gazoducs, par exemple.

La sécurité des grands réseaux comme ceux des télécommunications, d'EDF ou de la SNCF pourrait en être renforcée. La banque de données qui sera constituée deviendra pour les spécialistes un outil de recherche pour percer encore un peu plus les mystères de la foudre. Le prix de ces différents services est compris entre 25 000 F pour une cartographie journalière et 150 000 F pour le suivi en temps réel de l'activité orageuse d'une région, la mise en alerte automatique et la fourniture de toutes les caractéristiques des impacts : amplitude, polarité, nombre d'arcs.

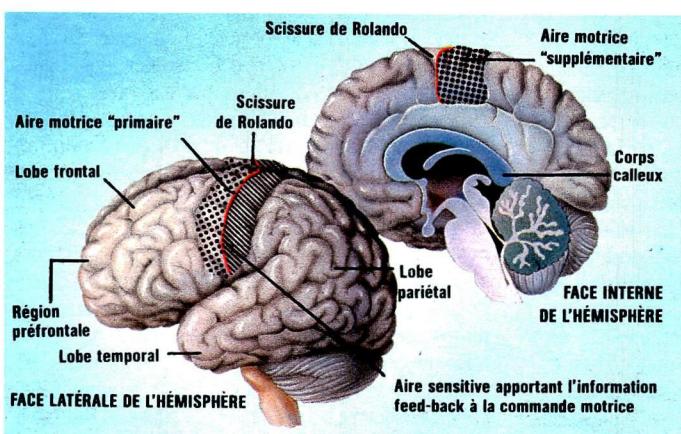
Isabelle Bourdial

L'ACTIVITÉ DU CERVEAU MISE EN CARTES

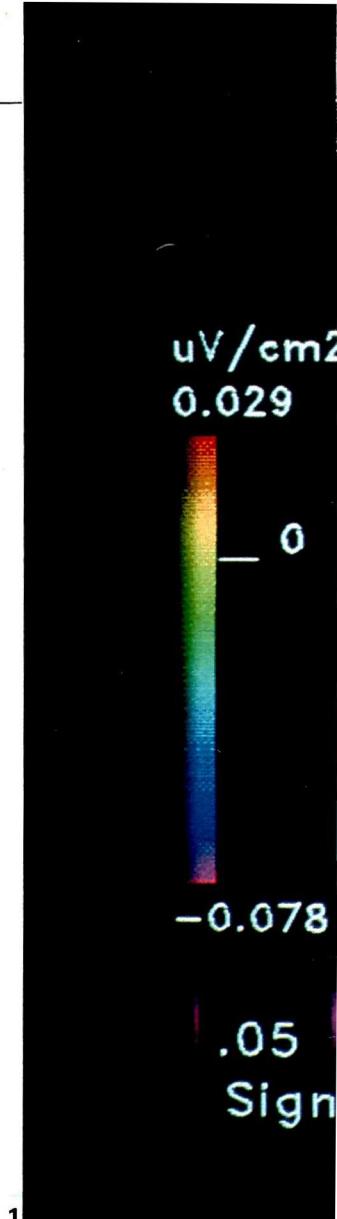
Une équipe de neurophysiologistes américains vient de publier trois documents extraordinaires.

Ils nous révèlent, de façon imagée, les mécanismes intimes du cerveau humain. Grâce à ce véritable espionnage du travail cérébral, la conception classique d'un cortex "presse-bouton" s'avère complètement périmée.

PAR LE DR JACQUELINE RENAUD



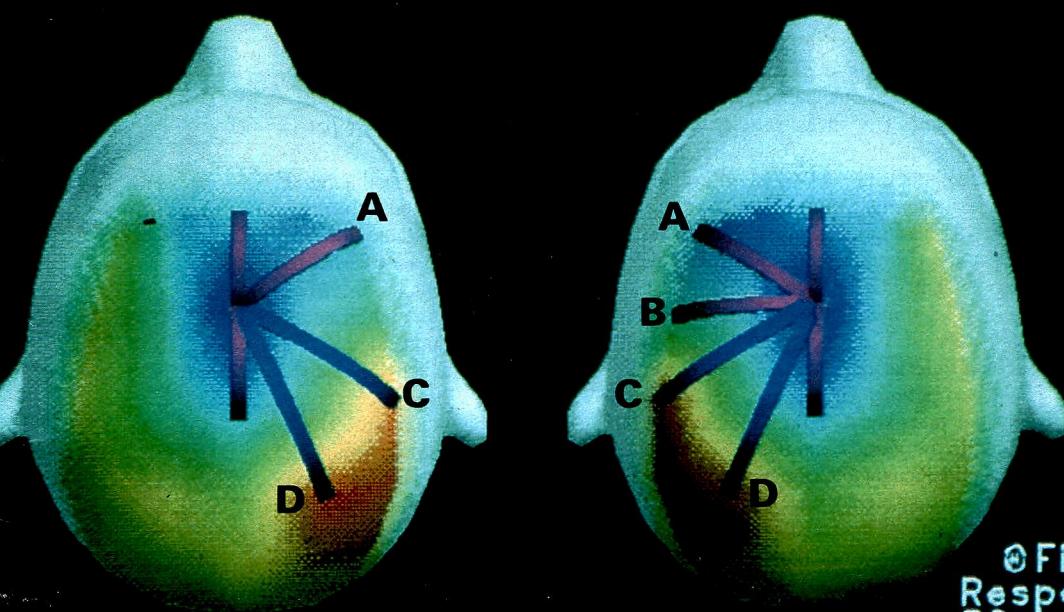
L'activité corticale visualisée grâce aux points de covariance. Le cortex (ci-contre) possède trois aires de commande motrice, qui interviennent dans chacun de nos gestes : une aire " primaire ", juste avant la scissure de Rolando, une aire " secondaire ", en avant de la précédente, sur la face externe du lobe frontal, et une aire " supplémentaire ", sur sa face interne. Le travail du cortex lors du passage à l'acte (ci-dessus) a été reconstitué à partir des données de l'ordinateur (voir page 33).



FINGER RESPONSE

LEFT

RIGHT



10⁻³ | 10⁻⁵ | Pos. | Neg.
Significance COVARIANCE

EEG Filter
Response:
-32 to 155
msec

EEGSL

Le cerveau n'est pas seulement un récepteur de signaux et un émetteur d'ordres, c'est aussi un prodigieux planificateur. D'une part, il se prépare pour toutes les sensations qu'il s'attend à recevoir ; d'autre part, il effectue des répétitions générales de tous les commandements qu'il s'apprête à donner.

C'est ce que l'on vient de découvrir grâce à de nouvelles techniques qui permettent un enregistrement plus subtil de ses activités. Ainsi, pour prendre un exemple tiré de la vie quotidienne, lorsque nous renversons notre tasse de café en la posant sur le bord de la soucoupe et non pas au centre, ce n'est pas parce que la commande du geste a été imparfaite, mais parce que la préparation cérébrale à cette commande a été défectueuse.

De grands progrès ont été faits ces dernières années dans la connaissance du cerveau. La conception d'un cortex "presse-bouton", encore valable il y a une quarantaine d'années, est aujourd'hui complètement périmée. Le schéma selon lequel une zone cérébrale, lorsqu'elle est activée, déclenche automatiquement tel ou tel geste, comme si l'on appuyait sur un bouton, est considéré désormais comme simpliste. On sait maintenant que l'ordre moteur qui part vers les muscles n'est que la dernière phase d'une longue série d'opérations corticales et sous-corticales qui ne sont pas encore toutes élucidées, mais dont on commence à démêler les méandres. Ainsi est-il à présent établi que le cortex possède trois aires de commande motrice, lesquelles interviennent dans

chacun de nos gestes : une aire " primaire ", située juste en avant de la scissure de Rolando ; une aire " secondaire ", sise en avant de la précédente sur la face externe du lobe frontal, et une aire " supplémentaire ", sur la face interne du lobe frontal, en un lieu appelé la " zone de la ligne médiane ".

De même, le schéma selon lequel les messages délivrés par nos organes sensoriels seraient comparables à des courants électriques se propageant le long de fils (les nerfs) jusqu'à des zones spécialisées du cortex, où ils se transformeraient automatiquement en sensations, paraît aujourd'hui quelque peu sommaire. Des investigations plus poussées ont montré que le cortex opère un tri parmi les informations qui lui sont adressées : il se ferme à l'avance à celles qu'il ne veut pas recevoir. Quant à celles qu'il laisse entrer, elles subissent un traitement assez complexe, dépendant de divers facteurs, personnalité du sujet, situation du moment, etc. Entre ce traitement et la planification du geste à effectuer, il y a encore toute une séquence d'activité interne qui, même si elle n'occupe que quelques fractions de seconde, est déterminante pour la bonne exécution du geste en question.

Cela dit, un grand bond dans la compréhension du fonctionnement du cerveau humain a été accompli lorsque, grâce au couplage ordinateur-appareil d'électro-encéphalographie, on a pu analyser de manière beaucoup plus fine les ondes constituant les tracés des électro-encéphalogrammes (EEG). A l'œil nu, ces tracés apparaissent comme des lignes désordonnées au sein desquelles il est impossible de distinguer la pointe ou la suite de deux ou trois pointes, qui traduit l'activation subite d'une zone très précise du cortex. Seules sont directement lisibles les variations importantes du tracé, dues à des comportements contrastés ou à des perturbations graves (yeux ouverts ou fermés ; état de veille ou endormissement ; arrivée d'une crise d'épilepsie ; présence d'une masse tumorale ; etc.).

Pour mettre en évidence la réaction ponctuelle de telle ou telle région du cortex à un stimulus déterminé (top sonore ou flash lumineux de quelques dixièmes de seconde), on demande à l'ordinateur d'analyser les ondes cérébrales exactement concomitantes dudit stimulus. L'opération est répétée un certain nombre de fois (une trentaine au minimum), ensuite de quoi l'ordinateur établit un tracé moyen correspondant à la superposition de toutes les analyses. On constate alors que le stimulus déclenche une onde caractéristique faite de plusieurs pointes. La durée de l'onde et celle de chacune des pointes, le côté positif ou négatif des déflections (déviations du tracé par rapport à la ligne isoélectrique), sont à peu près les mêmes quelle que soit la nature du stimulus (stimulus visuel, auditif, tactile, etc.). Seule varie la zone

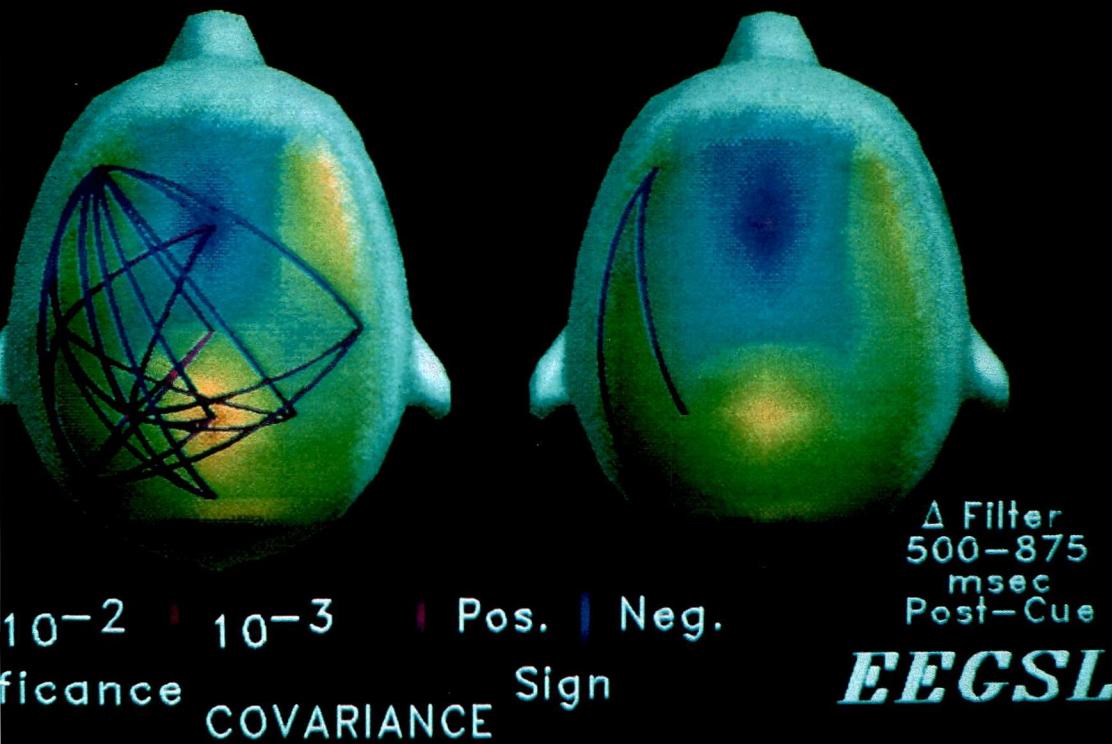
corticale où se manifeste l'onde : aire occipitale s'il s'agit d'un stimulus visuel ; aire temporaire en cas de stimulus auditif ; etc. Cette onde constitue ce que l'on appelle le "potentiel évoqué" (PE) ; elle signale l'arrivée au cortex d'une information sensitive venue de l'extérieur.

On a découvert par la suite que cette succession typique de pointes se retrouvait sous une forme quasi identique lors de chaque événement concernant le cortex cérébral : déclenchement d'une commande motrice ou d'une activité idéative aussi bien qu'arrivée d'une sensation. On a donc élargi la notion de "potentiel évoqué" en y incluant toutes les réactions corticales liées à un événement, quelle que soit la nature de ce dernier, et en lui donnant le nom plus général de "potentiel relié à l'événement" ou ERP (initiales de la version anglaise *event related potential*). Il n'est pas exagéré de dire que la détection des PE ou des ERP constitue un véritable espionnage du cerveau, puisqu'elle permet de débusquer ses réactions intimes et de les localiser avec précision. Que penser, par exemple, d'un aveugle qui a des potentiels évoqués visuels, ou d'un sourd qui a des PE auditifs ? Que leur trouble, à l'évidence, ne se situe pas au niveau de leur appareil sensitif, mais beaucoup plus profondément dans leur psychisme. L'un comme l'autre, ils refusent d'admettre la réalité de leurs perceptions. Ce comportement pathologique, connu sous le nom de négativisme, résulte souvent d'un dysfonctionnement des aires non sensorielles du cortex.

Après ce préambule destiné à situer le sujet dans son contexte général, venons-en aux trois étonnantes documents que viennent de réaliser Alan S. Gevins et son équipe, au laboratoire d'électro-encéphalographie de San Francisco.

Il y a six ans déjà, ce chercheur avait publié une passionnante étude mettant en relief des différences d'activité cérébrale lors de l'accomplissement de deux tâches pourtant assez voisines. Après avoir sélectionné cinq sujets adultes et en bonne

RIGHT PREPARATION ACCURATE INACCURATE



santé, il les avait soumis à une petite épreuve à la fois visuelle et motrice, tandis qu'un ordinateur analysait leur électro-encéphalogramme. Cette épreuve, toujours la même, avait été répétée un certain nombre de fois (270) par chaque sujet, et une moyenne finale avait été établie à partir de la totalité des essais des cinq sujets.

Chaque épreuve était de courte durée. Le sujet voyait sur un écran un stimulus, auquel il devait apporter une réponse exigeant un jugement d'intensité : il devait appuyer de l'index droit sur un levier avec une force correspondant au stimulus. En fait, deux stimuli étaient présentés simultanément : l'un concret (une flèche horizontale pointée vers la gauche et située dans la partie droite de l'écran) ; l'autre abstrait (un chiffre de 1 à 100 projeté sous la flèche, dans la partie inférieure de l'écran). Le sujet devait répondre soit à l'un, soit à l'autre, en fonction de l'ordre, donné au hasard, par le meneur de jeu. Si l'ordre était "la flèche", il devait appuyer aussitôt sur le levier de façon à amener ladite flèche à l'aplomb d'une barre verticale placée en haut et à gauche de l'écran (et dont la position variait chaque fois). Si, au contraire, le commandement était "le chiffre", il lui fallait presser le levier

La préparation pour un geste de la main droite... Le travail du cortex pour une sollicitation de l'index droit se déroule à 75 % dans l'hémisphère gauche (*voir page 34*) : avant une réponse correcte (*accurate*, à gauche) ou incorrecte (*inaccurate*, à droite).

avec une intensité qui corresponde à l'élévation du nombre (une séance d'apprentissage précédait les tests, au cours de laquelle le sujet pouvait étalonner ses pressions).

L'ordinateur analysait les ERP (potentiels reliés à l'événement) relevés : 1^o au moment de l'apparition des stimuli ; 2^o entre la désignation du stimulus à prendre en compte et la réponse ; 3^o au moment de la réponse. En confrontant ces trois sortes d'ERP, Gevins s'est aperçu que si, lors de la vision du stimulus ou au moment de la réponse, ils étaient sensiblement les mêmes quelle que fût la tâche à effectuer, en revanche, entre le stimulus et l'exécution de l'ordre, ils présentaient des différences notables selon le travail commandé, en particulier au niveau de la composante P_3 , c'est-à-dire de la pointe positive occupant la troisième position dans l'ERP et apparaissant 340 millisecondes après la manifestation du stimulus. Lorsque la tâche requé-

rait l'évaluation d'un concept abstrait (le chiffre), l'onde P_3 était d'une amplitude plus grande et d'un tracé plus complexe que pour une tâche purement pratique. Preuve que le cortex se livrait à une opération de jugement plus délicate. Mais ce qui a surtout retenu l'attention de Gevins, c'est que cette disparité entre les ERP n'est apparente que dans la période précédant l'action. C'est donc seulement lorsqu'il se prépare à agir que le cortex prend en compte la différence entre les tâches à accomplir, puisque, au moment de l'exécution, il a dans les deux cas les mêmes réactions (mêmes ERP).

C'est précisément pour étudier cette activité corticale de préparation que Gevins et ses collaborateurs ont entrepris récemment une nouvelle série de tests, en utilisant, d'une part, la technique d'isolation des ERP et, d'autre part, ce qu'ils ont appelé les "covariances". Expliquons ces termes. L'isolation des ERP consiste à répartir sur le cuir chevelu un très grand nombre d'électrodes (26 dans le cas présent), qui enregistrent chacune l'activité électrique d'une zone très limitée du cerveau, sans qu'il y ait d'interférences avec l'activité des zones voisines. Sur les ERP relevés par ces 26 électrodes, Gevins et son équipe ont recherché les structures similaires, c'est-à-dire les tracés présentant exactement au même instant les mêmes formes d'ondes, et témoignant par conséquent d'une même activité cérébrale. Ce sont ces variations simultanées qu'ils ont baptisées du nom de "covariances". En reliant par des lignes les points de covariance et en projetant ces lignes sur une représentation schématique du cortex, ils ont obtenu des images extraordinairement "parlantes" du travail cérébral, où l'on voit clairement quelles sont les aires impliquées dans une action donnée, à un moment déterminé. Ce sont ces images que nous vous présentons.

Encore faut-il, pour en comprendre la signification, savoir ce qu'elles représentent et à partir de quoi elles ont été construites. C'est pourquoi il est indispensable de dire quelques mots de la nouvelle série de tests qui leur a servi de support.

Ces tests, dans leur principe, étaient assez proches de ceux que nous avons décrits précédemment, mais comportaient cependant de nombreux aménagements. Ils ont été pratiqués par sept sujets masculins, adultes, en bonne santé et droitiers. Chaque sujet, au cours d'une séance d'environ 6 heures, entrecoupée de nombreuses pauses, a effectué entre 900 et 1 000 essais. Il était rétribué pour sa participation, mais seulement au prorata de ses performances, ce qui stimulait sa vigilance.

Avec ses 26 électrodes fixées sur le crâne et reliées à un appareillage complexe d'électro-encéphalographie assistée par ordinateur, il était assis devant un écran cathodique, tandis qu'à sa droite et à sa gauche se trouvaient deux boutons sur lesquels il devait appuyer avec l'index corres-

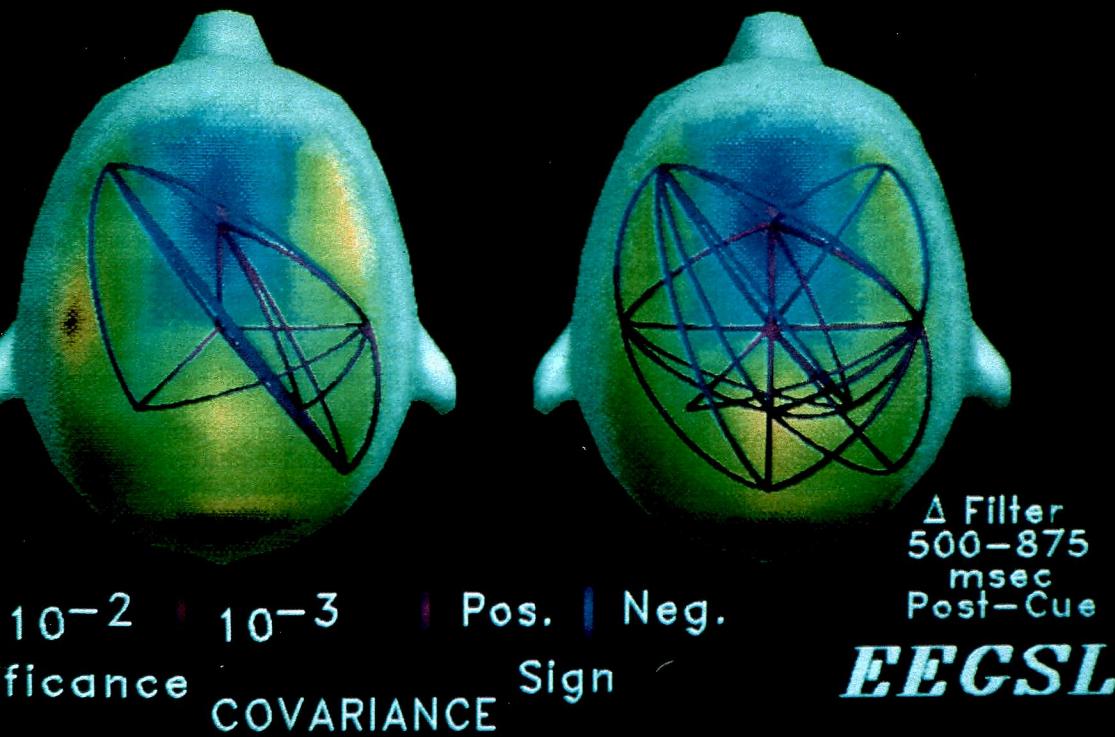
pondant. Chaque essai débutait par la présentation sur l'écran d'un "indice visuel" annonçant que le stimulus proprement dit allait suivre. Cet indice était la lettre "V", affichée pendant 0,3 seconde. Une seconde plus tard, apparaissait, pendant également 0,3 seconde, le stimulus : un chiffre choisi au hasard entre 1 et 9. Aussitôt, le sujet devait presser l'un ou l'autre bouton avec une intensité proportionnelle à la hauteur du chiffre projeté. Si c'était le 8 qui sortait, il devait exercer une pression de 8 grammes ; si c'était le 3, de 3 grammes.

Enfin, une seconde après le début de la réponse, surgissait sur l'écran, durant encore 0,3 seconde, le "feed-back" (le contrôle en retour) sous forme d'un chiffre annonçant la pression effectivement exercée. Si l'intensité de cette pression était conforme à la demande, autrement dit si le test était réussi, le chiffre en question était souligné d'un trait. Bien entendu, le sujet avait le temps de s'entraîner et avait appris à doser la pression de ses index en se servant des indications du feed-back.

Dernière précision : pour indiquer au sujet quelle main il devait utiliser, le chiffre stimulus était incliné, au hasard, tantôt à gauche (réponse avec l'index gauche), tantôt à droite (réponse avec l'index droit). L'indice préliminaire de mise en condition, le "V" apparaissant au début de chaque essai, était lui-même penché soit vers la gauche, soit vers la droite. Si le "V" et le chiffre stimulus étaient inclinés du même côté, cela signifiait : Pressez ! Si le "V" penchait d'un côté et le chiffre de l'autre, le sujet ne devait pas répondre.

L'enregistrement continu de l'activité cérébrale permettait de déceler les moindres traces de fatigue ou de baisse d'attention. Une pause était alors proposée, et les résultats obtenus juste avant la suspension n'étaient pas pris en compte. D'autre part, à chaque essai, l'analyseur relevait tous les ERP surgis au cours de la période allant de 0,75 seconde avant l'apparition de l'indice à 1 seconde

LEFT PREPARATION ACCURATE INACCURATE



après la présentation du feed-back.

Quels ont été les résultats de ces tests ? D'après une moyenne établie sur l'ensemble des sujets, 60 % des essais ont abouti à une réponse correcte, et 40 % à une réponse erronée. Si l'on examine la répartition des succès et des échecs en fonction de la main concernée, on constate que la main droite réussit mieux que la main gauche — ce qui n'a rien d'étonnant chez des sujets droitiers —, mais que, lorsqu'elle échoue, sa marge d'erreur (un appui trop fort ou trop faible) est plus grande que celle de la main gauche, ce qui est plus surprenant.

Cependant, l'objectif principal des tests n'était pas d'évaluer le taux de réussite mais de voir comment travaillait le cerveau, et en particulier d'observer ce qui se passait dans le cortex lorsque la réponse était correcte ou incorrecte. Pouvait-on, en décortiquant les ERP, discerner une différence entre la démarche conduisant au succès et la démarche se soldant par l'échec ?

Pour éprouver la validité de la méthode des covariances, Gevins et ses collaborateurs l'ont d'abord appliquée à un mécanisme qu'ils connaissaient bien pour l'avoir étudié précédemment : l'activité électrique du cortex au moment précis du

... et celle pour un geste de la main gauche. En prévision d'une sollicitation de l'index gauche, l'activité se situe de manière prédominante (72 %) dans l'hémisphère droit (**voir page 34**) : avant un essai correct (à gauche) ou incorrect (à droite).

passage à l'acte. Ils ont donc comparé les portions d'ERP correspondant au début de la pression de l'un ou de l'autre index. Il s'agit en fait d'un ensemble d'ondes, d'une durée approximative de 190 millisecondes, et dont la pointe principale se situe environ 62 millisecondes après le début de la réponse (les concordances de temps ont été établies grâce à l'enregistrement simultané des muscles des doigts).

Nous en savons suffisamment maintenant pour examiner en détail la **figure n° 1**. Elle montre les lignes de covariance au moment du passage à l'acte, c'est-à-dire tous les points où, à cet instant précis, l'activité électrique est la même. D'une certaine façon, on peut dire que ces lignes représentent les circuits du cortex impliqués dans la commande de l'action.

On remarque d'abord que la voie motrice est entrecroisée : l'hémisphère gauche commande les

mouvements de la main droite, et inversement. Cela, on le savait depuis longtemps. Plus intéressant est le fait que les lignes sont quasiment symétriques d'un hémisphère à l'autre. Il y a d'abord, sur les deux hémisphères, une zone d'activité située à peu près au milieu du crâne (sur la "ligne médiane"), et qui correspond à la mise en branle de l'aire motrice supplémentaire. Ensuite, des deux côtés, la ligne A traduit la participation d'une zone frontale (la partie frontale du cortex est le lieu où s'organisent les plans de commande et où est contrôlée leur bonne exécution). Egalemen présente des deux côtés, la ligne C révèle l'intervention de la région rolandique, où se trouve l'aire motrice primaire. Quant à la ligne D, elle témoigne des relations étroites existant entre zone visuelle réceptive, très active (en brun sur l'image), et commande motrice. Enfin, figurant seulement sur l'hémisphère gauche (qui gouverne la main droite), la ligne B indique la collaboration de la zone prérolandique, siège de l'aire motrice secondaire.

L'absence de cette ligne B sur l'hémisphère droit ne signifie pas que l'aire motrice secondaire n'intervient pas dans la commande de la main gauche, mais, plus simplement, que les ERP relevés dans cette région ne présentent pas, comme dans les autres zones, les formes typiques des ondes du travail en cours. La seule chose que l'on puisse en déduire, c'est

que la commande de la main gauche ou plus précisément, celle de l'index gauche, est fonctionnellement moins bien organisée que celle de la main droite. Ce que l'on savait déjà, et que

tous les droitiers connaissent d'expérience. La méthode des covariances était donc fiable. Gevins allait pouvoir l'utiliser pour l'objet principal de ses recherches : la mise en évidence de ce qui se passe dans le cerveau lorsqu'il se prépare à l'action.

Pour cela, il a étudié l'activité électrique du cortex pendant la période allant de la présentation de l'indice (la lettre "V" sur l'écran) à l'apparition du stimulus (le chiffre). C'est une période d'attente, au cours de laquelle le sujet se prépare à recevoir un stimulus qui exigera de lui une réponse motrice. Cette attente se traduit, sur l'électro-encéphalogramme, par une modification peu structurée du tracé, de sens négatif et d'amplitude variable selon l'état mental du sujet : disponibilité ou distraction, introversion ou extraversion, etc. Cette onde particulière est connue sous le nom de "variation négative contingente", ou CNV (de l'anglais *contingent negative variation*).

La comparaison des CNV n'a rien appris d'intéressant aux chercheurs de San Francisco : il n'existe en effet aucune différence significative entre les CNV de l'hémisphère gauche et celles de

l'hémisphère droit, ni entre les CNV qui précèdent un essai réussi et celles qui viennent avant une réponse incorrecte. En revanche, l'étude des covariances pendant cette même période, et notamment dans la fraction de temps allant de la 500^e à la 875^e milliseconde après la présentation de l'indice, s'est révélée extrêmement fructueuse, apportant des renseignements entièrement nouveaux sur le fonctionnement du cerveau.

En recherchant les points du cortex où, durant ce très court laps de temps, les fluctuations ondulatoires étaient identiques, Gevins et son équipe ont découvert qu'il était possible de savoir dès ce moment, c'est-à-dire avant même la présentation du stimulus, si le test serait réussi ou s'il aboutirait à un échec. En effet, le travail de préparation du cortex n'est pas le même dans les deux cas, ce qui apparaît clairement sur les figures 2 et 3.

Examions attentivement ces figures. Le travail de préparation précédant un essai réussi de la main droite (**figure 2 à gauche**) se déroule principalement dans l'hémisphère gauche, en particulier dans la zone frontale, la zone rolandique et la zone pariétale. On note cependant une certaine activité sur l'hémisphère droit (75 % pour l'hémisphère gauche, 25 % pour l'hémisphère droit), ce qui contrevient aux règles habituelles, car — rappelons-nous la figure 1 — dans la commande motrice les zones d'activité se trouvent uniquement sur l'hémisphère opposé au geste.

Pour les performances réussies de la main gauche (**figure 3 à gauche**), l'activité préparatrice se situe de manière prédominante sur l'hémisphère droit (72 % aux niveaux rolandique, pariétal et antéro-pariétal).

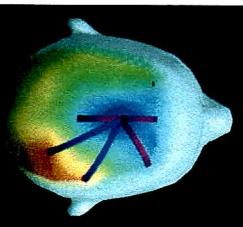
Si l'on compare les deux "cartes cérébrales" que nous venons de décrire (**figure 2 gauche et figure 3 gauche**), trois observations s'imposent :

1. Dans le travail de préparation préludant à une réponse correcte, on relève une intense activité de la zone frontale gauche, et cela aussi bien pour la main gauche que pour la main droite. Il doit donc exister dans cette région un "centre organisateur" qui n'est pas bilatéral.

2. Pour réussir un test de la main droite, l'activité préparatrice du cortex dans l'hémisphère gauche est nettement plus importante que le travail symétrique de l'hémisphère droit avant un essai correct de la main gauche.

3. L'activation de la "ligne médiane" (commande motrice supplémentaire) est beaucoup plus intense dans le travail préparatoire destiné à la main gauche que dans celui qui concerne la main droite.

Voyons ce qui se passe dans le cortex avant un essai voué à l'échec (**figure 2 à droite et figure 3 à droite**). On remarque tout de suite que le travail préparatoire est très différent de celui qui précède une performance réussie. On peut donc, dès ce



stade, savoir si la réponse sera ou non correcte.

Pour la main droite (**figure 2 à droite**), l'activité préparatrice de l'hémisphère gauche est réduite à sa plus simple expression : une double ligne de covariances (un double circuit) relie le lobe frontal gauche, d'une part au cortex pariétal, d'autre part au cortex temporo-occipital. En outre, on ne décèle plus rien de significatif dans l'hémisphère droit.

En revanche, pour la main gauche (**figure 3 à droite**), le travail préparatoire à une réponse qui sera incorrecte offre un contraste criant avec ce qui se passe pour l'autre main. Une activité intense — plus intense même que dans le cas d'une réponse correcte — se manifeste dans les deux hémisphères. Tout se passe comme si le cortex, pressentant l'erreur à venir, mobilisait toutes ses ressources pour tenter de l'éviter.

Gevins et son équipe ont également étudié le travail du cerveau dans la période qui suit immédiatement l'apparition du stimulus et dans celle qui vient aussitôt après le feed-back. Ils ont, là encore, constaté que l'activité du cortex n'était pas identique lors des essais réussis et des essais manqués. Finalement, ce n'est qu'au moment de la commande motrice proprement dite, déclenchant le mouvement du doigt, que le fonctionnement cortical est toujours le même quelle que soit l'issue, bonne ou mauvaise, de la commande. Cérébralement parlant, la commande motrice apparaît donc comme une sorte d'automatisme invariant qui tire son pouvoir adaptatif (la plus ou moins grande intensité de pression sur le bouton) de ce qui se passe avant (dans la phase préparatrice qui précède l'apparition du stimulus et dans la période qui suit immédiatement l'arrivée de celui-ci) ou après (la présentation du feed-back permettant d'apprécier ce qui a été fait et d'apporter d'éventuelles corrections pour les essais ultérieurs). Il découle de cette constatation qu'il est sans intérêt de faire porter l'apprentissage sur la commande motrice et qu'il vaut mieux le réservier aux techniques de préparation et aux jugements correcteurs *a posteriori*.

Tous les résultats que nous venons d'exposer, et qui ont servi à dresser ces étonnantes "cartes" d'activité cérébrale, représentent des moyennes établies à partir de la totalité des tests subis par l'ensemble des sujets. Mais Gevins a également établi des moyennes sujet par sujet, afin de comparer, pour chacun, performances et activité corticale. Cela lui a permis de faire une autre découverte. Chez certains sujets, les lignes de covariance traduisant le travail préparatoire à un essai de la main droite sont très différentes selon que l'essai sera réussi ou raté. De plus, ces différences sont toujours les mêmes et se situent toujours aux mêmes endroits. Pour la main gauche, ces sujets présentent des schèmes certes différents en cas de réussite ou d'échec, mais les différences sont moins marquées et plus changeantes. Pour tout

dire, ces sujets ont un hémisphère gauche organisé avec rigueur, qui se trompe ou réussit toujours de la même manière. Ce sont des sujets "fortement droitiers".

D'autres sujets, par contre, ont un cortex sur lequel on distingue moins nettement les situations qui mènent à la réussite et celles qui conduisent à l'échec, et cela aussi bien pour la main gauche que pour la main droite. Leur hémisphère gauche est moins "assuré" que celui des précédents : ce sont des droitiers moins absolu.

En conclusion à son étude sur les covariances, Gevins propose un certain nombre de commentaires, eux aussi du plus grand intérêt :

1. Lorsque l'on considère l'activité préparatrice du cortex dans les cas où l'essai est réussi, on ne peut manquer de remarquer le rôle capital joué par l'aire frontale gauche, aussi bien pour la main droite que pour la main gauche. Le lobe frontal étant le siège des opérations cognitives, on peut en déduire qu'un facteur cognitif intervient dans la préparation motrice. De plus, l'hémisphère gauche étant celui de la rationalité (alors que l'hémisphère droit est celui des conduites concrètes), il s'ensuit que le travail de préparation fait appel à la raison plus qu'à l'expérience.

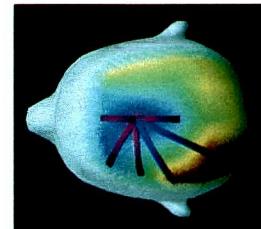
2. L'activité préparatrice se situe dans des zones anatomiques qui sont également celles où s'effectue la commande motrice proprement dite. Il semble donc que la préparation soit une sorte de répétition générale de la commande, répétition très soigneuse puisque, nous l'avons vu, elle se fait avec la participation de toutes les aires motrices (primaire, secondaire et même supplémentaire).

3. Ce travail préparatoire n'est pas le propre de l'homme. Il y a quelques dizaines d'années, à l'occasion d'enregistrements effectués sur le cortex de primates, on y avait déjà décelé des décharges d'activité avant le départ d'un ordre moteur.

4. Pour expliquer les différences considérables qui existent entre les deux hémisphères lors des essais manqués, Gevins suggère une double hypothèse : étant donné la très faible activité relevée dans l'hémisphère gauche, l'erreur commise par la main droite pourrait résulter d'une insuffisance de travail préparatoire, tandis que l'hyperactivité de l'hémisphère droit donne à penser que l'erreur de la main gauche proviendrait plutôt d'un travail préparatoire confus et erroné.

Ainsi, grâce à l'analyse des ERP et à la méthode des covariances, on est parvenu à découvrir quelques-uns des mécanismes les plus subtils du cerveau. Certes, beaucoup reste à faire, mais l'électro-encéphalographie assistée par ordinateur n'en est encore qu'à ses débuts.

Dr Jacqueline Renaud



LE BLOCAGE DES GÈNES NOCIFS

On sait aujourd'hui, in vitro, empêcher le développement de certains agents pathogènes en masquant le processus d'expression des gènes délétères. Ainsi, on agira sur l'élément fondamental d'une infection ou d'un dérèglement cellulaire, au niveau chromosomique, là-même où sont portés tous les messages de la vie, les "bons" comme les "mauvais". Une médecine nouvelle est en train de naître.

L'action thérapeutique, telle qu'elle est traditionnellement appliquée, apparaîtra bientôt comme tout à fait inadaptée et mal orientée. Comment procède en effet la médecine actuelle pour traiter un cancer ou débarrasser l'organisme des germes pathogènes qui l'attaquent ? Elle s'efforce de tuer les cellules malades, de détruire les microbes qui nous infectent, par la chimiothérapie, les rayonnements ionisants, la chirurgie. Autrement dit, elle se bat sur un champ de bataille que l'ennemi a déjà investi, où il a installé ses positions et déployé ses armes. Et où ses troupes se multiplient.

Imaginons une autre stratégie. Nous allons frapper la zone primordiale, l'endroit critique, là où s'élaborent les transformations qui conduisent la cellule de l'état sain à sa condition morbide. C'est-à-dire le cœur de la machinerie génétique. Ainsi font les militaires, qui ne se contentent pas d'engager l'adversaire sur le front, mais vont détruire ses moyens de production derrière les lignes, s'efforçant d'atteindre le siège même de son pouvoir logistique. Et peut-être aussi son ultime centre de décision et de commandement. Objectif suprême : désorganiser les communications, saboter tous les moyens de transmission.

Traduisons cette image guerrière en termes de stratégie médicale : il s'agira d'interdire aux chromosomes des cellules cancéreuses, des cellules infectées par un virus ou des agents pathogènes comme les bactéries, d'émettre les messages codés qui commandent la fabrication des protéines nécessaires à leur entretien et à leur prolifération.

On connaît bien maintenant le mécanisme par lequel une cellule cancéreuse, un virus ou n'importe quel agent pathogène, se multiplie dans l'organisme. Le phénomène de reproduction passe par l'appareil génétique de la cellule cancéreuse, dont une partie de l'ADN des gènes a été altérée par le cancer, ou par l'appareil génétique de la cellule infectée par un virus qui se met à produire de nouveaux virus (**dessin ci-contre**), ou encore par l'appareil génétique d'un type de germe donné. Le message génétique exprimé par la cellule cancéreuse ou par la cellule infectée par le virus est donc dénaturé et devient nocif, celui exprimé par le bactéries est pathogène par nature. Cette information novice est recopiée, puis véhiculée, par le circuit de transmission normal, à savoir un acide ribonucléique dit messager (ARNm) ; celui-ci transporte l'information vers les ribosomes, petits organites cellulaires qui décodent les séquences de l'ARNm et, suivant les instructions reçues, assemblent des acides aminés en chaînes protéiques bien déterminées. La structure spécifique des protéines ainsi synthétisées correspondra, dans le cas ici envisagé, au schéma de fabrication de nouvelles cellules cancéreuses, de nouveaux virus ou de nouveaux microbes du type en question, lesquels vont en engendrer d'autres par le même procédé, et ainsi de suite. Voilà le processus habituel de prolifération des tumeurs, des virus et des germes de toutes sortes, identique, au contenu du message près, à celui qui fait vivre nos cellules normales.

Donc, si l'on arrivait à empêcher que l'information nuisible soit lue et décodée par les ribosomes,

COMMENT LE VIRUS DU SIDA ATTQUE ET COLONISE NOTRE ORGANISME...

1. Lorsque le virus HIV du SIDA infeste le sang d'un individu, il s'attaque à une catégorie particulière de cellules, les globules blancs.

2. Il s'accroche au site récepteur qui lui correspond sur la membrane du globule blanc.

3. Puis il pénètre dans le globule blanc. Mais un virus ne peut se reproduire par ses propres moyens. Comment va-t-il faire pour se multiplier?

4. L'enzyme transcriptase réverse transcrit l'ARN viral monobrin en ADN viral à deux brins.

5. Cet ADN viral s'introduit alors dans le noyau du globule blanc et s'intègre dans l'ADN de celui-ci.

6. Dès lors, l'ADN viral est traité comme n'importe quel gène normal de la cellule infectée : il est transcrit en ARN messager par une enzyme de la cellule, l'ARN polymérase ; puis cet ARN messager est lu et traduit en protéines par les ribosomes de la même cellule... En protéines constituantes du virus, bien entendu.

...ET COMMENT ON VA BLOQUER SA REPRODUCTION

9. Injecté dans le sang, cet anti-ARN messager, s'apparie avec l'ARN messager viral. Ainsi "scotché" (voir détails sur dessin p. 38), celui-ci ne peut plus être lu et traduit correctement par les ribosomes du globule blanc en protéines virales. Il n'y a donc plus de synthèse de nouveaux virus du SIDA. La maladie ne peut subsister.

7. Ainsi, l'organisme hôte a prêté ses outils à la fabrication de nouveaux virus du SIDA, qui vont s'attaquer à d'autres globules blancs, propagant ainsi la maladie.

8. On fabrique au laboratoire un anti-ARN messager.

on arrêterait du même coup la multiplication des "mauvaises" cellules et des virus pathogènes.

Comment brouiller artificiellement ce message nocif ? Il faut bien comprendre d'abord le système de lecture employé par les ribosomes pour décrypter et assimiler l'information livrée par l'ARNm et pour la traduire en étapes successives de protéo-synthèse. C'est un mécanisme biochimique qu'on pourrait comparer au passage d'un texte dans une machine à photocopier — une machine "intelligente" qui saurait mettre en œuvre les instructions qu'elle recopie.

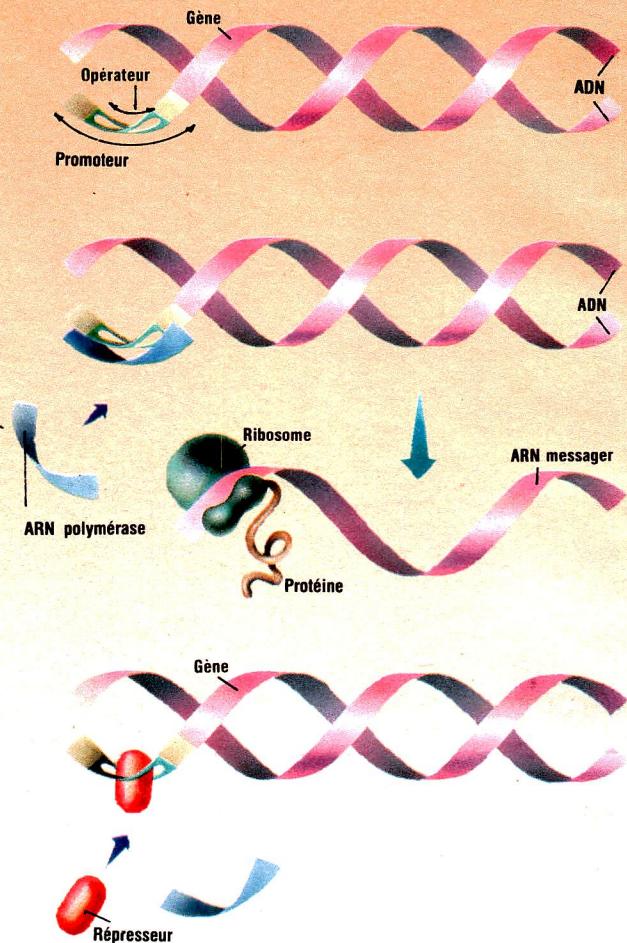
Le ribosome se fixe à l'extrémité de la molécule d'ARNm et avance le long de celle-ci, à la manière d'un curseur, en synthétisant, au fur et à mesure de sa progression, des protéines constituées de chaînes d'acides aminés, qu'on appelle polypeptides. Il met une minute environ à parcourir son "texte", à déchiffrer le code génétique et à produire le polypeptide complet. Tandis que le premier ribosome accomplit sa tâche de lecture, un deuxième s'accroche au bout de l'ARNm et se déplace également le long de la molécule ribonucléique, déclenchant à nouveau la synthèse de la protéine souhaitée. Ainsi, une succession de quelques ribosomes permet la synthèse simultanée de plusieurs exemplaires de la protéine codée par le message génétique.

Le ribosome lit le message par paquets de trois lettres : les triplets, ou codons, unités constitutives de l'alphabet génétique de l'ADN chromosomique. Chacun de ces groupes de trois bases azotées représente un des vingt acides aminés, composants essentiels des protéines, dont le ribosome déterminera la position dans la chaîne protéique selon les instructions que lui communique l'ARNm. Les acides aminés, fournis par nos aliments, sont apportés aux ribosomes par un ARN de transfert (ARNt) spécifique de chacun de ces acides organiques.

Supposons maintenant que nous fabriquions en

SELON DEUX MÉCANISMES, LES GÈNES

Le plus complexe est commun à toutes les espèces

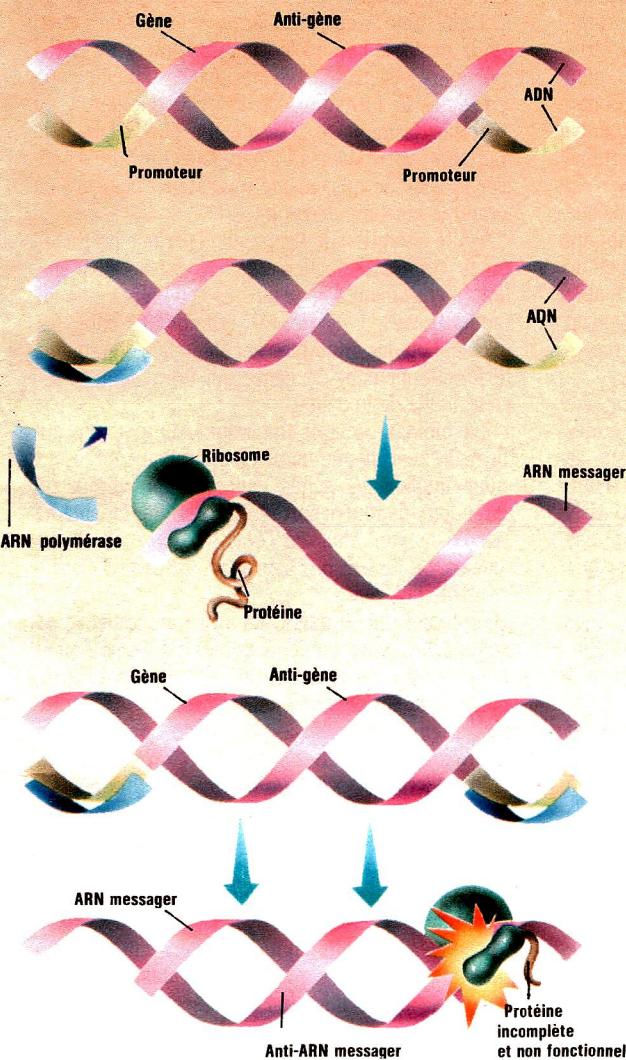


Pour que l'enzyme ARN polymérase transcrive un gène en ARN messager qui sera lu par les ribosomes de la cellule et traduit en protéine, cette enzyme se lie au "promoteur", morceau d'ADN situé au début du gène. Mais si l'organisme décide d'inhiber ce gène (par exemple le gène de fabrication d'hormone de croissance qui s'arrête de fonctionner chez nous vers l'âge de vingt ans), il fabrique un "répresseur" qui se fixe sur un site appelé "opérateur" et qui est situé dans le promoteur. Il empêche ainsi l'ARN polymérase de se lier à son promoteur et donc de fabriquer l'ARN messager. Le gène ne peut plus être traduit en protéines.

laboratoire, par synthèse chimique ou par les méthodes aujourd'hui très élaborées du génie génétique, un anti-ARNm artificiel que nous superposons à une partie de l'ARNm naturel pathogène. Nous prendrons par exemple une suite de dix lettres du vocabulaire de base du code génétique, et

S'AUTOBAILLONNENT DANS LA NATURE

Le plus simple est propre à *Escherichia coli*



Chez la bactérie *Escherichia coli*, en plus de ce mécanisme répresseur commun à toutes les espèces vivantes, il en existe un autre : une deuxième ARN polymérase se lie au promoteur de "l'anti-gène" (l'autre brin de l'ADN du gène, à ne pas confondre avec antigène qui signifie corps étranger à un organisme) ; il y a fabrication "d'anti-ARN messager" qui vient se plaquer contre l'ARN messager. L'ARN messager ainsi "scotché" ne peut être lu complètement et traduit correctement en protéine fonctionnelle par les ribosomes. C'est ce deuxième mécanisme d'inhibition, plus simple, qui a servi de modèle aux chercheurs du génie génétique.

nous masquerons à l'aide de ce "cache" un segment de l'ARNm qui doit être lu par les ribosomes. En bons généticiens, nous nous assurerons que cet anti-ARNm respecte le principe de complémentarité des quatre bases azotées vis-à-vis de l'ARNm qu'on veut masquer. Sinon, le "cache" ne tiendrait

pas sur son support. Tout se passe comme si nous faisions défiler, devant une tête de lecture (le ribosome), une bande magnétique (l'ARNm) sur laquelle nous aurions "scotché" un morceau de bande (l'anti-ARNm) où ont été enregistrées des informations contraires à celles qui avaient été consignées sur le document original. Le passage ainsi "opacifié" devient totalement inintelligible pour la machine.

Certes, il ne s'agit que d'un petit fragment de l'information portée par la bande. Les ribosomes n'ont-ils pas assez d'imagination pour reconstituer l'ensemble du message malgré la partie tronquée ? Evidemment non. Pour être valable et fonctionnelle, la protéine décrite par l'ARNm doit être synthétisée dans son intégralité. Dès l'instant où l'on efface une portion aussi petite soit-elle du plan de fabrication, le mécanisme de reproduction est paralysé dans sa totalité. Si l'on veut arrêter la multiplication de cellules tumorales, de virus ou de germes dans l'organisme, quel meilleur moyen ?

En France, les travaux sont menés en collaboration par le laboratoire de biophysique du Muséum national d'histoire naturelle, par l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), par le Centre national de la recherche scientifique (CNRS), par le centre de biophysique moléculaire d'Orléans et par la société Rhône-Poulenc.

Connaissant la séquence des bases chimiques inscrites sur l'ARNm, on peut reconstituer en laboratoire les molécules complémentaires qui vont neutraliser une portion de la chaîne. L'anti-ARNm recouvre ce tronçon de manière indélibile, ce qui rend impossible son décodage par les ribosomes,

ainsi que sa traduction en protéines.

En réalité, les biologistes n'ont fait que modifier un mécanisme qui fonctionne déjà dans la nature. Tous les êtres vivants possèdent dans leurs cellules une molécule d'acide désoxyribonucléique (ADN) indispensable à la reproduction cellulaire et à sa

bonne ordonnance. C'est vrai aussi bien des prokaryotes, comme les algues bleues et les bactéries, organismes inférieurs au noyau cellulaire morphologiquement mal défini, que des eucaryotes, êtres supérieurs dont les cellules ont un noyau bien séparé du cytoplasme par une enveloppe et contenant le matériel génétique. Les virus, qui se situent à la frontière du vivant, sont un cas à part. Certains possèdent de l'ADN, d'autres de l'ARN, comme c'est le cas chez les rétrovirus où l'acide ribonucléique étant en général transcrit en acide désoxyribonucléique lorsque le virus a pénétré dans une cellule hôte, en dehors de laquelle ce parasite est incapable d'opérer sa multiplication ; il ne peut le faire qu'en détournant à son profit les mécanismes de reproduction propres à la cellule qu'il a envahie.

L'ADN est le support biochimique du patrimoine héréditaire. Il contient tous les messages codés nécessaires à la vie d'un organisme, et qui se matérialisent par la synthèse de protéines commandée par les gènes, petits segments d'ADN alignés sur les chromosomes. Les gènes ne sont pas tous exprimés en permanence ; il est évident que leur fonctionnement et la production des diverses protéines ne sont pas constants dans le temps, mais s'adaptent aux conditions variables de la vie cellulaire, aux besoins organiques internes ainsi qu'à certaines circonstances externes.

Ainsi donc, les différentes étapes qui conduisent de l'information génétique portée par l'ADN jusqu'au produit actif — la protéine — donnent lieu à des phénomènes de régulation. Le système qui en a la charge fait intervenir des circuits comparables au *feedback* de la cybernétique ; c'est la quantité de produit fini qui contrôle, par l'intermédiaire de relais commandés génétiquement, la quantité de protéine à synthétiser. Or, justement, la plupart de ces mécanismes d'autorégulation affectent le stade de la transcription, c'est-à-dire l'étape où le message génétique porté par l'ADN est recopié sur un ARNm, lui-même fabriqué par une enzyme⁽¹⁾, l'ARN polymérase. L'ARNm, une fois synthétisé dans le noyau, passe ensuite dans le cytoplasme, où son message est décodé et traduit en protéines par les ribosomes.

L'activation ou l'inhibition de la transcription d'un gène sont contrôlés par des mécanismes très complexes. La transcription (*dessin page 38*) débute lorsque l'ARN polymérase se fixe sur un site promoteur situé en amont du gène. Elle s'arrête lorsqu'une protéine, le répresseur, vient se fixer sur un site opérateur intercalé dans le site promoteur. A cause de ce répresseur, l'ARN polymérase ne peut plus accéder au site promoteur ; la transcription s'arrête et il n'y a plus synthèse de protéine. Le répresseur, normalement inactif devient actif, donc

à même de se fixer à l'opérateur lorsque la protéine est synthétisée en quantité suffisante.

En résumé : s'agit-il de faire cesser la fabrication de la protéine ? Alors le fonctionnement de l'ARN polymérase se trouve bloqué, ce qui du même coup empêche la formation de l'ARNm qui aurait dû recopier le message codé détenu par l'ADN et le faire lire aux ribosomes. S'agit-il au contraire d'activer le gène, le mécanisme régulateur relancera en grand la machine de production.

Toute altération de l'appareil génétique perturbe, on le comprend facilement, le système de régulation, entraînant des désordres cellulaires plus ou moins graves. C'est le cas notamment dans les cancers, où des mutations accidentelles détruisent le fonctionnement de gènes qui normalement régulent la vie de la cellule.

La biologie devrait théoriquement pouvoir utiliser le mécanisme naturel opérateur-répresseur pour inhiber les gènes cancérogènes, virus ou infectieux de toutes sortes, et supprimer la maladie par ce moyen. Mais en l'état actuel des connaissances, on ne sait pas agir sur le dispositif d'autorégulation des gènes.

Heureusement, il existe un autre mécanisme de régulation, plus facile à copier. Il est vraiment l'exception dans la nature et, mis en œuvre artificiellement, il pourrait s'adapter à tous les cas de figure. On a observé ce phénomène pour la première fois en 1983 chez *Escherichia coli*, le fameux colibacille, une bactérie en forme de bâtonnet. Ce procaryote se compose d'un seul chromosome en anneau baignant dans le cytoplasme, sans aucune membrane autour. Son unique cellule (les bactéries sont des êtres unicellulaires) contient des plasmides, fragments d'ADN qui se répliquent dans le cytoplasme bactérien indépendamment du chromosome lui-même, et qui intervient dans le codage génétique de ce microbe. Il possède en outre de petits éléments génétiques mobiles — les transposons —, capables de s'insérer au hasard dans le chromosome.

La mobilité de ces transposons est régie par une enzyme, la transposase, qui catalyse leurs déplacements. L'enzyme est codée par un gène porté par le transposon lui-même. Lorsqu'on introduit un grand nombre de copies de ce gène dans la bactérie, l'excès de transposase inhibe les mouvements des transposons. L'effet est dû au blocage de la transcription sur l'ARNm du message codé par le gène de la transposase ; mais ce blocage n'est pas la conséquence d'une manœuvre d'autorégulation classique, il est le travail d'un anti-ARN qui existe naturellement dans cette bactérie.

La découverte il y a cinq ans d'anti-ARN messagers naturels chez *Escherichia coli* a relancé d'un coup la passion des chercheurs pour ce type de molécule. C'est la région du chromosome bactérien

englobant le gène de la transposase qui est responsable de l'étrange phénomène. Il se caractérise par la synthèse de deux acides ribonucléiques d'effet contraire, l'un étant l'ARNm codant pour la transposase, l'autre l'anti-ARNm qui réprime l'action du premier.

Pour comprendre le fonctionnement de ce système interne de répression, il faut se rappeler que les deux chaînes — on les appelle aussi les "brins" — qui forment la double structure hélicoïdale de la macromolécule d'ADN, sont faites d'une suite de nucléotides contenant chacun l'une des quatre bases suivantes : adénine (A), cytosine (C), guanine (G), thymine (T). La molécule a l'aspect d'une échelle de corde enroulée en torsade. Les deux chaînes sont reliées chimiquement comme le sont les montants de l'échelle par ses barreaux, les bases en vis-à-vis étant complémentaires, c'est-à-dire que l'adénine est toujours appariée à la thymine, la guanine à la cytosine. Seule l'une des deux chaînes sert de module à la synthèse de l'ARNm, l'autre reste "silencieuse".



Traités avec des anti-ARN messager, des trypanosomes responsables de la Maladie du sommeil (à gauche) meurent très rapidement (à droite).

A l'exception, tout au moins, du curieux exemple de la transposase. Dans ce cas particulier, l'un des deux brins commande la synthèse de l'ARNm codant pour l'enzyme, alors que le second intervient pour réguler l'action du premier, en dirigeant la fabrication d'un ARNm de sens contraire (*dessin page 39*). Les deux ARNm inverses se chevauchent en partie sur la double chaîne d'ADN ; ils sont parfaitement complémentaires le long de leur parcours commun mais de direction opposée. Sur cette partie de la macromolécule, donc, les deux ARNm antagonistes sont solidement liés par leur complé-

mentarité chimique. Une superposition étroite qui fait obstacle à la transcription de l'ARNm codant pour la transposase.

La nature, ici, fait exactement ce que les biologistes essaient de faire artificiellement : l'ARNm qui doit régir la synthèse de l'enzyme a été occulté, rendu illisible du fait qu'un autre ARNm — l'anti-ARN messager — est venu se coller sur lui. Le principe, encore une fois, du bout de ruban adhésif recouvrant une partie de la bande magnétique et qui interdit la lecture de tout le passage.

Les chercheurs ont sur-le-champ compris l'intérêt de cette découverte. Dans un premier temps, ils ont voulu reproduire expérimentalement ce mécanisme de blocage dans un ovule de xéope, grenouille d'Afrique du Sud très utilisée comme sujet de laboratoire. On lui a injecté des ARNm d'hémoglobine de lapin. Pris directement en charge par la machinerie génétique de l'ovule, ces ARNm ont été décodés et traduits ; il y a eu synthèse abondante de la protéine en question. On a injecté ensuite des anti-ARNm d'hémoglobine de lapin,

fabriqués synthétiquement ; la production de protéines s'est arrêtée. Preuve que le mécanisme naturel d'inhibition des gènes peut être recréé artificiellement.

La fabrication d'anti-ARN messagers relève de la synthèse chimique. Elle consiste à aligner les nucléotides dans un ordre inverse de celui de l'ARNm naturel que l'on désire "bloquer". Ce travail est maintenant accompli par des appareils *ad hoc*. Mais les chercheurs s'attachent actuellement à réaliser ces anti-ARNm par les procédés bien plus "sophistiqués" du génie génétique. La technique exige que le gène soit cloné, c'est-à-dire greffé sur le bagage génétique d'une bactérie qui, en se multipliant, en livrera de très nombreux exemplaires. Encore faut-il que la séquence des nucléotides soit implantée à l'envers

sur le chromosome du microbe — une opération délicate —, sinon on obtiendra de simples ARNm au lieu des anti-ARNm recherchés.

La longueur des anti-ARNmessagers est un paramètre essentiel. Nous savons qu'un gène est fait de quatre sortes de nucléotides, unités élémentaires des acides nucléiques. Si la séquence d'anti-ARNm greffée est trop courte, elle risque d'être commune à des ARNm normaux, utiles ceux-là et que nous ne voulons pas neutraliser. Une séquence trop courte, par ailleurs, n'assure pas un amarrage solide des anti-ARNm aux ARNm correspondants. En re-

DIABÈTE : TOUT EST CHANGÉ

Et pourtant, ce sont les immunologistes qui viennent de faire progresser la connaissance et le traitement de la maladie. De plus, des tests précoce permettent désormais de la prévenir avant qu'elle devienne irréversible.

Les premiers patients qui ont bénéficié du nouveau traitement, à l'hôpital Necker à Paris, dans le service du Pr Jean-François Bach (1), présentent des rémissions durables. Les ouvrages de médecine distinguent deux types de diabète : le type I, caractérisé par une carence absolue en insuline, conséquence d'une destruction des cellules β insulino-sécrétrices, dans les îlots de Langerhans du pancréas ; on le soigne par des injections périodiques et au long cours d'insuline, d'où le nom de diabète insulino-dépendant donné à cette forme de la maladie. Le type II, lui, a pour origine une anomalie de sécrétion de l'insuline ou une baisse de son efficacité : on le traite par un régime approprié ou par des comprimés de biguanides, qui bloquent la néoglycogénèse au niveau du foie, ou de sulfamides hypoglycémiant qui activent la sécrétion d'insuline.

Un million de Français sont touchés par les formes I et II ; la forme I, la plus grave et autrefois mortelle, touche environ 150 000 sujets, et la forme II, près de 850 000 personnes. Mais à la lumière des nouvelles recherches, environ 15 % des diabétiques de type II, sont en réalité des diabétiques de type I en puissance, chez qui la maladie se développe plus lentement.

Les nouvelles découvertes concernent uniquement les diabétiques de type I, les plus touchés, puisqu'à leur maladie s'ajoutent bien souvent des complications cardiaques, cérébrales, oculaires et rénales. A preuve, un tiers des malades ayant un rein artificiel sont des diabétiques de type I.

Le diabète de ce type serait comparable aux phénomènes mis en jeu dans un rejet de greffe, sauf qu'ici ce sont les propres tissus de l'individu, à savoir les cellules β des îlots de Langerhans, qui sont détruits par le système immunitaire. Il s'agit donc d'une maladie dite auto-immune.

C'est en 1965 que les premiers soupçons sur une origine immunologique possible furent émis, à l'université de Bruxelles, par le Pr Willy Gepts. Celui-ci s'était aperçu que les îlots de Langerhans de diabé-

Le diabète relève de l'endocrinologie.

tiques de type I étaient infiltrés par des lymphocytes, cellules normalement mises en jeu dans la stratégie immunitaire.

Cette découverte était renforcée en 1975 par les Prs Franco Bottazzo et Deborah Doniach, qui mirent en évidence, à Londres, des auto-anticorps chez des diabétiques de type I. En 1980, plusieurs équipes de chercheurs, notamment celle du Pr Jean Hamburger à Paris, découvrirent des lymphocytes T autoreactifs contre les cellules β .

Les animaux de laboratoire ont aussi aidé aux recherches. La palme revient au rat BB et à la souris NOD, qui ont la particularité de présenter le même diabète de type I que l'homme. Les rats BB furent découverts en 1974 dans une colonie de rats de souche Wistar. Dans cet élevage, appartenant à la société Bio Breeding, à Ottawa (Canada), on s'aperçut que les individus mouraient jeunes sans que l'on s'expliquât pourquoi. A la dissection et aux analyses sanguines, on trouva que le diabète de type I en était responsable. Le trait diabétique fut ensuite maintenu par croisements successifs frère et sœur. A ces lignées, on donna le nom de BB, les initiales de Bio Breeding.

La souris NOD (pour *Non Obese Diabetic*) présente, elle aussi, des similitudes avec le rat BB. Là encore, le diabète fut diagnostiqué dans un élevage et maintenu par croisements successifs frère-sœur. Mais il est également possible d'induire un diabète de type I par injection d'un produit toxique pour les cellules β , la streptozotocine. C'est ainsi que des injections répétées d'un dose de 40 mg/kg de poids à des souris provoquent une nécrose initiale des cellules β , puis un diabète franc dans les 72 h, du fait de la mise en jeu du système immunitaire.

Chez tous ces animaux, on a mis en évidence des anticorps anti-cellules β et des lymphocytes T dans les îlots de Langerhans. Mieux ! Lorsqu'on injecte les lymphocytes T d'une souris malade à une souris saine, celle-ci devient aussi diabétique. Ce qui confirme bien l'origine immunologique du diabète.

La cause initiale de la maladie serait la présence,

à la surface des cellules β , d'une petite protéine qui serait reconnue comme étrangère par le système immunitaire lorsque celui-ci se dérèglerait. Survient alors l'émission d'anticorps anti-cellules β par les lymphocytes B, et la production des lymphocytes T, dirigés contre ces mêmes cellules β qui seraient détruites et rejetées.

Normalement l'antigène des cellules β est toléré par le système immunitaire. Mais chez certains sujets plus sensibles génétiquement, ce système se détraque et assaille les cellules β . Pour le comprendre il faut rappeler quelques notions concernant le Complexe majeur d'hiscompatibilité (CMH) rencontré chez toutes les espèces de mammifères et qui joue un rôle important dans le processus de rejet des greffes. Il s'agit d'une région du génome appelée H-2 chez la souris et localisée sur la paire de chromosomes 17 et HLA (*Human Leucocyte Antigen*) chez l'homme et logée sur la paire de chromosomes 6. Comme il existe un grand nombre de gènes dans l'HLA, et que chaque individu hérite de deux chromosomes 6 différents (un de son père, l'autre de sa mère), la variété mathématique des combinaisons induit un très grand polymorphisme de ces gènes dans la population.

Les gènes de l'HLA se répartissent en quatre régions principales, A, B, C et D. Les gènes des régions A, B et C, codent pour les protéines de classe I, que l'on rencontre à la surface de toutes les cellules nucléées de l'organisme. Ces protéines font office de marqueurs et définissent en quelque sorte la carte d'identité de l'individu. Toute protéine étrangère, un microbe par exemple, qui s'introduit dans l'organisme, est aussitôt reconnue à ses marques différentes et rejetée par le système immunitaire. Autrement dit, les gènes des régions A, B et C assurent un contrôle des frontières de l'organisme. Les gènes de la région D, eux, codent pour les protéines de classe II, qui ne sont exprimées que dans les cellules du système immunitaire (lymphocytes B et T et macrophages) et non dans les autres cellules nucléées. Cette région D, elle-même subdivisée en sous-zones DR, DB et DQ, assure la coopération entre les cellules de ce système immunitaire mais aussi la surveillance des autres cellules du corps. Normalement les gènes de la région D tolèrent l'antigène présent sur les cellules β .

Cependant le système immunitaire de certains sujets, plus fragiles génétiquement, accepte mal cet antigène et se révolte contre lui, détruisant du même coup les cellules β qui le portent. Cette fragilité serait le fait de la sous-zone DR. Ainsi, dans les populations caucasiennes, 90 % des sujets diabétiques insulino-dépendants sont porteurs de l'allèle DR₃ et (ou) DR₄⁽²⁾.

La perte de tolérance du système immunitaire serait liée à une fragilité intrinsèque de ce système, liée à DR₃ et DR₄, mais elle pourrait être aussi le fait

d'une cause extérieure, comme le suggèrent les modèles animaux chez qui le diabète est induit par injection de faibles doses de streptozotocine. Le produit entraînerait la destruction d'un petit nombre de cellules β , puis les dégâts feraient tache d'huile par action du système immunitaire dès lors sensibilisé à l'antigène de ces cellules.

Chez l'homme, l'induction du diabète pourrait aussi, dans certains cas, être provoquée par un virus spécifique des cellules β et selon un mécanisme comparable à celui de la streptozotocine.

Tous ces arguments ont conduit à l'utilisation d'immunosupresseurs, afin de diminuer les réactions immunitaires contre les cellules β , et cela dès les premiers symptômes de la maladie, quand les cellules β n'ont pas encore été détruites en totalité. Ces produits agissent préférentiellement sur les lymphocytes T, cellules que l'on rencontre en majorité dans les îlots du pancréas. La cyclosporine est le traitement de choix car elle constitue le plus puissant et le plus sélectif des immunosupresseurs utilisés en clinique.

Les premiers essais de grande envergure, qui se poursuivent depuis 1984 et auxquels collaborent six principaux centres français de diabétologie, en particulier celui de l'hôpital Necker, permettent d'affirmer que la cyclosporine peut amener des rémissions prolongées, voire définitives de la maladie. Résultats confirmés par d'autres essais pratiqués au Canada et dans divers hôpitaux européens.

Avec un traitement modéré à la cyclosporine, certains malades n'ont pas reçu d'insuline depuis plus de trois ans et rien n'indique une rechute prochaine de leur diabète. On pourrait bien tenir là un traitement d'avenir : outre qu'il supprime les injections d'insuline, il prévient surtout les complications dégénératives.

Un dépistage précoce de la maladie peut dès lors être envisagé. Il doit se pratiquer avant que les îlots du malade aient été irrémédiablement détruits en totalité. Ce dépistage est fondé sur des critères familiaux (familles à risque), génétiques (HLA), immunologiques (recherches d'anticorps anti-cellules β et lymphocytes T activés), métaboliques (diminution de la production d'insuline après une charge de glucose). C'est à un âge variable que l'hyperglycémie se manifeste quand il ne reste plus que 20 % des cellules β ; c'est le moment ultime pour agir. Après, il peut être trop tard. Moins d'un an suffit pour que les îlots soient totalement détruits. Pour ces malades restent alors l'insulinothérapie, mais aussi et depuis peu la chirurgie : greffe du pancréas ou d'îlots de Langerhans dans le foie.

Pierre Rossion

(1) Chef du service d'immunologie clinique et directeur de l'unité INSERM U25.

(2) Une allèle est l'une des formes d'un même gène.

SIDA: LES RAISONS D'ESPÉRER ?

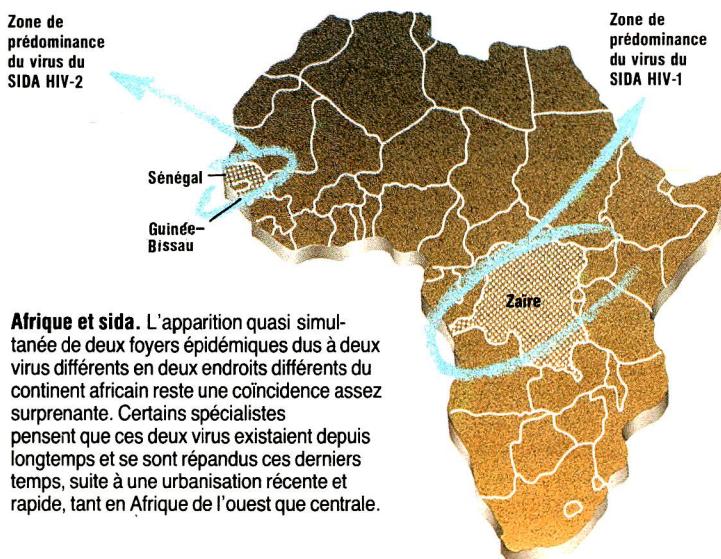
Ce ne sont plus seulement les Américains et les Français qui se disputent la définition du nouveau virus du SIDA, mais encore les Américains entre eux ! Notre envoyée spéciale au congrès de Washington y a pourtant trouvé bien des raisons d'espérer. Le virus n'est plus la Bête du Gévaudan. L'efficacité réelle des vaccins va pouvoir être testée à l'Institut Pasteur.

Nouveau type de foire médico-médiatique : le Congrès international sur le SIDA. Le troisième, qui s'est tenu à Washington, du 1^{er} au 5 juin, a réuni plus de 7 000 chercheurs, médecins et journalistes du monde entier, deux fois plus qu'à Paris l'an dernier. Raison de ce succès : les possibilités d'échanges d'idées et l'établissement d'une collaboration ou, à défaut, de concurrences entre les différents spécialistes. Comme le SIDA est un problème "chaud", les participants sont de plus en plus nombreux. Pas de révélation spectaculaire, mais

une certitude rassurante : la connaissance du virus et de la maladie progresse. Le différend franco-américain sur le virus n°1 du SIDA (HIV-1) était à peine réglé qu'un autre désaccord apparaissait sur le virus n°2 (HIV-2), qui fut, si l'on peut dire, la "vedette" de Washington. Cette fois-ci, ce n'est pas de brevets, et donc d'argent, qu'il s'agit ; le débat est scientifique.

Le virus n°2 du SIDA frappe essentiellement en Afrique de l'ouest (1) et apparaît comme un cousin éloigné du virus n°1 du SIDA, celui qui est responsable de l'épidémie actuelle de SIDA en Afrique

centrale et dans le reste du monde. Ce deuxième virus a été découvert par l'équipe française de l'Institut Pasteur chez les patients atteints de SIDA originaires du Cap-Vert ou de Guinée-Bissau (Afrique occidentale). Chez ces patients, tous les tests de diagnostic usuels conçus pour réagir spécifiquement avec le virus n°1 restaient négatifs. C'est uniquement la mise en culture des globules blancs de ces malades qui a permis de révéler la présence du virus, baptisé HIV-2 (Virus de



Afrique et sida. L'apparition quasi simultanée de deux foyers épidémiques dus à deux virus différents en deux endroits différents du continent africain reste une coïncidence assez surprenante. Certains spécialistes pensent que ces deux virus existaient depuis longtemps et se sont répandus ces derniers temps, suite à une urbanisation récente et rapide, tant en Afrique de l'ouest que centrale.



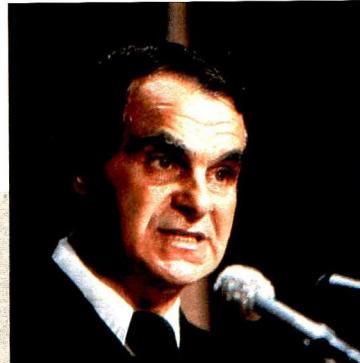
l'immunodéficience humaine n°2). Le Pr Myron Essex, de Boston, a découvert dans la même région d'Afrique de l'ouest, au Sénégal plus précisément, un virus légèrement différent, qu'il baptise HTLV N°4 et qui, selon lui, ne provoque pas le SIDA, car tous les patients infectés sont porteurs sains. C'est en utilisant pour sa part, des réactifs préparés à partir d'un virus du SIDA découvert par une autre équipe chez le singe macaque rhésus, au Centre d'étude des primates de Boston, que le Pr Essex, en collaboration avec une équipe française de Tours, a décelé la présence de l'HTLV-4. Des anticorps qui reconnaissent le virus du macaque rhésus sont en effet présents en Afrique occidentale chez le singe vert, mais aussi chez l'homme. Donc, les Français de l'Institut Pasteur et les Américains ont mis en évidence le virus ouest-africain par deux approches bien différentes.

Les Français ont analysé à fond des personnes atteintes de SIDA et pourtant séronégatives pour le virus n°1, alors que les Américains ont recherché au hasard une séropositivité pour un virus proche de celui du macaque. La querelle est née du constat surprenant d'Essex : aucun des sujets qui lui sont apparus séropositifs n'est malade de quoi que ce soit. Il en a conclu que l'HTLV-4 n'est pas pathogène, contrairement à ce qu'affirment les Français à propos d'HIV-2, et donc que les deux virus devraient être différents. Très légèrement seulement, ajoute-t-il, car aucune différence importante n'est détectable pour le moment entre HIV-2 et HTLV-4, que tout le monde considère par ailleurs comme un seul et même virus.

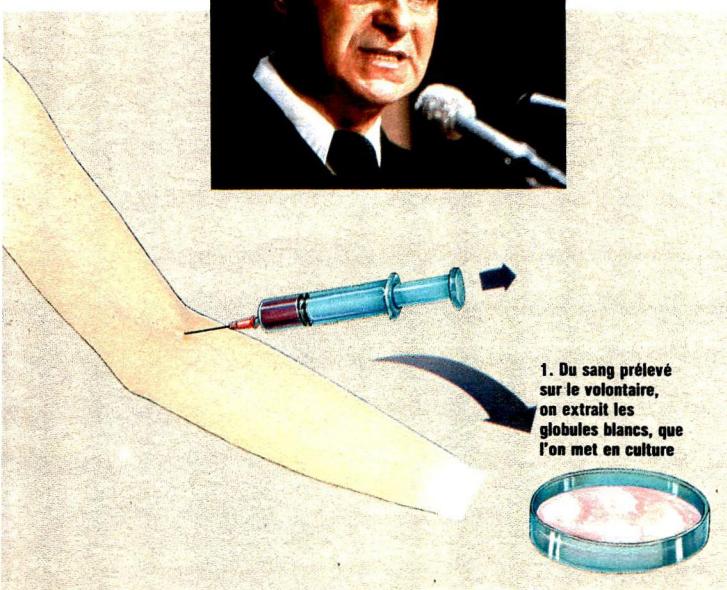
Le virus du sida du macaque, dont l'analyse vient d'être présentée au congrès de Washington fournit enfin le modèle animal qui va permettre de tester la vaccination anti-sida. Cet animal est un singe d'Asie qui n'est pas infecté dans son territoire naturel et qui a sans doute été contaminé en captivité par des congénères (le fameux singe vert ou le mangabé). Mais, même si l'animal vacciné se révèle immunisé contre le sida du macaque, il faudra quand même passer à des tests sur l'homme. Cela dit, les deux virus sont suffisamment proches, et le singe et l'homme suffisamment parents, pour qu'une réussite chez l'un garantisse les meilleures chances d'un succès chez l'autre. L'occasion de passer de la théorie à la pratique.

Dans ce cas, quelqu'un doit nécessairement se tromper : il est en effet impossible que, lorsqu'un Français tire au sort une personne séropositive en Afrique de l'ouest, le virus isolé s'appelle HIV-2 et soit capable parfois de provoquer le SIDA et, lorsque c'est un Américain, le virus s'appelle HTLV-4 et soit aussi inoffensif qu'un agneau. On attendait donc impatiemment, le jeudi 4 juin, les exposés successifs des Prs Montagnier, de l'Institut Pasteur, et Essex, de Harvard. En fait l'affrontement, qui se présente en général sous la forme d'une joute plus ou moins courtoise, n'a pas eu lieu. En effet, Essex a abandonné ses positions. L'air de rien, il a appelé le virus HIV-2 et a admis qu'il provoquait le SIDA en Afrique de l'ouest, ajoutant tout de même que le potentiel pathogène d'HIV-2 restait inférieur à celui d'HIV-1, ce qui reste très vague. La rumeur dit qu'il aurait été plus ou moins abusé par ses collaborateurs sénégalais, qui ne tenaient pas à faire connaître la réalité du SIDA dans leur pays.

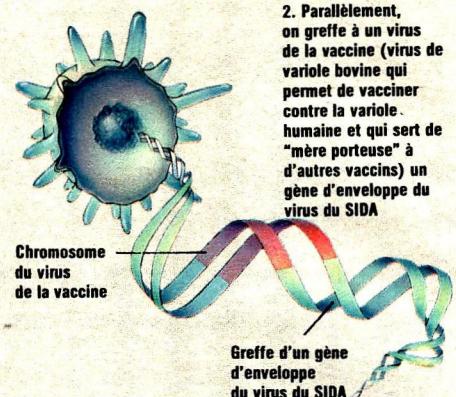
On peut donc penser que toutes les querelles sont réglées ; eh bien, ce n'est pas le cas, car l'équipe



PRINCIPE ET LIMITES DE L'EXPÉRIENCE D'



1. Du sang prélevé sur le volontaire, on extrait les globules blancs, que l'on met en culture



2. Parallèlement, on greffe à un virus de la vaccine (virus de variole bovine qui permet de vacciner contre la variole humaine et qui sert de "mère porteuse" à d'autres vaccins) un gène d'enveloppe du virus du SIDA

3. On infecte ensuite la culture de globules blancs avec le virus de vaccine ainsi manipulé



d'Essex doit se battre sur un autre front, constitué cette fois, non par des Français mais par des Américains. Ses nouveaux adversaires sont les équipes mêmes qui, à Harvard, avaient collaboré avec lui ! Il apparaîtrait que son équipe, après avoir mis en évidence des anticorps spécifiques dans le sang des singes verts, puis de patients africains, ait "raté" la mise en culture des virus proprement dits. En effet, il semblerait que les virus isolés à Boston, c'est-à-dire l'HTLV-4 et le virus du singe vert, ne soient rien d'autre qu'une "contamination" par le virus isolé chez le macaque par une autre équipe américaine, celle du Pr Ronald Desrosiers. C'est en tout cas ce que prétendent les Prs Desrosiers et aussi Mullins, de Boston, qui avait été chargé par Essex de cloner et d'analyser la composition des gènes des virus "découverts" par Essex.

La comparaison des gènes entre les virus du macaque (appelé SIVmac, pour virus de l'immunodéficience simienne du macaque), celui du singe vert (appelé SIVagn, agm = *african green monkey*, ou singe vert africain) et le virus appelé HTLV-4 chez l'homme a révélé que ces trois virus étaient identiques à plus de 99 %. Lorsqu'on sait que le virus du SIDA varie considérablement, il ne reste qu'une explication : Essex a redécouvert trois fois le même virus, qui a "sauté" d'une boîte à l'autre dans son laboratoire. A titre de confirmation, il faut dire que les virus HIV-2 et SIVmac, comparés en France à l'Institut Pasteur sous la responsabilité des Drs Marc Alizon et Pierre Sonigo, ont révélé une homologie d'environ 70 %, ce qui correspond au taux normal attendu.

L'histoire est donc bien un recommencement, car tout cela rappelle la trop forte ressemblance observée début 85 entre le virus du SIDA "français" LAV (rebaptisé depuis HIV-1) et son équivalent "américain", l'HTLV-3 du Pr Gallo, ressemblance qui avait alimenté la querelle grave à peine réglée (2). Mais cette fois, c'est un Américain, Ronald Desrosiers, qui en accuse un autre, Myron Essex, de lui avoir "piqué" son virus...

Ce sont les caractères spécifiques de la recherche sur le SIDA qui expliquent la répétition de ce genre d'affaire. Ces caractères sont l'importance des retombées financières et médiatiques, et l'âpreté de la concurrence qui poussent les chercheurs à travailler et à publier parfois un peu trop précipitamment. Le congrès de Washington a d'ailleurs consacré le SIDA en tant que phénomène politique et sociologique autant que scientifique et humain.

La couverture du congrès par la presse a été sans précédent : près d'un journaliste, pour cinq chercheurs ! L'importance des retombées médiatiques est d'ailleurs largement utilisée par toutes sortes de prédateurs très peu scientifiques, qui récupèrent l'effet SIDA pour leur compte. Ainsi certains "spécialistes" français se sont fait un nom et une carrière en totalisant un nombre d'apparitions dans les médias tout à fait disproportionné par rapport au nombre de résultats qu'ils ont obtenus. Il est toujours plus facile d'accepter des interviews que de faire avancer la science.

Certains hommes politiques, et démagogues, savent aussi tirer parti de la psychose engendrée par

(2) Voir *S & V* n° 826 de mai 86 et n° 837 d'avril 87.

DOCTEUR ZAGURY

4. La culture ainsi infectée est inactivée au paraformaldehyde par mesure de précaution (par exemple pour neutraliser une éventuelle contamination accidentelle en cours de préparation)



5. On réinjecte au volontaire ses propres globules blancs ainsi traités (les globules d'une autre personne auraient déclenché chez lui un phénomène de rejet comme lors d'une greffe)



C'est selon la technique longue et complexe que nous avons résumée ci-contre que le docteur Zagury s'est vacciné lui-même contre le sida. Cette expérience, si elle a effectivement entraîné l'apparition d'anticorps et de lymphocytes dirigés contre l'enveloppe du virus du sida, semblant confirmer ainsi l'innocuité du vaccin, ne prouve cependant en rien son efficacité. Il faudrait pour ce faire, et comme on fait pour tout vaccin, que le docteur Zagury s'injecte le virus même et l'injecte à d'autres volontaires vaccinés, pour voir si celui-ci est effectivement neutralisé. Il a confirmé, à Washington, ne pas avoir l'intention de le faire.

le SIDA pour s'attirer quelques voix. La recette est simple et classique, et Jean-Marie Le Pen mérite trois étoiles pour sa manière de cuisiner la contrevérité scientifique. Première étape, il accentue la peur en affirmant une transmission possible par les larmes, la sueur et la salive, ce qui est archi-faux. Deuxième étape, il "rassure" en annonçant que lui seul prendrait les vraies mesures de salut public qui s'imposent. Par exemple, enfermer les « sidaïques » dans un « sidatorium » et boucler nos frontières. sans vouloir entrer dans le délicat débat du maintien de nos libertés dans le cas de la lutte contre le SIDA, ce qui pose des problèmes éthiques ou politiques, mais pas scientifiques, il est évident que les mesures proposées par M. Le Pen sont inapplica-

bles ; de plus, maintenir des milliers de malades en "prison" coûterait beaucoup plus cher que de financer efficacement les recherches qui permettent, par exemple, l'obtention rapide d'un vaccin.

Le Congrès de Washington a confirmé d'ailleurs, ce qui n'incite pas au désespoir, que seuls les contacts sexuels ou transfusionnels sont dangereux. Pour ne pas risquer la maladie, deux voies. Pour tous ceux qui ne vivent pas en couple de façon absolument fidèle, l'adoption de pratiques sexuelles sûres, sans échanges de sécrétions vaginales ou de sperme, avec utilisation systématique des préservatifs, est nécessaire. Les couples de séronégatifs fidèles et les pratiquants de l'"emballage" ne risquent rien. Quant aux transfusions, en France comme dans de nombreux pays, elles sont très soigneusement surveillées et les tests systématiques, qui permettent d'éliminer les échantillons infectés, sont très sûrs (3).

En ce qui concerne le traitement, des molécules comme l'AZT ou la DDC, ne constituent pas pour l'instant un remède-miracle, en raison de leur efficacité relative et de leur toxicité, mais elles suscitent de très gros espoirs. Il faut se rappeler

Réunis à l'occasion d'un congrès à l'Institut Pasteur (de gauche à droite), les Prs Essex, Montagnier et Gallo pactisant loin des médias.



(3) Voir *S & V* n° 836 de mars 87.

II. NE FAUT PAS TOUT CROIRE

Le SIDA, peut aussi infecter les esprits, semble-t-il. Il s'est révélé comme une machine à bobards et une manne pour charlatans. Témoins, les âneries que voici, récoltées récemment (en gras), suivies de notre commentaire.

Seule la sodomie peut transmettre le SIDA, car la muqueuse anale est fragile

Tous les rapports sexuels, homo- ou hétérosexuels, peuvent transmettre le SIDA.

Les préservatifs ne servent à rien pour se protéger

Du virus concentré a été placé pendant plusieurs mois dans un préservatif : pas un n'a traversé le latex. On a même vu à Washington la présentation d'une machine automatique à tester les préservatifs : pression de rupture, élasticité, etc... !

Le virus se transmet par la sueur, la salive, les larmes les moustiques

S'il est vrai que le virus est présent dans la sueur, les larmes et la salive, et peut-être les moustiques, il s'y trouve en quantité infime, insuffisante pour infecter qui que ce soit. L'ont amplement démontré les études épidémiologiques et la surveillance des familles (ou un seul enfant est atteint, par exemple) et du personnel médical. Personne n'a contracté le SIDA au cours des contacts non sexuels ou non sanguins de la vie de tous les jours.

75 % des séropositifs seront malades un jour

Rien ne peut démontrer une telle affirmation. En effet, les tests qui permettent de détecter la séropositivité n'ont pu être effectué que depuis quatre ans. Parmi les séropositifs les plus anciennement reconnus, beaucoup plus de la moitié sont encore en bonne santé. Mais l'évolution de leur infection dans dix ou vingt ans reste bien sûr imprévisible. D'ici là...

les débuts de la chimiothérapie anticancéreuse, où les premiers produits présentaient les mêmes inconvénients. Puis on a appris à associer divers produits et à déterminer les doses idéales ; et l'on peut aujourd'hui guérir certains cancers.

En ce qui concerne les vaccins, de nombreux laboratoires ont préparé par des techniques diverses, le plus souvent par génie génétique, des consti-

Le virus du SIDA provient du singe vert d'Afrique

Ou comment l'esprit vient aux filles ! En fait, c'est là une variante fréquente du bobard ci-après : des savants perfides auraient trafiqué le virus au singe vert, etc.

L'origine du virus du SIDA est un problème très complexe. Il y a deux foyers épidémiques : l'un en Afrique centrale et dans le reste du monde, lié au virus HIV-1 ; l'autre essentiellement situé en Afrique de l'ouest, lié au virus HIV-2. HIV-1 et HIV-2, quoique possédant un air de famille, sont trop divergents pour avoir dérivé l'un de l'autre au cours de ces dix dernières années. On peut donc penser qu'ils existaient bien avant le début de l'épidémie que l'on observe depuis 1981. Ils sont sans doute passés inaperçus auparavant car ils frappaient peu de personnes dans des régions isolées.

Quant au virus du singe vert, il ressemble sans doute (car il n'a pas vraiment été isolé, voir l'article) de très près au virus HIV-2. Il pourrait donc éventuellement expliquer l'apparition de l'HIV-2, mais sûrement pas celle de l'HIV-1, qui est pourtant le principal responsable des SIDA observés aujourd'hui. De plus, il est peu vraisemblable que les premiers contacts de l'homme avec les singes (par morsure ou consommation de viande) datent uniquement de ces dernières années. Pour toutes ces raisons, l'hypothèse d'un passage récent d'un virus du singe vert à l'homme, qui serait à l'origine de l'épidémie actuelle, est très peu probable. Il reste possible cependant que les virus de l'homme et du singe puissent sauter d'une espèce à l'autre, mais s'ils l'ont fait, c'est il y a bien longtemps, peut-être même quand le singe est devenu homme... Il faudra simplement en tenir compte le jour où l'on voudra, comme pour la variole, éliminer la maladie par la vaccination.

Si l'origine du virus est ancienne, celle de l'épidémie est récente. L'hypothèse qui prévaut actuellement présente l'épidémie de SIDA comme

une conséquence de l'exode rural et de la construction des grandes cités africaines. Quel meilleur terrain de propagation pour un virus et quel meilleur champ d'essai peut-on imaginer qu'une ville, où l'on peut facilement multiplier les rencontres et les partenaires sexuels. Le singe vert, qui mène une vie plus tranquille que la nôtre et qui ne construit pas de grandes villes, se demande sûrement si ce n'est pas l'homme qui lui aurait transmis le SIDA.

Le SIDA est une arme de guerre biologique, créée dans un laboratoire militaire à partir de fragments des virus VISNA du mouton et HTLV-1 humain. Selon les sources, ce sont les Américains qui sont responsables (journal de Moscou) ou les Russes (selon les pro-Américains)

C'est là de l'intoxication, chère aux nostalgiques de la guerre froide. En effet la comparaison des gènes du virus du SIDA et des virus VISNA et HTLV-1 démontre immédiatement que le premier ne peut pas être construit à partir de morceaux des deux autres. Ces trois virus ne possèdent aucun morceau identique, tout simplement. De plus, la science actuelle est totalement incapable de créer un animal aussi perfectionné que le virus du SIDA.

Les végétariens sont à l'abri du SIDA

Seulement s'ils ne consomment pas de chair... dans tous les sens du terme !

C'est l'éradication de la variole qui a fait apparaître le SIDA

Le virus de la variole et celui du SIDA n'ont absolument aucun rapport entre eux. Si tous les événements qui se produisent à peu près à la même époque devaient être liés, on pourrait ainsi attribuer le SIDA à la mise en service du TGV.

tuants viraux incomplets, donc non infectieux, qui pourraient servir de vaccins. L'injection de ces constituants viraux pourrait stimuler notre système immunitaire, notamment en le faisant produire à l'avance des anticorps et des lymphocytes spécialisés dans la destruction du virus, selon le principe général de la vaccination. Un des problèmes majeurs est de vérifier l'efficacité du vaccin après l'in-

jection ; il promet d'être rapidement résolu, grâce à l'analyse détaillée du virus du macaque qui vient d'être réalisée à l'Institut Pasteur et qui a été présentée à Washington. Ce virus est suffisamment proche du virus humain, notamment du virus HIV-2, pour permettre de tester la vaccination chez le macaque. Auparavant, même les chercheurs français et zairois qui ont osé se lancer dans l'expérimentation humaine en vaccinant des volontaires zairois ainsi qu'eux-mêmes (*voir encadré pages 46-47*) n'ont rien prouvé, si ce n'est l'innocuité apparente du vaccin.

En effet, le Dr Zagury, responsable de ces expériences, a réaffirmé à Washington, au soulagement général, que l'injection du virus aux volontaires vaccinés, qui seule peut apporter la preuve formelle de l'efficacité d'un vaccin, ne sera pas effectuée. Car ces essais de vaccination restent assez décevants. Tout d'abord en raison de leur complexité : les globules blancs du sujet à vacciner doivent être prélevés, puis cultivés en laboratoire, puis infectés dans les boîtes de culture par un virus manipulé (le virus de la vaccine ou vaccin antivariolique) auquel on a greffé des gènes du virus du SIDA, puis tués au formol, et injectés au patient... Ce type de technique, très efficace pour stimuler la réponse immunitaire contre le virus du SIDA, est trop complexe pour pouvoir être appliquée en masse. Ensuite, l'immunité produite par le vaccin et qu'on peut plus ou moins mesurer par des dosages sanguins, est identique à celle que présentent les malades infectés et qui ne leur sert à rien. Enfin, et ce n'est pas le moindre défaut, la vaccination de sujets séropositifs n'entraîne pas la disparition du virus dans le sang. Tout se passe en pratique comme si le virus, mais aussi le vaccin, ne présentait à notre système immunitaire que des leurrez afin de dissimuler les structures qui sont vita-

les pour lui, et souvent mortelles pour nous. Il faut tout de même féliciter le Pr Zagury, de la faculté des Sciences de Paris, pour son courage et sa démonstration de l'innocuité du type de vaccin qu'il a utilisé. Son geste, souvent critiqué par le milieu scientifique français, qui regrette l'étrangeté de l'auteur, les excès de publicité faits autour de ses expériences et son soutien aveugle au très puissant Pr Gallo,

de l'Institut national de la santé américain (4) va peut-être ouvrir la voie à d'autres essais de vaccination et en accélérer considérablement la mise au point. Ce qui justifie peut-être l'espérance et les applaudissements qu'a suscités l'exposé du Pr Zagury, qui fut, après le Pr Montagnier de l'Institut Pasteur, et pour des raisons bien différentes, l'autre star française à Washington.

Au nom de la lutte contre le SIDA, des accès de fanatisme et parfois un délit, fondés sur l'intolérance et le rejet de ceux qui souffrent, sont commis un peu partout. Une véritable bagarre a eu lieu dans le hall

Dans les environs de Bangui (République Centrafricaine), les macaques sont surveillés et testés par les membres de l'Institut Pasteur.



des expositions du congrès de Washington, car un stand y proposait comme "solution" au SIDA de punir les homosexuels, considérés comme "dégoûtants" et de supprimer les voyages en charters à prix réduit ! C'est l'avancée de la science et non le recul de la démocratie qui constitue le moyen le plus noble et sûr d'anéantir le SIDA.

Christine Lefèvre

(4) Voir *S & V* n° 825 d'avril 86.

LES LABORATOIRES JUGES ET PARTIES

*pour le lancement d'un nouveau médicament.
L'ennui est qu'ils sont centralisés par les laboratoires,
qui risquent de se retrouver dans la situation
douteuse d'être à la fois juges et parties. Témoin : une affaire
qui agite la communauté pharmaceutique
internationale, à propos d'un produit contre
l'ulcère de l'estomac.*

Alerte, le samedi 9 mai 1987, parmi les dirigeants américains du géant G.D. Searle (22^e groupe pharmaceutique mondial) (1) et du groupe chimique Monsanto (qui contrôle Searle depuis 1985). Ce jour-là en effet, paraissait dans le *Lancet*, hebdomadaire médical anglais indépendant des firmes pharmaceutiques, une lettre à l'éditeur signée de quatre médecins danois, K. Lauritzen, T. Havelund, L.S. Laursen et J. Rask-Madsen. Tous quatre appartiennent au département de gastro-entérologie de l'hôpital universitaire de la cité d'Odense (dans l'île de Fyn, à l'ouest de Copenhague), et sont des spécialistes du traitement de l'ulcère.

Des médecins sont régulièrement enrôlés, comme nombre d'autres, par les firmes pharmaceutiques pour des essais cliniques de nouveaux médicaments. Mais, pour nos Danois, décidément la coupe est pleine. De quoi s'agit-il enfin ? Tout à la fois de savoir-vivre, du respect de règles du jeu non écrites, de l'indépendance des médecins experts et des droits de propriété des données scientifiques produites par de tels essais.

En décembre 1983, une firme pharmaceutique (qui n'est pas nommée par les Danois) met la dernière main à l'un de ces protocoles géants qui sont désormais indispensables pour obtenir des administrations sanitaires européennes et américaines, l'autorisation de mettre un médicament nouveau en vente. En l'occurrence, il s'agit d'un analogue synthétique d'une hormone humaine, une prostaglandine, molécule pleine de promesses pour traiter les malades atteints d'ulcère de l'estomac. Mais le "marché" est déjà occupé par d'autres médicaments produits par d'autres firmes. Très efficaces pour réduire la crise ulcéreuse et empêcher les récidives, les "anti-H₂", ainsi nommés parce qu'ils bloquent le fonctionnement normal de récepteurs histaminiques sur les cellules gastriques,

interdisent que trop d'acide chlorhydrique soit produit, puis secrété sous ce stimulus. Le Tagamet des laboratoires SKF et l'Azantac des laboratoires Glaxo se sont taillés des parts de lion dans ce créneau thérapeutique. Ainsi SKF a vendu pour 906 millions de dollars de médicaments gastro-intestinaux en 1984. Et Glaxo a enregistré, pour la même année et pour le seul Azantac, le deuxième produit mondial en chiffre d'affaire, 430 millions de livres sterling.

Dans cette lutte commerciale, tout nouveau médicament de l'ulcère doit donc soutenir la comparaison avec ces produits de référence. Comme ceux-ci sont déjà très performants, les challengers doivent faire la preuve, pour avoir une chance d'être commercialisés et rentables, qu'ils sont encore meilleurs. Les firmes doivent essayer le candidat-médicament sur de plus nombreux malades, et pendant plus longtemps, multiplier les précautions pour éviter les biais méthodologiques, refaire sans cesse les examens biologiques et les investigations complémentaires. Pour comparer sans artifice ou artefact, il est nécessaire d'avoir une cohorte homogène de patients, répartis dans plusieurs centres internationaux, que l'on sépare au hasard en deux groupes. l'un traité par l'anti-H₂ de référence, l'autre par la prostaglandine.

Ni les médecins, ni les promoteurs de la firme ne savent, jusqu'à la fin de l'essai thérapeutique, qui reçoit tel médicament, et le dépouillement des résultats est fait par le laboratoire.

(1) Au congrès de Chicago en mai dernier, la même équipe de médecins a présenté ses résultats de l'essai clinique de l'Enprostil, une autre prostaglandine anti-ulcère, concurrente de celle de Searle et fabriquée par les laboratoires Syntex.

(2) Classement établi par une étude de décembre 1985 réalisée par Precepta.

(3) Nous avons décrit le rôle des moniteurs dans "Les tricheurs en blouse blanche", (S. & V. n° 826 de juillet 86).

Il est important de noter pour la suite que le laboratoire n'a pas le droit d'exclure les résultats moins bons de l'essai, et qu'il doit fournir toutes les études (même négatives) aux services officiels d'enregistrement des médicaments.

Searle (que nous nommons) a donc prévu de faire un tel essai :

- Multicentrique (dans de nombreux hôpitaux).
- Multinational (pour des raisons diplomatiques : il est plus facile d'obtenir une autorisation pour un médicament, quand une partie des études a été faite sur le territoire national).
- Aléatoire (les malades et les médicaments sont tirés au sort).
- En double aveugle (ni les malades, ni les médecins ne savent qui reçoit quoi) de son futur Cytotex, pour le comparer à l'Azantac de Glaxo.

Pour être retenus dans l'essai, les centres hospitaliers devaient fournir au moins dix malades, ayant tous subi, avant traitement, un examen endoscopique de l'estomac attestant la présence d'un ulcère gastrique. Les malades devaient recevoir jusqu'à huit semaines consécutives du traitement, une deuxième endoscopie devant être faite au bout d'un mois, voire une troisième endoscopie à deux mois pour les malades dont l'ulcère n'aurait pas disparu en un mois.

L'objectif avoué de la firme était, affirment les Danois dans le *Lancet*, de réunir 400 dossiers de patients. Comme les taux de cicatrisation escomptés seraient, pensait-on, de 60 ou 70 % avec l'un et l'autre médicament au bout de huit semaines, il fallait ce nombre important de cas pour être sûr de détecter une différence significative (estimée à 15 %).

Un an plus tard, soit en décembre 1984, le centre d'Odense accepta d'entrer dans cette étude de longue durée et "recruta" à cet effet 13 malades entre le mois d'avril 1985 et la fin du mois d'août de la même année. A cette date, la firme ayant recruté de par le monde 496 patients, les dirigeants interrompirent alors l'essai : ils avaient le nombre voulu de malades.

Pendant toute la période de leur participation, les médecins danois s'étonnèrent, auprès des moniteurs⁽²⁾ de Searle Norvège qui venaient périodiquement vérifier le bon déroulement de l'essai, de n'avoir aucune nouvelle des dossiers qu'ils envoyaient régulièrement à la firme. Pas moyen de savoir si les résultats de leur étude, peut-être déplaisants pour le promoteur pharmaceutique, ne seraient pas "oubliés" dans le rapport final. En mars 1986, nouvel appel aux responsables locaux de Searle. Réponse : l'ordinateur mâche toujours les dossiers, mais les résultats prélimi-

naires de leur essai sont mauvais. Le médicament testé cicatrice significativement moins et moins vite l'estomac ulcéreux que ne le fait l'Azantac.

Loin de rassurer les médecins danois, la réponse britannique les alarme plutôt : ils craignent encore plus que leurs travaux soient occultés dans le rapport final.

En juillet 1986, les Danois adressent une lettre au Searle Research International Center en Grande-Bretagne, où sont centralisés tous les résultats. Juin 1987 : toujours pas de réponse, nous dit Lauritsen, qui, avec ses collègues, a cru nécessaire d'informer la communauté scientifique mondiale, Searle ayant déjà demandé à plusieurs pays l'autorisation de commercialiser ce médicament à venir.

Mais Mike Shield, responsable des essais en Grande-Bretagne, affirme que les médecins danois ont été régulièrement informés du déroulement de l'essai et que leurs soupçons sont sans objet. Le Dr Michel-Hubert Capron, directeur médical de Searle France, croit, lui, à une coïncidence pure et simple ! « L'équipe en question a publié cette lettre du *Lancet* le jour, précisément, où elle recevait un rapport de Searle les informant du résultat de l'essai en question. »

Mouvement d'humeur des Danois, soit. Mais ceux-ci ont quand même soulevé un problème fondamental, celui du contrôle des essais : le laboratoire est maître d'œuvre des essais de médicaments du début à la fin, et la communauté scientifique médicale ne joue bien souvent que le rôle de prestataire de service dans ces essais.

Conclusion, selon les médecins d'Odense : dans des études multicentriques de cette importance, impliquant de nombreuses équipes autour du globe, il serait avantageux de mettre en place un garde-fou, un comité de surveillance composé de personnalités indépendantes, qui se ferait communiquer tous les documents de l'essai. Ainsi le risque de biaiser les résultats de l'étude diminuerait beaucoup. Un tel système serait même bénéfique aux laboratoires pharmaceutiques "éthiques", qui se verrait décerner par ces comités indépendants un label de qualité, certainement apprécié par les administrations de santé. Reste à changer les mentalités pour le mettre en place. Au travail !

Jean-Michel Bader



MESUREZ VOTRE Q.J.*

* Q.J. : quotient jeu.

Voici le numéro d'été de JEUX & STRATÉGIE.

Un numéro génial pour ne pas bronzer bêtement, avec un jeu-test exclusif pour mesurer votre Q.J.*

A dénicher également dans JEUX & STRATÉGIE : des dizaines de jeux et casse-tête en tous genres et aussi, un délivrant jeu en encart prêt à jouer, *La guerre des magiciens*. Le Backgammon, vous connaissez ? J & S vous dit tout sur ce grand classique à redécouvrir.

Et comme toujours, JEUX & STRATÉGIE vous propose les meilleurs jeux pour micro-ordinateurs.

**JEUX &
STRATEGIE**
EN VENTE PARTOUT

**JEUX &
STRATEGIE**

- TESTEZ VOTRE Q.J.
- A QUOI JOUENT
LES CHINOIS
- LE BACKGAMMON



TALONS HAUTS : LA VÉRITÉ

Les préjugés du corps médical sur le port des hauts talons ont longtemps tenu lieu de discours scientifique. Une étude, enfin sérieuse, réalisée en collaboration avec des cinématiciens, des paléontologues, des chirurgiens et des biomécaniciens, bouscule bien des idées reçues sur les escarpins : ils sont plus dangereux pour les mollets que pour le dos.



PAR JEAN-MICHEL BADER

Chez la femme, le talon haut est considéré comme un attribut d'élegance, compromis harmonieux entre le "pied à plat", trop nature, qui affaisse le profil, et le vertigineux talon aiguille, qui aujourd'hui fait "mauvais genre". Le pied, organe utilitaire, outil biomécanique et *a priori* sexuellement neutre, a pourtant une signification érotique que les créateurs de mode savent bien exploiter. Comme l'avait fait déjà Charles Perrault

en abandonnant au prince charmant, comme message amoureux le plus suggestif, la pantoufle de vair de Cendrillon.

Orthopédistes, kinésithérapeutes, cinématiciens de la marche, anatomistes, chercheurs de diverses disciplines médicales, sans être pour autant insensibles à diverses sollicitations non scientifiques du pied, ont d'abord pour souci professionnel de connaître les conséquences médicales que peuvent avoir, sur l'anatomie et le mouvement, le port

habituel de talons hauts. Autrement dit, comment fonctionne donc cette mécanique sur laquelle tout notre corps repose ?

Le pied humain n'est pas l'organe idiot qu'en font les expressions populaires : être bête comme ses pieds, jouer comme un pied. C'est un appareil très perfectionné, au squelette complexe, avec ses vingt huit os différents et ses vingt sept articulations. Il remplit une fonction essentielle puisqu'il est le support de la marche et de la station debout. Il est doué d'aptitudes multiples. C'est une structure flexible et souple qui s'adapte merveilleusement aux inégalités du sol ; un réservoir capable d'emma-gasiner, puis de restituer l'énergie cinétique de la marche, de la course et du saut.

La charpente osseuse du pied humain forme un modèle de support anatomique unique dans la nature. Le segment arrière — le tarse — occupe à lui seul la moitié de sa longueur. Le calcanéum, la pièce postérieure du tarse et qui constitue le talon, est plus épais chez l'homme que chez tous les autres primates. Il s'articule en haut avec l'astragale, qui lui-même s'articule plus haut avec l'os de la jambe. C'est sur le calcanéum qu'aboutit la totalité des forces imprimées par le corps.

L'arrière-pied, son talon surtout, forme donc un système particulièrement bien étudié par la nature afin d'assurer la dynamique de la marche et l'équilibre de la station debout chez les bipèdes que nous sommes.

L'avant-pied, lui, est plus court et beaucoup plus large chez l'homme que chez tout autre animal. Les variations de la longueur du pied entre individus de l'espèce humaine concernent surtout les métatarsiens, les cinq os longs qui forment la partie intermédiaire entre l'arrière-pied (le tarse) et l'avant-pied (les phalanges). Ainsi, une jeune femme qui chausse du 36 peut parfaitement avoir un calcanéum et autres os du tarse aussi forts qu'un malabar dont la pointure atteint le 44.

Le squelette du pied ne repose pas à plat sur le sol : il forme une voûte, dite plantaire, concave d'avant en arrière et transversalement, et constituée par les angles que font entre eux les os du tarse, du métatarsie et des phalanges. De sorte que ce membre n'est en contact avec le sol, normalement, que par ses deux extrémités — l'appui postérieur du talon et l'appui antérieur des métatarsiens — , et par son bord externe. La voûte plantaire a été diversement expliquée du point de vue de sa géométrie anatomique par différents auteurs, et l'on n'est toujours pas d'accord sur sa véritable dynamique structurale. Quoi qu'il en soit, c'est à ce système que, mécaniquement, le bipède doit son équilibre. Lorsque nous sommes debout, en position immobile, la répartition des pressions est harmonieuse entre l'appui antérieur, où les forces s'exercent sur la barre des métatarsiens à leur

jonction avec les phalanges, et l'appui postérieur, au niveau du calcanéum, par l'intermédiaire des fibres du tendon d'Achille et de la semelle plantaire.

On se bat encore entre spécialistes pour savoir la proportion exacte du poids que reçoivent respectivement l'avant-pied et l'arrière-pied. Jean Lelièvre, en 1971, dans *Pathologie du pied*, considère que le calcanéum encaisse les deux tiers des forces venues du haut. I.A. Kapandi, en 1978, pense qu'un pied normal non chaussé subit une répartition des forces telle que les trois cinquièmes s'appliquent sur l'arrière. Emile de Doncker, chirurgien orthopédiste belge, propose un chiffre approchant dans les *Annales de kinésithérapie* : selon lui, 55 % du poids portent sur le massif osseux postérieur du pied.

Ce ne sont pas là querelles abstraites, car on peut, à partir de tels chiffres, conclure si nos chaussures d'hommes civilisés sont conçues rationnellement ou non. S'il est exact que les forces du corps pèsent davantage sur l'arrière-pied, cela apporte une justification médicale à la pratique depuis longtemps répandue d'exhausser le derrière des souliers d'un centimètre, sous le talon anatomique, de façon à mieux répartir les pressions entre l'avant et l'arrière (1).

Alain Leduc a refait ces mesures à l'aide d'un instrument très précis, le photoélastopodoscope, mettant en œuvre la méthode optique qui permet d'analyser la répartition et la valeur des contraintes ou des déformations subies par le pied lorsque le corps est soumis à des actions déterminées. Cette opération se fonde sur la propriété, découverte en 1816 par sir David Brewster, physicien écossais, que possèdent certaines substances transparentes isotropes (2) de devenir biréfringentes — de produire une double réfraction — sous l'influence de déformations élastiques.

Leduc fait passer un rayon incident lumineux à travers un matériau biréfringent. Cette lumière est polarisée dans l'épaisseur du matériau, et les rayons décomposés par cette polarisation forment, sur un miroir placé à la sortie, des images caractéristiques des déformations physiques du milieu.

Dans l'application proposée, le pied du sujet est placé sur un tapis de billes d'acier qui appuient sur le matériau biréfringent. La pression qu'exerce chaque portion de la surface plantaire se traduit par des cercles dont le diamètre exprime la charge portée par chacune des billes. C'est donc une façon extrêmement précise de mesurer la pression qui agit ponctuellement sur tous les points d'appui.

Les vrais talons hauts obligent le pied à prendre

(1) Au XII^e siècle, les gens "biens", qui arboraient talons, appelaient "pieds-plats" les êtres grossiers, incultes ou serviles, par référence aux paysans, qui portaient des souliers sans talons.

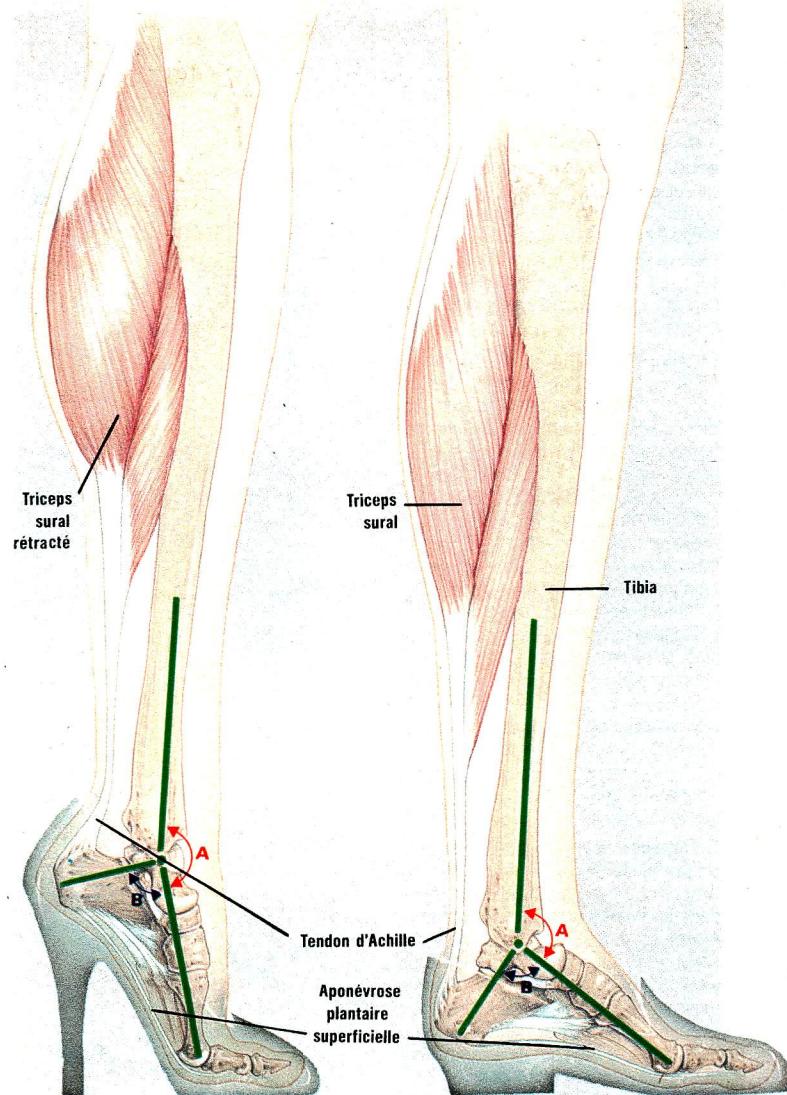
(2) Corps homogènes présentant les mêmes propriétés physiques dans toutes les directions.

une attitude dite en varus, c'est-à-dire tournée dedans (l'opposé de valgus), et mettent le pied en flexion plantaire. Ce phénomène s'explique par l'interaction du pied et de la jambe par l'entremise de l'astragale, un os court du tarse, articulé en haut avec les os de la jambe, en bas avec le calcaneum et le scaphoïde. L'astragale joue un rôle essentiel dans les mouvements de flexion-extension du pied sur la jambe. Sa face supérieure est occupée par la pulie astragalienne, insérée comme tenon dans la mortaise constituée par les extrémités inférieures du tibia et du péroné. Sous l'effet de talons d'une hauteur supérieure à 5 cm, le triceps sural — muscle de la face postérieure de la jambe et qui se termine par le tendon d'Achille —, se rétracte et se met en tension.

Voilà qui donne cet aspect galbé et fuselé au mollet lorsque le talon est nettement décollé du sol par la chaussure. L'observateur remarque très bien que l'angle du tibia et du dos du pied est alors modifié, qu'il est plus ouvert qu'avec des pieds nus ou chaussés sans talons. Ce sont ces déformations qui, aux yeux des amateurs avisés, métamorphosent les membres inférieurs d'une femme en objets d'art plastique.

La femme sur talons hauts, quant à elle, constate que son avant-pied est poussé vers le devant par le poids de son corps et par la pente en forme de "toboggan" de la chaussure. Les bas de nylon, matière sans adhérence, contribuent fâcheusement à ce glissement du pied et au déplacement de l'appui métatarsien vers l'avant.

Personne n'imagine plus aujourd'hui que deux pieds posés sur le sol puissent être parfaitement statiques, même si leur propriétaire ne donne pas l'apparence de bouger. La station debout "immobile" n'a jamais existé. En 1954, J.W. Smith montrait, grâce au bruit électrique des muscles du pied et de la jambe, que ces tissus sont à tout instant sollicités pour le maintien de l'équilibre, et que de constants micro-déplacements du centre de gravité accompagnent les mouvements d'ajustement de ces muscles. Ces études ont été faites sur



C'EST LE MOLLET QUI TRINQUE

Certes l'angle de la jambe sur le pied (angle A) est beaucoup plus ouvert lorsque la femme porte des hauts talons (à gauche) que des chaussures plates mais la courbure plantaire (angle B), elle, ne varie pas significativement, comme l'ont montré les chercheurs.

L'autre conséquence du port permanent de talons aiguilles, c'est la rétraction mécanique du mollet. Mais contrairement à ce que croient bien des rééducateurs, celle-ci se produit toujours aux dépens du muscle triceps sural, et n'affecte jamais le tendon d'Achille.

des pieds nus, et l'on n'a jamais, à notre connaissance, mesuré les amplifications que subissent de tels mouvements lors du port de talons hauts et fins. Mais il semble *a priori* évident que les muscles doivent alors fournir un effort bien supérieur d'équilibrage pour compenser la position instable de la porteuse de talons.

Le dispositif de sustentation plantaire a souvent été comparé à une "ferme", l'assemblage d'éléments de charpentes triangulées destinés à soutenir le faîte d'une maison : l'ossature d'un comble est

Avec ou sans talons, les pas se suivent

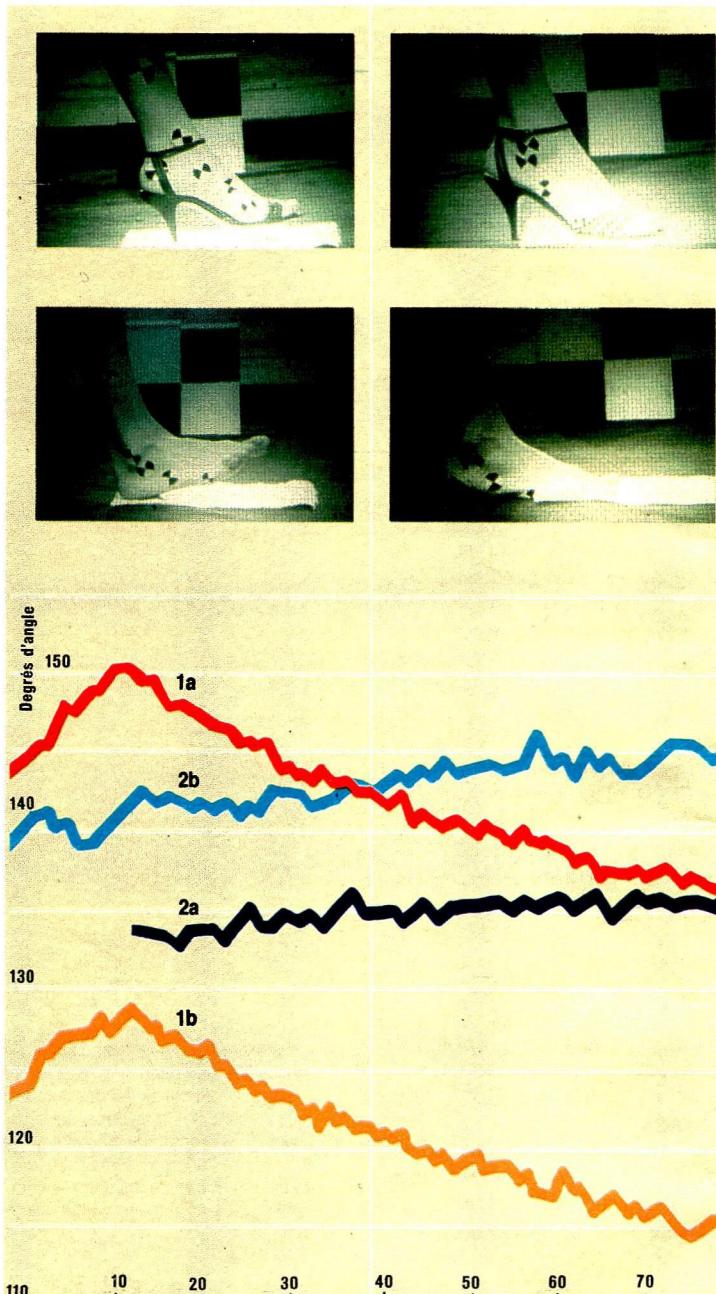
Si un cycle complet de la marche débute par l'instant 0, où le talon atterrit au sol, pour se terminer à l'instant 100, où un nouveau cycle commence, la partie de ce cycle qui nous intéresse est celle où le pied est en contact avec le sol, c'est-à-dire entre l'instant 0 et l'instant 60. Cette partie se décompose en trois phases distinctes :

La phase portante (de 0 à 60) commence par l'attaque du talon (de 0 à 15), où une importante énergie (le produit du poids du corps par la vitesse de la marche) est absorbée par les amortisseurs du pied, les articulations du genou et de la hanche : à cet instant, l'articulation du cou de pied est maintenue en position zéro par le muscle tibial antérieur, verrouillée comme un train d'atterrissement et le calcaneum légèrement en dedans touche le sol. Lorsque la hanche passe au-dessus du pied, le poids du corps se porte sur le membre porteur du fait du déplacement vers l'avant du centre de gravité, et le pied atterrit. Le genou fléchit légèrement et le pied s'abat tout entier au sol, les métatarsiens se recevant sur leur coussinet plantaire, et l'arche osseuse du pied s'aplatit.

Commence alors la phase d'appui unipodal (de 15 à 40 du cycle) : le tibia avance au-dessus du pied, et est freiné dans sa course par l'action du muscle triceps sural. A cet instant, la totalité du poids du corps repose sur la ferme du pied au sol. Le pied utilise alors divers muscles pour stabiliser cet atterrissage prolongé : le muscle tibial antérieur dans la loge antérieure de la jambe (qui avait déjà freiné le pied pendant qu'il s'abattait) stabilise maintenant l'articulation de la cheville ; les deux muscles péroniers qui contournent la malléole externe, à la manière des rênes d'un cheval, stabilisent la cheville à plat, et maintiennent la barre des métatarsiens en ligne pendant l'appui.

Enfin, la phase de propulsion, qui va de 40 à 60 du cycle de la marche, correspond alors au décollement du talon puis des orteils, avant que le pied ne s'envole à nouveau.

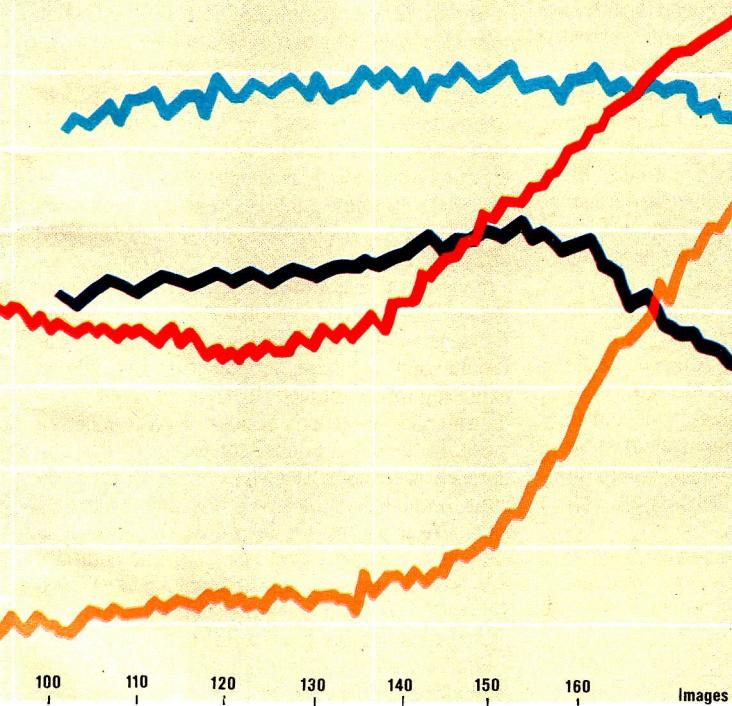
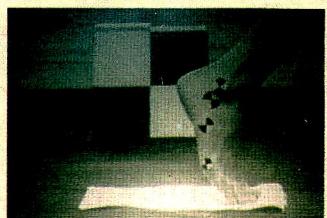
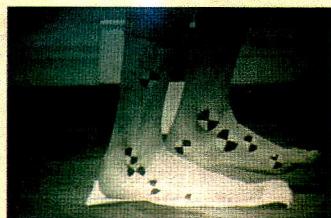
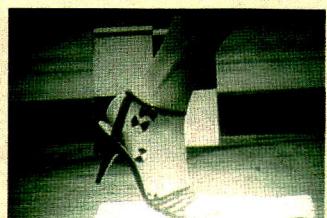
Déjà en 1966, D.W. Grieve avait montré dans *Ergonomics* que le rapport de la fréquence du pas (f) sur la racine carrée de la taille (\sqrt{T}) est une constante. Donc si \sqrt{T} augmente, f augmente : ce que chacun d'entre nous a déjà pu remarquer dans la rue. Plus le talon est grand, plus la femme marche à petits pas. Au cours de ces différentes phases de la marche, les angles que font entre eux les os du pied et le tibia avec la cheville sont modifiés par rapport à la station immobile et conditionnent la fréquence du pas, la durée de l'appui, la vitesse de la marche.



Pour analyser le comportement du pied lors de la marche et les modifications mécaniques qu'entraîne le port des talons hauts, les chercheurs ont emprunté à l'ONSER (Office national de sécurité routière) la caméra ultra-rapide utilisée pour filmer les automobiles que l'on envoie percuter un mur ! Ce dispositif est en effet capable de prendre 3 000 images par seconde.

Mais nos biomécaniciens se sont contentés de 200 clichés par seconde pour filmer la marche d'un pied bardé de repères autocollants (**photos ci-dessus**), fixés dans notre exemple sur la malléole externe, le talon, la saillie du 1^{er} métatarsien, en plus d'un repère sur la jambe... La mauvaise qualité de nos clichés est due au fait que ce sont des prises de vues d'écran vidéo arrêté sur

mais ne se ressemblent pas



Dessin J.-L. Boussange - Photos M. Fine/ONSER

une image. Sur l'écran, une trame a été placée pour permettre de localiser les repères avec précision. La combinaison de ces repères permet de calculer plusieurs angles, notamment celui que fait la jambe avec le pied ou celui de l'arrière-pied avec l'avant-pied (c'est la courbure plantaire).

Chaque sujet est filmé en marche à vitesse normale, pieds nus, puis pieds

chaussés de hauts talons. Le film de chaque cycle complet est alors projeté image par image devant cet écran trame, relié à une table de numérisation. Avec une "souris" électronique, qu'il déplace sur l'écran, le chercheur peut viser un carré, dans lequel se projette le repère choisi. Il "clique" alors, et l'ordinateur attribue une valeur coordonnée à ce repère. Il répète l'opé-

ration pour les deux autres repères de cet angle, puis pour tous les angles de cette image, avant de passer à la suivante, et ainsi de suite sur les quelque 4 000 images décomposant un pas (1 image correspond à 1 segment de courbe entre deux "cassures")... Moyennant quoi l'ordinateur peut retracer la courbe des variations (ouverture ou fermeture) de chaque angle au cours de la marche.

• L'angle jambe-pied. Avec ou sans talon, le début de chaque courbe des graphiques 1a et 1b correspond à l'instant où le talon se pose au sol. L'angle grandit d'abord rapidement (la courbe monte) car le pied fléchit, la pointe du pied se rapprochant du sol ; puis le tibia passe progressivement au-dessus du pied ; l'angle se referme alors, et la courbe descend jusqu'à un minimum lorsque le talon décolle. Alors le pied, qui ne touche plus le sol que par l'avant, ouvre à nouveau l'angle qu'il fait avec la jambe. En fin de graphe, la courbe remonte d'un seul coup, l'angle est grand ouvert au moment où l'avant-pied pousse le sol : c'est la phase de propulsion.

La comparaison des tracés fournis par l'imprimante de l'ordinateur permet de constater que l'angle est toujours plus ouvert avec une chaussure à haut talon (courbe rouge) que pieds nus (courbe orange) : dans un escarpin, le pied (voir dessin anatomique p. 55) est constamment en flexion plantaire. Deuxième constatation : la partie de la courbe correspondant à la propulsion d'un pied nu s'infléchit plus vite vers le haut qu'avec la chaussure, c'est l'un des inconvénients des hauts talons, qui empêchent une bonne propulsion de la jambe. Dernier indice : la courbe rouge atteint son minimum plus tard que l'orange, car la rigidité de la semelle de l'escarpin freine le talon du pied dans sa montée, et lorsque la chaussure "lâche" enfin ce talon, c'est avec un tel retard que le pied ne peut donner qu'une impulsion médiocre.

• Quant à la courbure plantaire (graphiques 2a et 2b), lorsqu'on marche pieds nus (courbe bleue), elle s'aplatis au cours de l'appui (l'angle s'ouvre, donc la courbe monte), pour diminuer brusquement au décollage du talon, comme un ressort tendu qui délivrerait d'un coup l'énergie emmagasinée.

Avec des talons hauts (courbe violette), en revanche, la courbure plantaire ne varie pratiquement pas au cours du cycle de la marche : elle s'ouvre un peu quand le talon décolle, mais se referme aussitôt après. De plus, la valeur de l'angle est toujours inférieure à celle de la courbe pied nu : la voûte du pied dans un escarpin se creuse.

constitué de fermes reliées par des pannes et des chevrons. Ce sont deux poutres, les "arbalétriers", qui, avec l'entrait et le poinçon auxquels ils sont joints, déterminent ce système porteur dans la technique des charpentiers. Certains auteurs considèrent la voûte plantaire comme une ferme, c'est-à-dire un triangle dont les arbalétriers seraient le calcaneum à l'arrière de la structure, et l'ensemble du cuboïde et des cunéiformes — des os tarsiens — et des métatarsiens, à l'arrière. Ces deux "poutres" sont réunies, au sommet du triangle, par la pouille de l'astragale. L'entrait, la base du triangle, serait figuré par l'aponévrose plantaire, membrane fibreuse où s'insèrent les muscles permettant la flexion du pied.

Cet ensemble d'os et d'articulations voit-il sa fonction altérée par les talons hauts ? Encore faut-il

être sûr de son véritable rôle naturel. « L'utilité de la ferme, écrit Michel Fine dans sa thèse de doctorat de sciences en 1986, est encore sujette à études et controverses.

Sert-elle d'amortisseur, de lame de ressort, à rien ? » Ce qu'on peut dire avec certitude, c'est que le port de talons hauts empêche la cambrure du pied de s'aplatis et d'accomplir sa vocation de barre anti-roulis. En effet, l'aponévrose plantaire, reliée côté arrière au talon, côté avant aux os du métatarses, est en quelque sorte chargée de régler les angles de l'arche du pied quand les orteils sont fléchis.

Cette aponévrose est en même temps reliée au muscle du mollet ; si donc l'arrière-pied est maintenu à distance du sol par un talon haut, ce muscle reste en tension permanente au lieu de réagir ponctuellement aux chocs, le moment voulu, avec toute sa flexibilité intacte. La qualité d'amortisseur du pied est amoindrie, la précompression du muscle durcit le "ressort", la "suspension" en souffre.

Le pied, instrument familier de notre activité quotidienne, conserve néanmoins ses mystères, principalement sur le point de son anatomie fonctionnelle.

Et si, contrairement à sa réputation, il n'était pas vraiment l'amortisseur vertical exclusif de l'organisme, questionne Michel Fine ? Après tout, la cheville, le genou, la hanche, prennent déjà en compte une grande partie des efforts appliqués vers le bas par le corps.

Et l'on voit bien que les os du pied ne sont pas conformés pour permettre de grands débattements, et que leurs possibilités d'articulations n'y contribuent guère non plus. "Débattement" est un terme automobile et ferroviaire, mais il illustre bien le processus de la locomotion humaine : il s'agit de



l'amplitude maximale des mouvements verticaux des axes de roues de part et d'autre de leur position moyenne de repos par rapport au châssis, en fonction de l'élasticité de la suspension. Il suffit ici de remplacer les notions mécaniques par leurs correspondants anatomiques.

Pour absorber, dans un seul plan de l'espace, toutes les forces venues d'en haut, il faut un grand débattement, que l'architecture du pied n'offre pas. Force est alors d'imaginer que l'effet de pesanteur, l'énergie cinétique de la marche, de la course, sont répartis autrement que par une concentration unique sur le pied. Le couple de torsion (1) de ce membre permet d'établir une nouvelle image de la répartition des forces : la résultante du couple de torsion et du débattement de la ferme pourrait très vraisemblablement modifier la géométrie du pied pour l'adapter aux pressions de chaque instant.

En bouleversant cet équilibre précaire, le talon ne change certes pas la place des orteils dans une chaussure, mais projette le pied en avant, tout en préconstrignant l'appareil amortisseur.

Simon Braun, podologue à l'hôpital Cochin (Paris), a noté dans une étude de 1981 que 70,8 % des 600 jeunes femmes examinées avaient un "pied creux". Autrement dit, une cambrure une fois pour toutes déformée, souvent par le port inhabituel de chaussures à talons hauts. Ces jeunes femmes étaient incapables de marcher dans des souliers plats sans être déséquilibrées, tellement leur voûte plantaire avait besoin de s'appuyer sur un talon artificiel.

Pour le Dr Jean-Robert d'Eshouges, rhumatologue lillois, la pathologie lombaire qui accompagne fréquemment le port de talons hauts s'explique par l'équin supplémentaire, autrement dit l'attitude en extension forcée du pied sur la jambe. Pour éviter de trop plier les genoux et pour ne pas tomber en avant, la "femme à talons" corrigeraît ce déséquilibre en accentuant la convexité de sa chute de reins. L'empilement de ses vertèbres lombaires est alors affecté par un état de lordose, déviation de la colonne vertébrale caractérisée par une courbure exagérée du tarse et une incurvation de l'épine dorsale. Le Dr d'Eshouges constate que toutes les porteuses de talons hauts souffrent du dos, sans toutefois que cette affirmation soit étayée par des chiffres ou une statistique portant sur un groupe important de femmes.

Les médecins n'ont pas tous une position aussi catégorique. R. Sohier, quant à lui, témoigne que « la réponse statique varie d'un sujet à l'autre. Surélever les talons accentue la lordose chez les uns, la réduit chez les autres ; chez certains, enfin, elle n'est pas

(1) On appelle ainsi, en mécanique, la sollicitation exercée sur un solide par un système de deux forces égales et de sens opposés, agissant dans les plans parallèles et ayant pour effet de déformer le solide en le tordant.

modifiée ». L. Charrière, dans un manuel de kinésithérapie publié en 1975, affirme de son côté que « le port du talon favorise l'ensellure lombaire », c'est-à-dire, contrairement à ce qu'affirme le Dr d'Eshoughes, une concavité postérieure de la colonne vertébrale dans la région des reins.

L'opinion médicale reste divisée sur le sujet. Devant tant de contradictions d'experts, E. Viel, directeur de l'école de kinésithérapeutes de Bois Larris, près de Paris, a voulu étudier systématiquement, en 1984, l'incidence du talon haut sur la lordose lombaire, par comparaison avec ces curieuses chaussures à talons « négatifs » — à l'avant-pied surélevé —, fabriquées par la marque Roots, qui ont eu beaucoup de succès aux Etats-Unis il y a dix ans, et pas du tout chez nous.

Les mesures, pratiquées sur des photographies du profil du « dos » de sujets portant des talons « positifs » ou « négatifs » n'ont rien clarifié du tout. Les résultats sont même d'une variabilité déconcertante. Si treize sujets ont « creusé » les reins en portant des talons hauts de 7,5 cm, quatre autres l'ont au contraire « aplati ». Plus étonnant encore : avec le talon négatif, c'est-à-dire un avant-pied rehaussé par une cale de 3 cm, dix sujets ont présenté une lordose accentuée, alors qu'on pouvait attendre, les causes inverses produisant des effets inverses, qu'ils auraient au contraire aplati la cambrure de leurs reins.

Ni le poids des sujets de l'expérience, ni la taille, ni la longueur du pied, ni une quelconque spécificité morphologique, n'expliquent l'incohérence des résultats, que les auteurs, faute d'une autre interprétation, mettent au compte de la sempiternelle « différence individuelle ».

Le Pr Gérard Saillant, orthopédiste spécialiste du pied à l'hôpital de la Pitié à Paris, estime d'ailleurs qu'il est impossible de généraliser dans ce domaine. « Certaines femmes utilisent en flexion leurs chevilles, leurs genoux, leurs hanches, pour compenser le report en avant de leur centre de masse et éviter la chute. Mais d'autres, pour des raisons anatomiques, ou de remodelage articulaire pathologique, comme l'arthrose, en sont incapables. Elles doivent basculer leur colonne vertébrale lombaire, dont la convexité antérieure s'accentue considérablement. D'où des lombalgie rebelles causées par les talons hauts. »

Michel Fine, dans sa thèse « Relation morphologique fonction des segments jambe-pied », arrive à une constatation originale. Certaines femmes ont pris l'habitude depuis l'adolescence de porter en permanence des chaussures à talons hauts ; quand on les examine à l'âge adulte, elle présentent une rétraction importante du talon d'Achille, qui amarre le muscle triceps sural au calcanéum. Ces femmes ont une tendance naturelle, lorsqu'elles se déchaussent, à éléver leur talon, et de ce fait dépor-

tent les pressions encore plus sur l'avant-pied. En fait, c'est la « viande », le muscle lui-même, qui s'est rétractée.

« Je vois quotidiennement, dit ce kinésithérapeute et chercheur, des femmes qui ont une incapacité physique à poser le talon au sol. Même sur la plage, elles portent des talons hauts. Elles ne les quittent que pour dormir. »

Michel Fine se demande si le port de talons hauts ne serait pas, dans certains cas, une sorte de prothèse que ces femmes choisissent instinctivement pour compenser une rétraction déjà prononcée et diminuer la tension désagréable du muscle.

« Nous pouvons nous demander, conclut Michel Fine, si le port du talon haut ne représente pas la solution naturelle d'un problème biomécanique, comme le début d'un raccourcissement du muscle sural, ou une ferme plantaire en limite de normalité. Dans ce cas, le talon est indispensable, sans qu'il soit question de mode ».

Une hypothèse qui fait bondir d'autres spécialistes. Ainsi, Catherine Tardieu, qui dirige une unité de recherches sur les handicaps physiques à l'hôpital Raymond Poincaré de Garches : « Depuis dix ans, nous avons toutes les preuves scientifiques que le muscle est un tissu adaptable, dont la structure cellulaire se modifie en fonction des efforts et des positions auxquels on le soumet. Il n'y a pas de situation irréversible. » Autrement dit, la

rétraction musculaire n'est pas un état permanent, et le muscle peut être rééduqué : le recours au talon haut est une fausse solution et certainement pas un remède orthopédique inspiré à la femme par la nature.

Une équipe de l'Institut de la santé et de la recherche médicale (INSERM) démontrait, dès 1972, sur l'animal, que lorsque l'on plâtre pendant trois semaines la cheville dans une position identique à celle que provoque un talon haut, le raccourcissement imposé au muscle triceps sural bouleverse son architecture : les cellules musculaires perdent 40 % de leurs sarcomères, les segments de fibre qui sont les unités morphologiques et fonctionnelles contractiles du muscle — c'est le raccourcissement de ces sarcomères qui détermine la contraction musculaire.

A l'inverse, si l'on étend artificiellement le muscle pendant une même période, le nombre des sarcomères augmente de 20 %. Ces modifications, confirmées depuis par d'autres laboratoires dans le monde, sont toujours réversibles à l'arrêt de l'expérience. Conclusion : chez la femme portuse de talons hauts, même si le muscle est rétracté, il peut

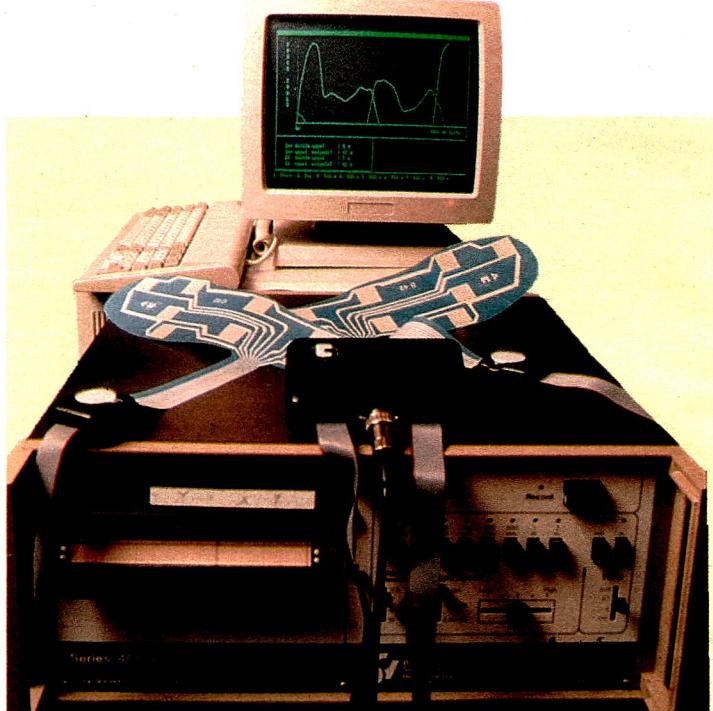


être facilement rééduqué. Vrai dans le principe, rétorque Michel Fine, mais faux dans la pratique : « En théorie, vous pouvez obtenir cette élévation progressive des muscles du mollet, grâce à une rééducation bien conduite, en les remettant en tension normale par le port de chaussures plates. Le seul inconvénient, c'est tout simplement que les femmes ne l'acceptent pas. Vous ne mettrez jamais à plat des pieds qui ont pris l'habitude depuis dix, quinze, vingt ans d'être surélevés ».

Nous le voyons, il n'est déjà pas facile d'appréhender les conséquences du talon haut sur l'anatomie en station debout. Rendre compte de ce qui se passe pendant la marche est un problème autrement plus délicat.

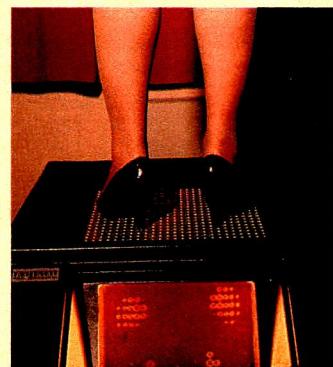
Dès 1956, grâce à un chercheur américain, F.J. Sheffield, l'enregistrement et l'analyse des activités électriques des muscles impliqués dans la marche ont permis de disséquer le processus complexe de la locomotion humaine (*encadré p. 57*).

Encore faut-il trouver un moyen d'étudier la marche sur les talons hauts pour connaître les modifications que cela entraîne par rapport à la marche physiologique normale. Michel Fine a utilisé à cet effet, pour filmer ses sujets d'expérience, la caméra ultra-rapide du laboratoire des chocs de l'Organisation nationale de sécurité routière (ONESER). Des repères autocollants sont fixés sur la peau au niveau de la cheville, du talon, du scaphoïde (os du tarse), de la base et de la tête du métatarsé, et du tiers moyen de l'axe jambier, dont le muscle antérieur entraîne par contraction la flexion dorsale du pied, et le muscle postérieur est adducteur et rotateur du pied en dedans. Ainsi sont donc marqués les principaux points du corps impliqués dans la dynamique de la marche.



COMMENT ON MESURE LES PRESSIONS SUBIES PAR LE PIED

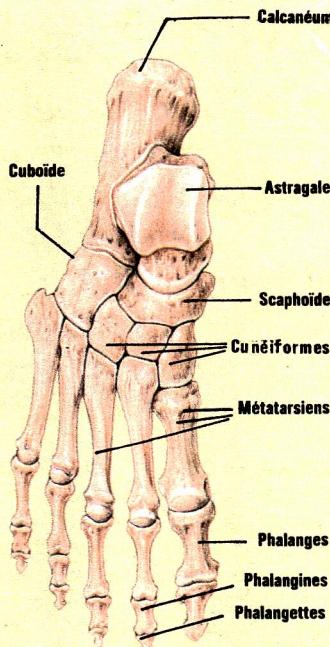
Le foot-print est l'instrument de mesure utilisé jusqu'ici par les chercheurs pour analyser la répartition et la valeur des pressions subies par le pied, qu'il soit nu ou chaussé de hauts talons. Le pied est placé sur ce tapis (1) de petits cylindres d'acier qui appuient sur un matériau biréfringent traversé, dans l'appareil, par une lumière de forte intensité, projetée sur un miroir. La pression exercée par chaque portion de la surface plantaire se traduit par des cercles dont le diamètre exprime la charge exercée par le cylindre. La méthode est relativement peu précise et entachée d'erreurs ; surtout, elle interdit l'analyse dynamique.



On filme d'abord une jeune fille se déplaçant normalement, les pieds nus. Puis chaussée d'escarpins à haut talons. Ces prises de vues, après développement, sont projetées image par image sur une table de numérisation sur laquelle chaque repère est pointé manuellement à l'aide d'un contacteur. Le dispositif est connecté à un ordinateur qui calcule les coordonnées de chaque point, ainsi que les angles formés par ces points, avant de les mettre en mémoire. Les résultats, pour un angle donné, sont exprimés sur une courbe dans l'ordre chronologique, en points par seconde, à l'échelle temporelle du 1/200°. Le scénario, ainsi découpé en tranches de temps ultra-fines par une caméra spéciale, est très différent de celui qu'avait suggéré la théorie. Le temps d'appui total du pied à la marche

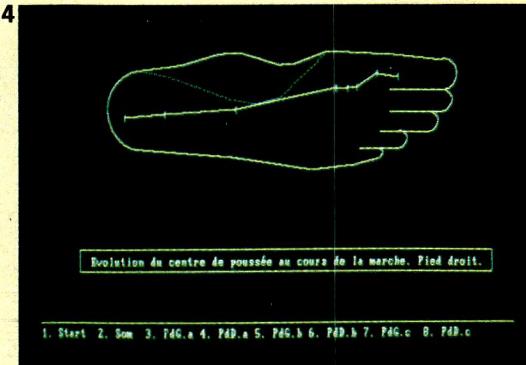
Aujourd'hui, des semelles reliées à l'ordinateur (2). Ces semelles de plastique, que l'on glisse entre le pied et la chaussure, abritent des capteurs de pression faisant face aux métatarsiens, au calcaneum, au scaphoïde. Chaque capteur est relié, par une piste intégrée à un faisceau électrique qui sort de la chaussure et fait relais dans un boîtier, lui-même relié par un long fil électrique à un micro-ordinateur. Ainsi, il devient possible d'étudier les appuis, les pressions exercées sur le pied au cours de la marche (pieds nus, sur les pointes de pied, avec talons, etc.).

- Le sujet "branché" sur l'appareil, marche dans le couloir du laboratoire, et l'ordinateur intègre en temps réel et en continu toutes les informations venues des capteurs pendant la manœuvre, et trace sur l'écran les courbes de pression correspondantes (3).
- Le capteur "calcaneum externe" du pied droit (courbe en tirets — le calcaneum interne produit la courbe en pointillés) a reçu une pression croissante dès l'attaque du talon au sol (instant 0 ou 0 % du cycle de marche), puis une pression constante pendant près de 50 millisecondes, cette pres-



sion diminuant pour disparaître peu avant le tiers du cycle, alors qu'on a déjà commencé l'appui antérieur du pied, ce qui explique le chevauchement des courbes. L'ordinateur a calculé la durée totale de l'appui du talon sur ce capteur (220 millisecondes), la force maximale appliquée pendant cet appui talonnier (3,90 kg), et la pression maximale produite par cette force (1,82 kg/cm²). Ainsi peut-il calculer la durée des phases d'amortissement, d'appui et de propulsion du pied.

- Enfin, la machine peut reproduire la signature de la marche de chacun : en faisant la somme à chaque instant des appuis sur les différents capteurs, on calcule le centre de poussée instantanée dont on suit l'évolution au cours de l'atterrissement et du décollage du pied (4).
- Quand le talon se pose, le centre est au milieu de l'arrière-pied : seuls les deux capteurs du calcaneum enregistrent une force. Au cours de l'appui en charge il se déplace au-dessus de l'astragale, du scaphoïde et des cunéiformes pour rejoindre, après que le talon ait décollé, la tête du premier métatarsien et le gros orteil juste avant son décollage.



est de 0,69 seconde, moins de la moitié de la valeur généralement admise jusque-là. En talon haut, la phase d'appui dure autant, mais la phase d'attaque du talon est plus courte, et celle du décollement plus longue. La version caricaturale de cette marche serait la marche avec des chaussures de ski : phase d'attaque du talon très raccourcie, portant sur une faible surface, et favorisant la chute en avant du pied. Celui-ci s'abat brutalement en claquant le sol, et la phase à plat dure presque tout le temps d'appui. Autre constatation : il y a peu de différence entre le pied chaussé d'un talon haut et le pied nu quant à la vousure, c'est-à-dire le cintre, la courbure. Avec, le talon haut, seul l'angle de départ est plus important à l'attaque du talon au sol. La chaussure à talon rehaussé favorise une poussée

du poids du corps vers l'avant ; la ferme du pied commence à se refermer avant que le pied n'ait pris le temps de flétrir sur la jambe pendant l'appui. Dernière conséquence : avec des chaussures à talons, la femme empêche la cambrure de son pied de s'aplatir, et interdit au triceps sural de s'étirer au maximum. Elle compense en exigeant de ce muscle un plus grand effort ; si elle porte en permanence des talons, son mollet grossit et se déplace vers le haut. Enfin, plus la chaussure est rigide, plus elle se comporte comme un "pré-sol", et moins le ressort interne du pied emmagasine d'énergie. Donc, plus elle devra dépenser de force pour marcher.

Mais les médecins proposent, et les femmes disposent... Toujours.

Jean-Michel Bader

LA "TRANSAT" DES TORTUES



La tortue-luth daterait, dit-on, de l'ère secondaire, elle n'en reste pas moins toujours aussi discrète sur ses migrations.

Au point qu'une équipe du Museum d'histoire naturelle de Marseille a harnaché notre voyageuse d'une balise radio pour suivre sa trace par satellite

Qui a dit que les tortues étaient de grosses paresseuses ? La *dermochelys coriacea* ou tortue-luth parcourt près de 34 km par jour en vitesse de croisière. Elle en profite d'ailleurs pour s'offrir chaque année de nombreux pique-niques sur nos côtes françaises. Cherchez-la du côté de l'Atlantique, tout particulièrement dans les pertuis charentais, mais vous la trouverez parfois aussi en Méditerranée. L'an dernier, un pêcheur du Var en a ramené une dans ses filets, la malheureuse était morte étouffée par une quarantaine de sacs plastique qu'elle avait dû prendre, entre deux eaux, pour un banc de méduses.

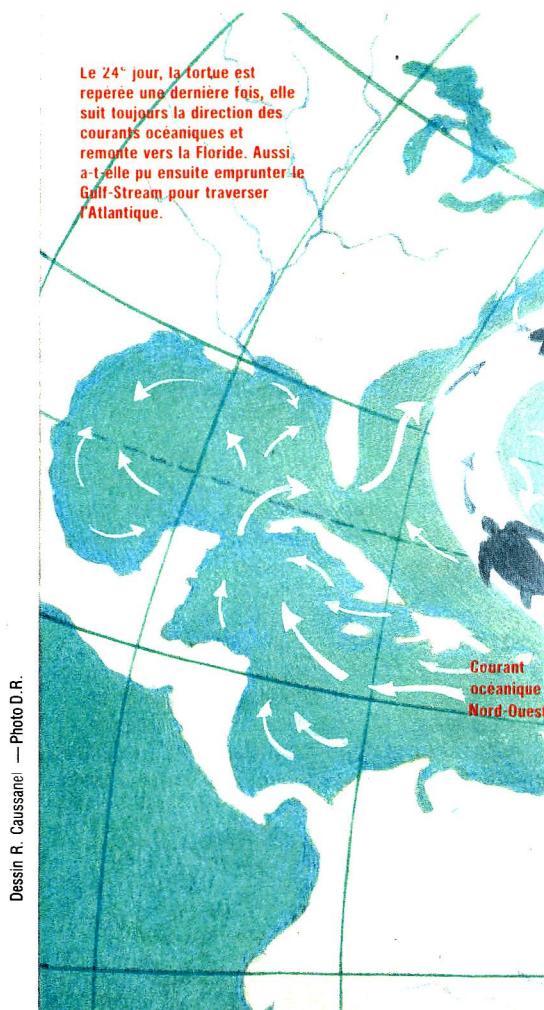
Notre tortue-cuir a beau faire partie d'une espèce très ancienne, probablement une survivante de l'ère secondaire, on ne connaît encore que peu de choses sur elle. A part le fait que madame pond sept fois une centaine d'œufs tous les trois ans, on ne sait rien, par exemple, sur son cycle biologique. De même que l'on ignore encore presque tout de l'origine géographique et du parcours suivi par les populations estivales qui séjournent chaque année au large de nos côtes.

C'est pour cela que Michèle Duron, directeur du Museum d'histoire naturelle de Marseille et spécialiste passionnée de la tortue-luth, a eu l'idée de la faire suivre... Jusqu'ici, quinze années de patientes observations et un certain nombre de "pistages" par radio lui ont permis de faire la lumière sur quelques aspects de sa vie privée, entre autres son régime alimentaire et ses rythmes de plongée. Mais notre spécialiste a également décidé, il y a deux ans, de lancer le premier suivi d'animaux marins par satellite : la "transat des tortues".

Ce programme astucieux consiste à "armer" une flottille de huit tortues et à effectuer leur mise à l'eau de façon échelonnée, les quatre premières à partir des côtes de France et les suivantes partant des principaux lieux de reproduction, les côtes de Floride, la Nouvelle-Calédonie... Pour ce programme utilisant du matériel français, un contrat lie le

Museum d'histoire naturelle de Marseille à l'Institut français de recherche et d'exploitation de la mer (IFREMER).

Le harnais porteur d'une balise factice a d'abord été testé en bassin (l'ancienne piscine olympique de la Rochelle) afin de vérifier sa fiabilité et si la tortue



Dessin R. Caussanel — Photo D.R.

supportait ce fardeau supplémentaire. Cette phase préliminaire ayant donné toute satisfaction, une première tortue équipée d'un prototype de balise Argos spécialement adaptée à sa morphologie, était lancée le 17 juillet 1986 de la plage des Hattes, en Guyane française, principal lieu de nidification. On espérait bien découvrir enfin son éventuel itinéraire de migration. Dès les premières vingt heures, les données obtenues par le service Argos de Toulouse ont fourni de nombreux renseignements. Nageant principalement en surface et portée par le courant de sortie du fleuve Maroni en direction de la mer, l'éclaireuse a déjà parcouru plus de 20 km.

Six jours plus tard, on retrouve notre tortue 270 km plus loin, toujours chargée de sa balise. A la vitesse de 42 km par jour, elle semble s'offrir des plongées plus ou moins longues ou bien évoluer en mer agitée. Elle a en tout cas résolument viré de cap et se dirige maintenant dans le sens du courant nord-ouest.

On la repère pour la dernière fois le 9 août 1986, à 820 km de son point de départ. Notre voyageuse infatigable a donc parcouru 550 km en 17 jours et sa

vitesse moyenne est estimée à 32 km par jour. Elle maintient toujours son cap dans la direction des courants océaniques et remonte droit vers les Antilles et la Floride. On peut donc présumer qu'elle pourrait emprunter directement le Gulf-Stream jusqu'au Golfe de Gascogne sans passer, comme on l'avait supposé jusqu'ici, par la mer des Caraïbes. Même si ces résultats ne sont pas encore complets, cette première expérience peut déjà être considérée comme un succès. En effet, elle permet non seulement de définir un premier tracé migratoire, mais elle prouve également que le matériel électrique français est parfaitement adapté à l'étude des animaux sauvages en milieu marin.

Pour passer maintenant à la phase finale — le lacher de huit tortues — il ne manque plus qu'un petit détail... une somme de 120 000 F en effet nécessaire pour équiper chacune d'elles d'une balise. Avis donc aux éventuels sponsors : les chercheurs sont ouverts à toute opération publicitaire et l'on n'attend plus qu'eux pour donner le départ de la première transat des tortues.

Claude Metier-Di Nunzio





UNE OREILLE PARTOUT!...

MICRO-ESPION TX 2007

NON HOMOLOGUE PTT

PORTÉE Un modèle de micro-émetteur étonnant par sa puissance. Performances inégalées (voir mode d'emploi en français).

5 km

225 F PRIS SPECIAL

BON A DÉCOUVRIR CI-DESSOUS GARANTIE 1 AN

Pour les bricoleurs: une véritable radio libre

- SIMPLE: réception sur tout poste radio FM, auto-radio, chaîne Hi-Fi, etc. Il suffit de déplacer la fréquence pour trouver une zone libre sur votre radio actuelle en FM.
- DISCRET: sans fil, sans branchements, sans antenne extérieure, vous le mettez où vous voulez.
- PRATIQUE: petit et léger, fonctionne avec une pile courante de 9 volts jusqu'à 250 h en continu (livré sans pile).
- UTILE ET EFFICACE: pour surveiller enfants, commerces, garages, personnes malveillantes, ennemis, malhonnêtes, etc.

Essayez cet appareil (meilleur rapport qualité-prix de cette gamme!). Plus de 30.000 exemplaires vendus à ce jour! Fournis aux profs: scieurs, détectives, gardiennages, etc.

Scanners

Livraison rapide et discrète en recommandé sous 48 h

Bon à renvoyer à: SCANNERS - BP 26
13351 MARSEILLE CEDEX 5
Tél. 91.92.39.39 - TELEX 402 440 F PRAGMA

Veuillez m'adresser la commande ci-dessous (préciser quantité)

MICRO-EMETTEUR TX2007 au prix unitaire de 225 F + 15 F de port en recommandé, soit 240 F

Ci-joint mon règlement par CCP chèque bancaire Mandat-lettre, contre remboursement (+ 25 F)

Nom _____

Adresse _____

Code postal : _____ Ville : _____



B.T.S.
INFORMATIQUE
GESTION - COMPTABILITÉ

2 Diplômes d'Etat très appréciés des Employeurs dans des domaines qui manquent de Spécialistes. Avec ou sans Bac, le B.T.S. se prépare très bien par correspondance en 24 mois environ. En option, *Stages pratiques sur ordinateur*.

Inscriptions toute l'année

INSTITUT PRIVÉ D'INFORMATIQUE ET DE GESTION
ECOLE FRANÇAISE DE COMPTABILITÉ
Organisme Privé

7, rue Heynen - 92270 Bois Colombes

(1) 42.42.59.27

Brochure gratuite n° W 4715

précisez la matière choisie : _____

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Tél. : _____

mieux s'exprimer
mieux communiquer

METHODE ACTIVE DE REFLEXION ET D'EXPRESSION

Un programme nouveau, à distance, individualisé, pour acquérir une solide méthode de réflexion et d'action, indispensable à la réussite des projets personnels et professionnels.

En quelques mois, quelques heures par semaine, vous développerez vos capacités de synthèse, de rédaction et d'expression.

Vous apprendrez à communiquer avec aisance, à nouer facilement des contacts, à mettre en valeur votre personnalité et vos qualités dans toutes les circonstances de la vie.

Vous saurez utiliser des techniques efficaces et des clés pour lire et mémoriser rapidement, réfléchir constructivement, jauger une situation, intervenir avec confiance. Vous saurez écrire professionnellement, organiser et animer des conversations, des réunions... parler en public avec aisance et persuasion.

Documentation gratuite à : IFP — Dépt Méthode d'Expression, Service ME 1091
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Téléphone : (1) 42.70.73.63. (ét. privé).



DIPLOMES DE LANGUES

COMMERCE • GESTION • COMMUNICATION

anglais / allemand / espagnol / italien / russe

EXAMENS DES CHAMBRES DE COMMERCE ETRANGERES o CAMBRIDGE UNIVERSITY o B.T.S. TRADUCTEUR D'ENTREPRISE

Complétez votre formation par une spécialisation linguistique en prise directe avec la vie professionnelle, en préparant un diplôme officiel. Enseignements à distance tous niveaux, progression individualisée, selon votre rythme et vos occupations. Préparations complètes aux diplômes ci-dessus et aux épreuves de langues des examens et concours.

Inscriptions toute l'année. Durée d'étude à votre choix. Services Orientation-information, cours oraux, séjours étranger.

Documentation et tests gratuits, sur demande à :

LANGUES & AFFAIRES, Service 4631, 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois. Tél.: (1) 42.70.81.88 — 42.70.73.63.

Etablissement privé, sous contrôle Education nationale

BON DE DOCUMENTATION

à retourner à Langues & Affaires, Service 4631
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois

Veuillez m'adresser la documentation sur les diplômes de langues et vos enseignements, sans engagement pour moi.

Nom et prénom :

Adresse :

ECHOS DE LA RECHERCHE

GÉOPHYSIQUE

Où est passé l'«Amazone» d'Afrique ?

Il y a eu il y a longtemps un grand fleuve qui coulait en Afrique, un fleuve de proportions amazoniennes, allant de l'actuelle Mer Rouge, traversant le cours actuel du Nil, puis le Sahara, pour se jeter dans l'Atlantique.

Il était donc long de quelque 4 500 km. C'est du moins ce qu'indiquent les données recueillies par satellite, à l'aide d'un type de radar capable de pénétrer la surface du sol jusqu'à 2 m, et actuellement étudiées par l'US Geological Survey, à Flagstaff, en Arizona. De plus, il y avait tout un réseau de cours d'eau à l'intersection des frontières actuelles de l'Egypte, de la Libye et du Soudan. Le radar en question, dit SIR, a retrouvé les lits de ces cours d'eau, qui changeaient évidemment beaucoup l'aspect de l'Afrique.

Quand ? Il y a deux millions d'années. Guère de chances, donc, que ces cours d'eau aient existé à l'époque d'une civilisation, même ancienne. La disparition de l'Amazone d'Afrique s'inscrit dans une succession de bouleversements géologiques considérables, dont le plus important fut sans doute l'émergence du Nil. La fragmentation du grand bassin central au sud du Sahara, survenue entre-temps, commença à faire obstacle à l'écoulement du fleuve ancien, quand le Nil apparut, se taillant un canyon, puis une vallée à l'est, il vola ses eaux à l'ancienne Amazone et les emporta vers la Méditerranée au lieu de l'Atlantique. L'assèchement commença à s'installer dans le Sahara, à la suite de l'abaissement des niveaux des bassins du Tchad et du Bodélé. Le système fluvial africain se déplaça vers l'est.

Bien d'autres événements ont certainement contribué à la dispa-

rition de l'ancien réseau fluvial transafricain, mais un fait est sûr, l'Afrique fut beaucoup plus verte qu'aujourd'hui.

Certains vestiges de son ancien équilibre hydrique survécurent par fragments, comme en témoigne le fait qu'au temps des Romains, la côte nord-africaine était encore verdoyante, puisque les forêts de chênesverts de la Libye étaient exploitées par l'Empire et que l'on a retrouvé dans le désert des vestiges des réseaux d'irrigation installés par les Romains pour leurs cultures.

De nos jours, paradoxalement, c'est le Pacifique qui commande le régime du Nil, comme l'indiquent les travaux de météorologues et chercheurs de disciplines apparentées de l'université Columbia. La relation peut paraître étrange, et pourtant elle se décompose et se comprend très bien. Dans une année normale, des vents d'est en ouest soufflent dans le Pacifique ouest et poussent les eaux chaudes vers l'ouest, amassant d'abord de grosses masses d'air humide au-dessus de l'Indonésie ; cela diminue les pressions locales et l'air humide et chaud se propage ainsi à travers l'Océan Indien jusque vers l'Afrique, où il déclenche de grandes pluies saisonnières.

Plus ou moins périodiquement, toutefois, le régime des vents s'inverse et repousse les masses d'air humide et chaud vers le Pacifique est. Là, il déclenche de grandes pluies et élève le niveau des températures de telle sorte que les taux

de reproduction de certaines espèces de poissons, dont les anchois, en souffrent. Tombent alors de très violentes pluies sur les rives pacifiques des Amériques, de la Californie au Chili.

C'est le phénomène qu'on appelle en espagnol *El Nino*, "le petit", parce que les baisses des densités poissonneuses sont les plus sensibles aux environs de Noël. Là, c'est l'Afrique et, au passage l'Australie, qui sont affectées par l'absence des vents humides.

C'est ce que l'on a vu pour la dernière fois en 1982, où *El Nino* est apparu à l'est, causant des tempêtes très violentes en Californie, la misère des pêcheurs sud-américains, la sécheresse en Australie et la famine en Afrique.

El Nino sévit de manière irrégulière, mais son rythme moyen d'apparition est de quatre ans. La situation est actuellement critique en Afrique, parce que le niveau du Nil est actuellement assez bas et que le réservoir du barrage d'Assouan, en Egypte, qui avait déjà permis d'éviter à la vallée du Nil la famine qui sévissait en amont, ne semble guère assez garni pour pallier une nouvelle sécheresse.

G.M.

Gutenberg faisait de la bonne encre, comme l'a révélé une analyse au cyclotron de ses chefs-d'œuvre, réalisée à l'université de Californie : il y mettait en particulier beaucoup de cuivre et de plomb, et c'est pourquoi sa Bible est encore tout à fait lisible.

Vaccin ourlien inefficace aux Etats-Unis ? C'est ce que donne à penser un communiqué des directions fédérales de la Santé, là-bas. A y regarder de plus près, il se trouve simplement que les parents ne vaccinent pas leurs enfants. Ce qui fait que le délai d'élimination du "réservoir" viral est prolongé et même, que les cas augmentent !

La prédisposition héréditaire au Sida

Que nous ne soyons pas égaux devant la maladie, on s'en était accommodé. La manière dont une protéine s'exprime à la surface des cellules du système immunitaire (en gros, les globules blancs) vient cependant le rappeler cruellement

Cette manière commanderait, en effet, la vulnérabilité au virus HIV, celui du Sida, comme l'indique une communication de sept immunologues de la St Mary's Hospital Medical School de Londres, publiée dans un récent numéro de *The Lancet*.

Les éléments cliniques qui ont mené ces spécialistes à leur conclusion sont troublants. Ces chercheurs ont examiné un premier groupe de 203 homosexuels séropositifs ou effectivement atteints du Sida (ce qui n'est pas la même chose, il faut le rappeler inlassablement), et par ailleurs, un second groupe de 50 homosexuels séronégatifs et de 123 hétérosexuels également séronégatifs, tous sains. Ils ont trouvé que 30,2 % des gens du premier groupe présentaient la protéine Gc 1 f, alors qu'en ne trouvait celle-ci que chez 0,8 % des gens du second groupe. Il semble donc qu'il y ait un rapport génétique entre l'infection et la présence ou l'absence de cette protéine.

La présence de cette protéine définit ce que l'on appelle un phénotype. Ce qui confirme l'influence de ce phénotype sur la vulnérabilité au virus HIV et que, chez les gens sains, homosexuels ou non, on trouve un autre phénotype caractérisé par la présence de la protéine Gc 2, variante de la première.

Conclusion : la pénétration du virus dans les cellules du système immunitaire est facilitée par la protéine Gc 1 et contrariée par celle de la protéine Gc 2.

Et c'est ici que l'on aborde les éléments biologiques de l'affaire. On savait que le récepteur du virus HIV chez les humains et les souris comporte des parties d'un antigène, le CD4, qui se trouve sur les lymphocytes T et les monocytes. Normalement, l'antigène devrait être repoussé par les cellules du système immunitaire, mais le fait qu'il comporte un point commun

avec celles-ci, le CD4, lui facilite énormément la tâche. On en déduirait donc, en théorie, que les souris aussi bien que les hommes sont vulnérables au virus. Or, les souris, elles, ne font pas d'infection. Il y a donc un facteur spécifiquement humain qui est responsable de l'infection.

On s'en doutait déjà, après avoir examiné d'autres données cliniques : c'est que 50 à 60 % seulement des gens qui ont été exposés une fois ou bien de façon répétée, homosexuels, hétérosexuels, hémophiles ayant reçu du sang infecté et enfants de mères infectées deviennent séropositifs. C'est ce qui a mis les spécialistes sur la piste de la protéine Gc. Celle-ci s'exprime selon les lois classiques mendéliennes. C'est-à-dire qu'un individu peut être homozygote et donc appartenir au groupe le plus vulnérable, ou hétérozygote et appartenir à l'autre groupe.

Bien évidemment, la protéine Gc n'est pas "conçue pour protéger ou vulnérabiliser" au virus HIV ; elle a d'autres fonctions, dont on connaît au moins une : elle sert à lier la vitamine D. Une fois qu'elle s'est liée à elle, elle peut alors transporter de grandes quantités de calcium. C'est donc une protéine antirachitique.

On lui attribue un rôle dans l'arthrite rhumatoïde, la sclérose en plaques et diverses affections hépatiques, mais ce rôle n'est pas établi. Il paraît donc certain que les recherches dans le domaine du Sida et de ces maladies vont se concentrer sur cette mystérieuse protéine. **G.M.**

"Mon filleul, le jaguar de Santa Rosa..."

Une société britannique de protection de la nature vient d'avoir une idée intéressante. Pour contribuer à l'agrandissement du parc national de Santa Rosa, au Costa Rica, elle offre au public le patronage de différents éléments de la faune et de la flore, bêtes, insectes, plantes. Ceux-ci, bien entendu, demeureront dans le parc. Pour patroner ainsi une colonie de fourmis, il en coûte 5 000 F ; pour un agouti (mammifère rongeur de la taille d'un lièvre), 42 000. Les jaguars sont estimés si haut qu'on en vend des millièmes. Chaque part valant 2 000 F, ce qui représente la coquette somme de 2 millions pour une bête entière. Si vous n'êtes pas assez riche pour vous offrir ces espèces, il vous reste les champignons : on peut en obtenir 50 pour 10 F, mais leur durée de vie limite celle du patronage.

Cette nouvelle manière de collecter des fonds peut faire école. La société pour l'étude et la protection de la nature en Bretagne offre, dans les mêmes conditions, 100 m² de lande pour 50 F, avec en prime des visites guidées des réserves naturelles !

J.M.

L'aspect pratique de l'Alzheimer

L'association France-Alzheimer nous prie de rappeler son existence aux familles des quelques 300 000 personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer en France. Le siège de cette association, qui fournit aux parents des informations pratiques susceptibles d'alléger leur fardeau et qui encourage aussi les recherches neuroscientifiques dans ce domaine, est 49 rue Mirabeau, 75016 Paris, et son téléphone est (1) 45 20 13 26. **G.M.**

Interféron fortement déconseillé pour la sclérose en plaques, d'après des essais qui ont eu lieu aux Etats-Unis. Les administrations d'interféron gamma ont exacerbé la maladie.

Le divan de moleskine a la parole

On l'a dit, on l'a dédit, puis on le redit et l'American Medical Association a décidé d'en avoir le cœur net : elle a adressé un questionnaire en 34 points à 27 875 psychiatres américains pour leur demander si, oui ou non, ils avaient eu des relations sexuelles avec leurs patients et patientes. Le taux de réponses a quand même été de 26 %, ce qui n'est pas mal (l'AMA a aussi reçu des questionnaires remplis d'obscénités !). C'est à dire qu'environ 7 197 psychiatres ont répondu. Seuls 1 316 questionnaires étaient cependant utilisables et, sur ceux-ci, on dénombre 84 psychiatres qui admettent avoir bien eu des relations sexuelles avec leurs patients, soit un faible pourcentage (6,4) des réponses utilisables. Dans les quatre cinquièmes des cas environ, les relations étaient hétérosexuelles, dans moins de 10 % des cas, homosexuelles. Un quart seulement des psychiatres-amants sont satisfaits d'avoir eu cette relation, qu'ils assimilent à la thérapeutique, les autres la regrettent ou ont à son sujet des sentiments ambivalents.

G.M.

C'est l'année des insectes aux Etats-Unis : après les "abeilles tueuses" du Brésil, apparues il y a quelques années, les cafards volants d'Asie viennent à leur tour de découvrir l'Amérique et s'y plaisent beaucoup (à la différence des autres, ils aiment la lumière électrique !) et les cigales se réveillent après 17 ans, comme d'habitude, et pullulent dans le sud et l'ouest, sans qu'on connaisse les causes de ces rythmes de 17 ans.

Notre Galaxie ne manque pas d'air : l'Institut de radioastronomie de Kharkov a détecté, à l'aide d'un télescope décamétrique, une sorte d'atmosphère qui la sépare de la nébuleuse d'Andromède. Cette paroi de gaz servirait de lieu de passage de l'hydrogène de notre Galaxie vers la nébuleuse, qui a un champ de gravitation très intense.

Au Musée de l'Homme c'est le Pérou !

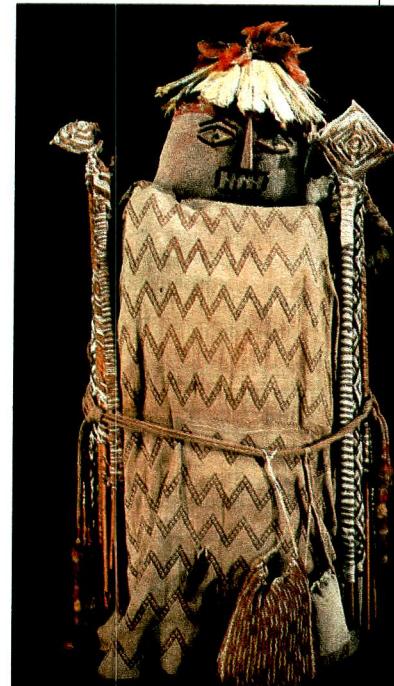
Le Musée de l'Homme a 50 ans. Pour célébrer cet anniversaire et rendre hommage à son fondateur, l'américaniste Paul Rivet, il présente une exposition intitulée "Ancien Pérou : vie, pouvoir, et mort" qui a le mérite de montrer des objets pour la plupart inédits, tirés pour la circonstance des réserves du musée, ou venus tout exprès des musées de Lima.

Le visiteur y découvrira le Pérou pré-hispanique et même (c'est le second atout de l'exposition) pré-inca. Les Incas, peuple de montagnards ont régné sur le Pérou pendant 2 siècles seulement mais la fascination qu'ils exerçaient sur les conquistadores espagnols et sur les ethnologues du XIX^e siècle a longtemps laissé dans l'ombre les civilisations qui l'ont précédé.

Premiers habitants du XII^e millénaire avant notre ère (récemment mis au jour par des missions archéologiques françaises), culture Mochica (100-600 ap. J.C.) ou culture Chancay (XI-XV^e siècle) y sont illustrés par des objets qui captent l'intérêt à travers des thèmes quotidiens tels que la chasse et la pêche, l'habitat du littoral et des hauts plateaux, l'élevage de la vigogne et du lama, le commerce basé sur un troc où dominent la feuille de coca, la poterie et le tissage avec des réalisations d'une qualité exceptionnelle.

Après ces différents aspects de la vie péruvienne à travers les siècles, on pénètre dans le monde étrange de la mort : la reconstitution d'une tombe Chancay présente, à côté du traditionnel mobilier funéraire destiné à agrémenter la seconde vie du défunt, un "Fardo", mystérieuse momie ligotée, empaquetée dans les linges et couronnée d'une tête postiche (*photo ci-dessus*).

Plus difficiles à appréhender sont les formes du pouvoir. Derrière les parures de plume, les diadèmes et les litières de parade, quels types de hiérarchie, quelles structures étatiques avant l'empire Inca ? Le dernier des fils du Soleil, Atahualpa, fut renversé au XV^e siècle par des être blancs et barbus armés de fusils, qu'il prit pour les dieux vengeurs d'une antique légende...



cle par des être blancs et barbus armés de fusils, qu'il prit pour les dieux vengeurs d'une antique légende...

C'est sur les portraits des derniers incas que s'achève ce voyage dans l'ancien Pérou. Une exposition attrayante, esthétique et claire. Jusqu'au 15 janvier 1988. Pour toute information : (1) 45 53 70 60 ou (1) 47 04 62 10.

B. G.-C.

Les armes à feu à domicile ne servent pas vraiment à protéger contre les voleurs : selon une étude épidémiologique de deux chercheurs de l'université du Tennessee, menée dans le comté de King, Etat de Washington, et portant sur tous les accidents par armes à feu détenues à domicile, entre 1978 et 1983, et ayant entraîné 734 morts, on ne recense que deux cambrioleurs tués. Pour le reste, on compte 333 suicides, 65 homicides, 12 accidents et 3 décès inexplicables. Comme il y a 120 millions d'armes à feu aux Etats-Unis, on imagine le nombre de suicides...

ÉLECTRONIQUE

Des cellules photoémissives 1 000 fois plus puissantes

Selon une lettre publiée dans *Nature*, un groupe de chercheurs de l'université de Stanford en Californie est arrivé à accroître de 15 % le rendement de cellules photoémissives et à augmenter d'un facteur 1 000 l'amperage du courant fourni. L'accroissement de la production électrique de ces cellules passe par la réduction des pertes dues à la recombinaison d'électrons.

SPÉLÉOLOGIE-ÉCOLOGIE

Les joyaux de Lachambre



Ces joyaux du réseau spéléologique Lachambre méritaient d'être signalés à l'attention du public, car ils sont rares.

Formés au cours des siècles dans des vasques naturelles ou gours, à un rythme très lent, ils sont constitués de ce que l'on appelle une fistuleuse, longue de plus d'un mètre, sorte de stalactite, au bout de laquelle s'est formée une poire de cristaux de calcite. Ces cristaux, qui continuent de se former à l'extrémité de la tige, s'organisent alors en un cercle qui va s'élargissant au fil du temps. Les bords du gour sont garnis de demi-coupeaux aussi purses.

G.M.

68

L'équipe de Stanford y est parvenue par un traitement de surface réalisé à l'aide d'une solution aqueuse.

C'est à partir d'un élément à l'arsénure de gallium, traité à l'osmium, que ce spectaculaire résultat a été obtenu.

Cependant, si cet élément est intéressant comme récepteur d'informations lumineuses (dans le cas de transmissions par fibres op-

tiques par exemple), il ne peut être utilisé pour produire de l'électricité solaire, car le courant délivré par cet élément photoémissif est extrêmement faible : de l'ordre de quelques millivolts.

Mais, ce corps photoémissif a d'appréciables avantages : il ne présente pas de phénomène de rémanence (c'est-à-dire qu'il ne conserve pas la trace de forte lumination) et réagit même à de très faibles intensités lumineuses. "Dopé" au phosphore, l'arsénure de gallium est également employé dans certains appareils photos pour effectuer la mesure de la lumière. Le courant qu'il délivre est, dans ce cas, amplifié pour activer l'affichage de l'appareil photo.

L.D.

GÉOLOGIE

Pétrole inorganique : les sceptiques veulent quand même vérifier

Des carottes granitiques prélevées à quelques 8 000 m de profondeur sont actuellement étudiées scrupuleusement par des chercheurs de l'université du Wisconsin-Madison.

Les carottes ont été prélevées dans l'Anneau de Siljan, un cratère météoritique d'une quarantaine de kilomètres de diamètre, formé il y a 350 millions d'années en Suède. Les chercheurs y ont trouvé des traces de pétrole et de méthane. Ils vont encore forer plus bas.

S'il y avait alors des carburants fossiles en quantités significatives, il faudrait ranimer la théorie de la fermentation abiogénétique, elle-même remise au goût du jour par un astrophysicien américain en 1979 et, en fait, vieille d'un siècle. Selon cette théorie, le pétrole ne se forme pas seulement par fermentation de vestiges organiques ; il peut aussi se former par fermentation inorganique, grâce à des bactéries, mais alors sans support organique.

L'idée paraît stupide à bien des géologistes.

Pourtant, la fermentation inorganique existe bel et bien. *Nature* a rapporté récemment que certaines bactéries anaérobies du soufre obtiennent leur énergie du soufre inorganique d'une manière jusqu'ici inconnue.

Friedhelm Bak et Heribert Cypionka décrivent dans le détail les deux grands groupes de bactéries identifiées qui prolifèrent sur un milieu inorganique, les oxydantes, comme les thiobacilles, et les réductrices, comme les *Desulfuvibrio* et apparentées et les Thermo-protéales.

En fait, c'est la première démonstration véritable de la fermentation inorganique, qui réserve peut-être encore des secrets.

C'est pourquoi les carottes suédoises sont étudiées avec autant de soin.

G.M.

Le vacarme abusif créé par certains autour du Sida tend à occulter bien des dangers plus graves, par exemple le suicide, qui est la cause n° 1 de décès dans le monde entier. A quoi sert de gagner la santé si l'on vient à s'enlever la vie...

Plus d'ours polaires dans les zoos, demande l'organisation de bienfaisance Zoo Check : leur incarcération est sans objet.

L'enfant hindou est plus heureux

*L'Occident veut-il court-circuiter la nature ?
C'est ce que l'on est tenté de penser au terme de la lecture
du travail d'Hélène Stork sur la manière dont nous
élevons nos enfants et celle dont les Hindous
élevent les leurs.*

L'être humain est, de toute la faune terrestre, celui dont le développement est le plus long, d'où le maternage poussé dont il a fait l'objet pendant des milliers de millénaires et qui serait, selon certains paléontologues, la ou l'une des causes du bipédisme. Or, en Occident, la tendance générale est de raccourcir la durée de l'enfance.

En Inde, où Stork, psychiatre, psychologue et ethnologue, a passé dix ans à étudier les rapports entre l'enfant, sa mère et le milieu, l'enfant bénéficie beaucoup plus longtemps d'une sécurité émotionnelle qu'il n'a que rarement ou exceptionnellement en Occident. Il est donc en meilleure santé, parce que son équilibre général est beaucoup plus satisfaisant, alors que, dit Stork, en Occident, les besoins psychologiques de l'enfant ne sont pas satisfaits et sa santé s'en ressent.

Hélène Stork juge aberrantes les méthodes de puériculture occidentales, qui visent, entre autres buts, à "socialiser" l'enfant précoce-ment, c'est-à-dire le rendre indé-pendant alors qu'il a besoin exacte-ment du contraire, c'est-à-dire d'une dépendance à l'égard d'un milieu rassurant. En Inde, la per-sonnalité de l'enfant se différencie d'abord dans le milieu familial, ce qui lui permet d'affronter plus tard le milieu social avec beaucoup plus de moyens psychologiques. Et l'on ne peut évidemment pas dire que l'Inde soit une "fabrique à nu-ches", car les Hindous sont loin d'être des narcissistes névrotiques.

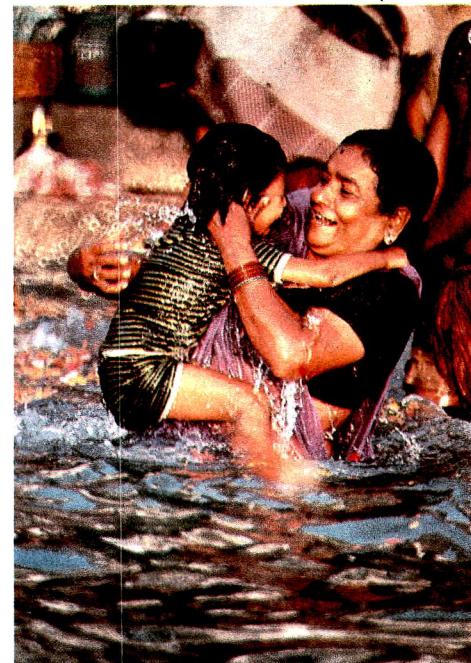
Analysant les méthodes de ma-ternage hindou, qui sont très an-ciennes, Stork constate qu'elles fa-vorisent aussi bien le dévelo-pement physique et nerveux que le mental, et cela grâce à des contacts fréquents avec la mère.

En Occident, et en France en particu-lier, les contacts enfant-mère sont moins nombreux, sans

doute, estime l'ethnologue, parce qu'ils sont contenus dans le cadre d'une idéologie religieuse qui les limite strictement à la toute pre-mière enfance.

Le livre d'Hélène Stork, qui s'ap-pelle *Enfances indiennes* est paru aux éditions Paidos-Le Centurion, à Paris. On peut supposer qu'il va susciter pas mal d'émotion parmi les tenants de nos systèmes d'éduca-tion, où l'enfant est souvent aban-donné pendant la journée, parce que la mère travaille ou doit tra-vailleur.

G.M.



Pluton a bien une atmosphère
re (peut-être pas celle d'Arletty dans *Hôtel du Nord*) et ce n'est donc pas un astéroïde. Reste à savoir si celle-ci est respirable.

Vers la fin des décos
scintillantes sur les sapins de Noël : Clarence I. Kado, de l'université de Californie à Davis, se propose de greffer génétiquement sur ces arbres le gène de la bioluminescence, ce qui fera que les arbres emblématiques brilleront tout seuls. Pas question, dans ce cas, de les placer dans une chambre à coucher...

Gare au quartz !

Les travailleurs du granit finlan-dais souffrent beaucoup plus d'ar-thrite rhumatoïde que le reste de la population. Taux moyen dans la population courante : 0,24 %. Taux chez les travailleurs du granit : 1,69 %. Et la maladie est plus sévère chez ces derniers, les lésions articulaires plus graves. Est-ce le quartz du granit qui est responsa-ble ? se demandent les cinq méde-cins finlandais qui viennent de pu-bliser leurs recherches. Toujours

est-il que l'on décèle une flore in-testinale anormale dans le tube digestif des malades qu'ils ont exa-minés, et il serait possible, suggè-rent-ils, que le quartz inhalé dé-clenche une chaîne de réactions qui, au travers d'étapes à détermi-nier, commencerait par déséquili-brer la flore intestinale et finirait par déclencher l'arthrite rhumatoïde, avec, comme constante, une baisse notable de l'immunité na-tuelle.

J.M.

L'affaire Dupéran

*La circulaire officielle annonçant le retrait du marché du Dupéran-longue durée omet de citer les 35 morts causés par cet antalgique...
L'autre forme du médicament, également dangereuse, est toujours commercialisée.*

Une circulaire de mise en garde des laboratoires Cassenne, adressée aux médecins, ne parle pas des 300 hépatites liées au Dupéran. Mis sur le marché en 1971 — et en France seulement — sous la forme de comprimés dosés à 150 mg de clométagine, son principe actif, le Dupéran se double, en 1977, d'une forme "retard", le Dupéran-longue durée (LD) : sa durée de vie dans l'organisme est plus longue et ses comprimés sont plus fortement dosés (325 mg).

Mais certains médecins à qui l'on dit "longue durée d'action" traduisent "longue durée de traitement" et donneront le produit à leurs patients pendant des mois, voire des années. La clométagine, qui ressemble à un anti-inflammatoire sans en avoir les effets, est un antidouleur pur, prescrit surtout contre les douleurs rhumatismales chroniques. Médicament réputé efficace, tout en étant dénué des effets secondaires généralement associés aux antirhumatismaux classiques, il est très consommé : près de 30 tonnes de Dupéran chaque année !

Benzène et leucémie : suggérée il y a plus d'un demi-siècle, la responsabilité du benzène dans les leucémies et affections hématologiques malignes vient d'être démontrée par une étude épidémiologique américaine portant sur vingt ans. Il y a trois fois plus de leucémies dans les groupes exposés que dans la population moyenne, et quatre fois plus de myélomes multiples.

Les articles de cette rubrique ont été réalisés par
Jean-Michel Bader, Anne Bergogne,
Laurent Douek, Brigitte Gandiocoppin, Jacques Marsault et Gérald Messadié.

En 1978, le Concours Médical publie deux observations d'hépatites dues au Dupéran, l'une d'entre elles ayant conduit à la mort de la patiente ; dans les années qui suivent, les observations de "jaunisses" se multiplient dans la presse médicale. Si, en général, ces hépatites s'améliorent considérablement dès l'arrêt du traitement, parfois des formes graves surviennent : hépatites foudroyantes et mortelles, hépatites chroniques, ou même évolution inéluctable vers la cirrhose du foie.

En dépit de tous ces avertissements, Cassenne ne signale ces effets secondaires graves qu'en 1981, dans le dictionnaire Vidal des médicaments. Et, malgré cette mise en garde, de plus nombreuses hépatites surviennent les années suivantes : 21 observations en 1979, 30 en 1980, 46 en 1982, 51 en 1983...

En 1984 seulement, le ministère de la Santé lance une enquête de pharmacovigilance sur la période 1977-1984 : elle répertorie 239 hépatites au Dupéran, dont 27 mortelles. L'enquête complémentaire 1985-1986 fera état de 87 hépatites, et de 8 morts supplémentaires. Au total donc : 326 hépatites et 35 morts ! Il faut donc retirer le médicament du marché.

Mais les discussions s'éternisent et la décision prise en février 1987 scandalise de nombreux experts. Car si le Dupéran-LD est retiré, on laisse à la vente l'autre formule, en y associant une mise en garde renforcée auprès des médecins. La modification de la notice du Vidal étant notifiée trop tard aux éditeurs, l'édition 1987 ne stipulera pas cette précision d'importance : le traitement est limité à 10 jours.

● Pourquoi dix ans d'attente avant de suspendre la commercialisation d'un produit connu pour sa toxicité ? Réponse possible : l'effet

toxique sur le foie est rare, et il a fallu plusieurs centaines de milliers de malades traités par ce médicament avant de pouvoir l'identifier. Objection : les nombreuses hépatites liées au Dupéran sont connues depuis le début de cette décennie, elles ne sont donc pas si rares... Autre réponse possible : on manque de médicaments antidouleur efficaces, comme le Dupéran. Certes, la pharmacovigilance française balbutiait encore à l'époque. Pourtant les laboratoires Cassenne ont très vite disposé de nombreuses observations d'hépatites... Auraient-ils gardé quelque temps sous le coude des informations préjudiciables à ce médicament, qui constituait une part importante de leur chiffre d'affaires ?

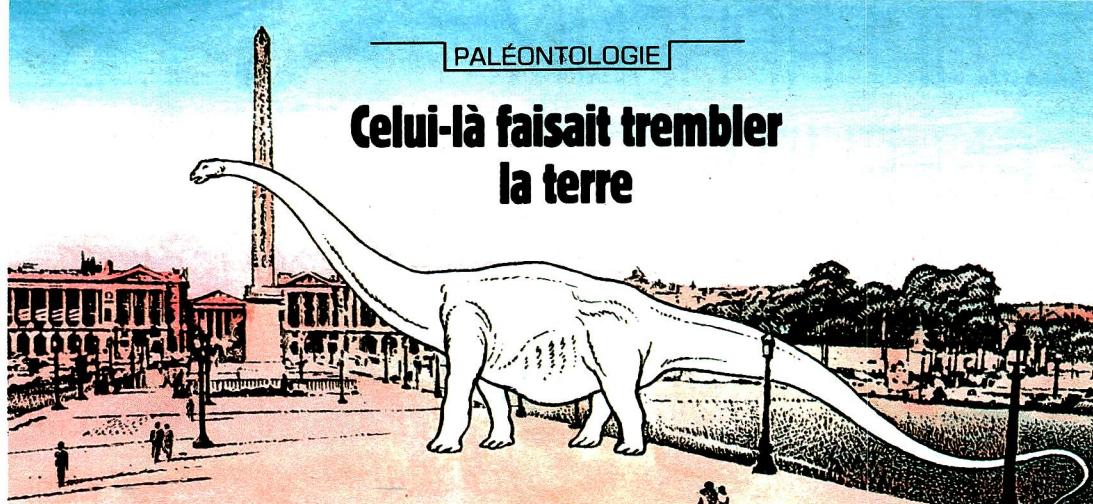
● Pourquoi, malgré la mise en garde de 1981, le nombre d'hépatites dues au Dupéran est-il resté stable ? Les médecins ont continué à le prescrire comme si de rien n'était ! Ils ne remarquent pas les modifications du dictionnaire, et ne respectent pas les mises en garde nouvelles qui peuvent s'y trouver ! La seule modification du mode d'emploi d'un médicament ne suffit donc pas à endiguer le risque.

● Pourquoi avoir retiré la forme "retard" du médicament incriminé et laissé sa forme simple sur le marché, quand l'une et l'autre sont tout aussi responsables des hépatites ? La balance aurait d'abord penché en faveur d'un retrait complet, puis, malgré les protestations des experts, le ministre a soudain décidé de limiter le retrait au seul LD. Un retrait brutal aurait "inutilement affolé le public". Mieux valait le laisser mourir de sa belle mort. Mais les médecins prendront-ils au sérieux cette mise en garde ?

Dans ces conditions, le ministère de la Santé a-t-il vraiment pris toutes ses responsabilités ? N'a-t-il pas cherché à préserver l'image de marque d'une société française en péril (les laboratoires Cassenne, en effet, ont déjà connu un revers, en 1986, avec un antidépresseur ; après feu vert de l'administration, ils avaient dû en stopper la commercialisation en catastrophe...).

Or, la vraie santé publique, c'est celle des Français, et non pas celle des labos français... A.B. et J.-M. B.

Celui-là faisait trembler la terre



Une quarantaine de mètres de long, dix de haut, un poids en rapport, le Séismosaure, nouveau venu du "dino-zoo" méritait bien bien le nom qu'on vient de lui trouver, "celui qui fait trembler la terre".

On a retrouvé huit de ses vertébres, un os de fémur et d'autres fragments, dans une formation géologique vieille de 144 millions d'années, dans les monts Jemez, au Nouveau-Mexique. C'est à l'aide de ces quelques éléments que les paléontologues du Museum d'histoire naturelle du Nouveau-Mexique, à Los Alamos, ont pu reconstituer sa taille. On cherche le reste du squelette au radar, qui peut pénétrer jusqu'à 100 m, alors que la bête

ne gît sans doute qu'à 10 ou 15 m de profondeur. Détail bizarre : on a étudié par la méthode d'activation neutronique des fragments des os de la queue et on y a trouvé une

concentration d'uranium 400 fois supérieure à celle des roches environnantes, mais on ne sait pas encore quelles déductions en tirer. **G.M.**

QUEL JOURNAL LISEZ-VOUS ?

Grave crise en gestation dans la sécurité aérienne aux Etats-Unis, annonçait le *New York Times* du 18 mai : de l'avis de certains experts fédéraux, l'expérience des pilotes de jets est de moins en moins satisfaisante, il n'y a pas assez d'inspecteurs de la FAA (Federal Aviation Administration) pour contrôler l'état des avions et la maintenance souffre de plus en plus de négligence. D'où le fait que les quasi-collisions sont passées de 311 en 1982 à 839 en 1986, que les erreurs opérationnelles ont augmenté de 18 % au cours du premier trimestre de 1987 par rapport au précédent, que les erreurs de piste augmentent aussi. Tout cela est d'autant plus plausible que l'infrastructure fédérale ne s'est jamais vraiment remise de la crise déclenchée par les licenciements massifs de contrôleurs aériens par Reagan en 1981, que la libération des prix ou "dérégulation" a abaissé les marges de bénéfices et donc incité les compagnies à abaisser les budgets de contrôle et que le nombre de liaisons créées ces dernières années a tellement augmenté que l'on est devenu moins sévère sur

l'expérience des pilotes. Il fallait autrefois quelque 2 000 h de vol sur avion à réaction, on se contente désormais de 800. Fort bien, ou plutôt, fort mal.

Deux jours plus tard, le *New York Times* annonçait que la FAA vient de mettre en service un système informatisé du contrôle aérien qui, en espaçant plus rationnellement atterrissages et décollages devrait augmenter la sécurité aérienne. Ce qui pourrait entraîner, entre autres conséquences, de plus longues attentes aux décollages et des déroutages vers d'autres aéroports. Ce système représenterait la solution aux problèmes de sécurité créés par la saturation de l'espace commercial aérien. Bref, la crise est évitée. Bizarrement, le second article ne fait mention ni du contrôle du matériel, ni de l'expérience requise des pilotes, ni encore des effectifs des contrôleurs. Ce qui fait que l'on ne sait pas si cela va mieux ou plus mal. En réalité, il semble que cela doive aller plus mal, car un tel système va évidemment augmenter la densité du trafic, donc les problèmes posés dans le premier article ! **G.M.**

A nos lecteurs. Nous faisons souvent état dans ces pages de produits qui sont en cours de recherche ou qui viennent d'être mis au point et qui, dans les deux cas, ne sont pas disponibles, qui, dans le cas des produits pharmaceutiques, n'ont pas reçu de visa parce qu'ils peuvent avoir des effets secondaires graves, qui ne peuvent donc pas être délivrés par les chercheurs ni les laboratoires, et qui, bien évidemment, ne sont pas commercialisés. Quant de tels produits le sont, ils sont décrits dans les chroniques de l'industrie ou de la vie pratique. Nous prions donc instamment nos lecteurs de garder ces réserves en mémoire et de ne pas nous adresser de demandes de renseignements supplémentaires qui ne pourraient pas leur être utiles, sauf si ils sont spécialistes.

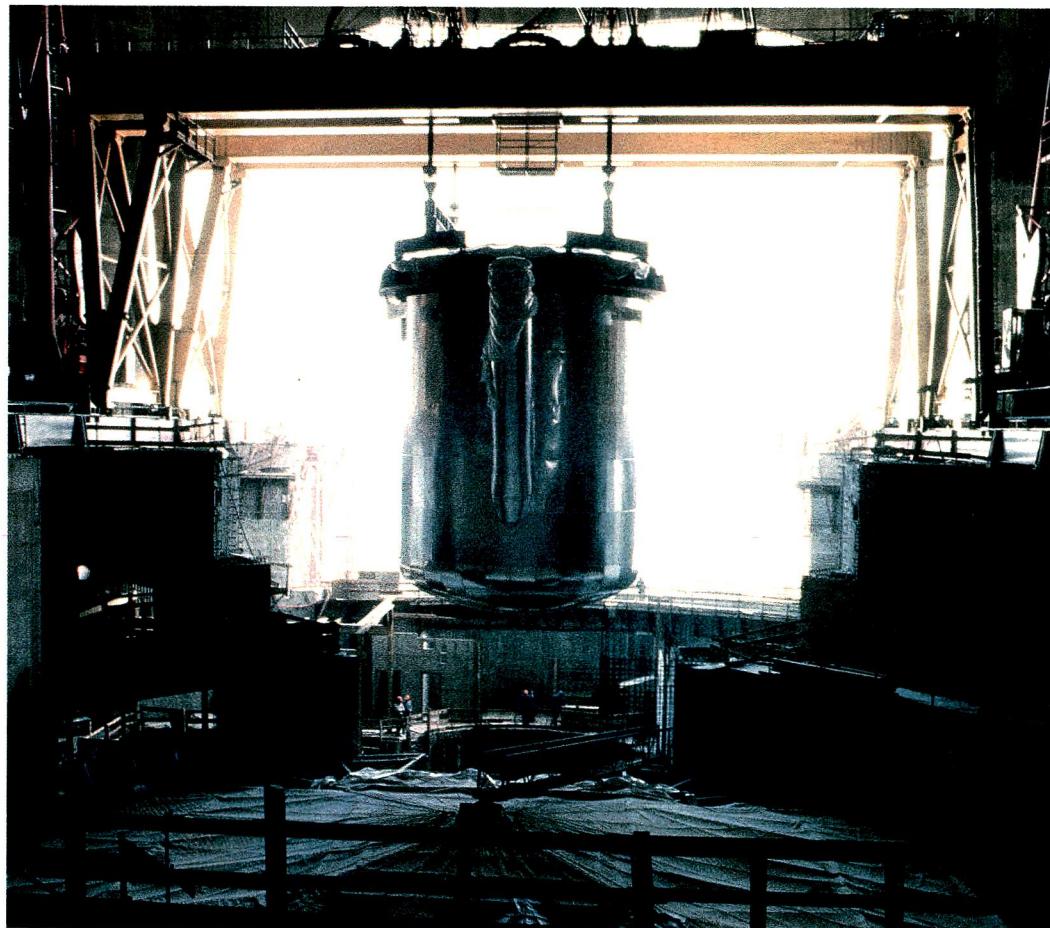
SUPERPHÉNIX EN FUITE

Une fuite qui s'arrête au moment où l'on vient enfin de reconnaître son existence...

Des alarmes qui ne sont pas prises au sérieux... Et des exploitants qui veulent à tout prix continuer à faire fonctionner un réacteur dont la rentabilité économique est désastreuse. Voici le bilan du dernier incident de Superphénix.

Introduction sur le site de Creys-Malville de la gigantesque enceinte du "barillet", dont la cuve interne défectueuse a laissé fuir le sodium. EDF n'ayant pas encore réglé sa part de la facture, c'est la survie même de Novatome, son constructeur, qui est en jeu.

PAR J. DENIS-LEMPEREUR



Superphénix, le dernier fleuron de la technique nucléaire, est arrêté depuis le 26 mai pour une période indéterminée. La fuite de sodium qui a affecté le réacteur, au printemps dernier, n'est pas étrangère à cet arrêt, et cela, contrairement aux assertions d'EDF, qui en est l'exploitant, et des autorités de sûreté au ministère de l'Industrie, qui ont pourtant décidé de cet arrêt.

Superphénix, c'est un modèle expérimental, grandeur nature (1200 MWe), d'un nouveau type de réacteur à neutrons rapides, par opposition aux neutrons ralentis par l'eau de nos centrales classiques PWR ou REP⁽¹⁾. La différence entre les deux réside principalement dans la configuration du cœur : celui d'une centrale REP consomme de l'uranium, dont une très faible partie seulement est fissile. Le cœur de Superphénix est un savant assemblage de plutonium (fissile) entouré d'uranium, transformé à son tour en plutonium au fur et à mesure de la réaction nucléaire. D'où le nom de surgénérateur donné à ce type de réacteur qui produit en principe plus de plutonium qu'il n'en consomme. Ce qui revient à dire que les surgénérateurs ont un meilleur rendement pour transformer l'uranium — le plus abondant dans la nature (U₂₃₈) — en combustible fissile (Pu₂₃₉). En gros, 50 à 60 % plus élevé que leurs cousines REP.

Lancé au moment où les économistes prédisaient une pénurie de pétrole et d'uranium combinée à une demande accrue d'électricité, le programme de surgénérateurs, qui devait détrôner nos centrales classiques REP, apparaît aujourd'hui beaucoup moins convaincant. Superphénix, depuis janvier 1986, produit l'électricité la plus chère de France : son kilowatt-heure coûte le double de celui des centrales REP. De là à la rapprocher de Concorde, il n'y a qu'un pas qui a été vite franchi par ses détracteurs. Et même si ses promoteurs affirment que les surgénérateurs de deuxième génération coûteront environ 30 % moins cher, ceux-ci risquent de ne pas être suffisamment compétitifs. D'autant plus que nos techniciens nucléaires s'activent à modifier quelque peu le cœur des centrales REP pour rendre celles-ci plus performantes.

Bref, la fuite de sodium n'a fait qu'accentuer le doute qui planait sur le bien-fondé de cette filière. Avant de tirer les leçons de cet incident, en apparence mineur, qui a tout de même déplacé trois ministres, qu'on se remémore les grandes lignes de l'affaire.

Le 3 avril dernier, l'annonce officielle jaillissait des télescripteurs : le "monstre" de Creys-Malville dans l'Isère perdait son sodium goutte à goutte. Emoi justifié, car le métal, liquéfié, qui est utilisé en circuit fermé pour refroidir et récupérer les ca-

lories du cœur, possède des propriétés redoutables. En présence d'air, il s'enflamme et au contact de l'eau, il explode. Quelques gouttes de sodium dans une bassine d'eau et l'explosion suffit à volatiliser tout le liquide ! C'est pourquoi tous les circuits contenant du sodium sont enveloppés de gaz inertes comme l'argon ou l'azote.

La fuite, en réalité, ne concernait pas la partie la plus vulnérable du réacteur, son cœur, puisque le sodium s'écoulait à raison de 20 à 25 litres à l'heure d'une cuve annexe qui jouxte la cuve principale contenant le cœur. La cuve en question, un gigantesque chaudron de 13 m de haut et 9,5 m de diamètre, est destinée à stocker les éléments combustibles avant le chargement ou après le déchargement d'une partie du cœur. Opération qui s'effectue en moyenne, une fois tous les 14 mois. Les barreaux de combustible irradié qui sortent du cœur restent environ une année dans cette sorte d'antichambre, afin que leur température et leur taux de radioactivité décroissent un peu.

A l'intérieur de cette cuve, un tourniquet appelé "barillet", qui a la taille d'un manège d'enfants, permet de disposer les éléments combustibles (*voir dessin p. 74*) dans des orifices. La cuve contient 700 tonnes de sodium, moins chaud que celui dans lequel baigne le cœur (180 °C au lieu de 500 °C) ; elle est entourée, par précaution, d'une double enceinte en acier, dont elle est séparée par un vide d'une dizaine de centimètres rempli d'azote. C'est là, dans cet espace qui peut contenir jusqu'à 55 t de sodium, que s'est logé le métal fugitif. Les deux cuves gigantesques sont suspendues dans une casemate bétonnée.

C'est en procédant à des mesures de bilan massique du sodium contenu dans le barillet, que l'exploitant s'est rendu compte au début du mois d'avril qu'il manquait 15 à 20 m³ de sodium. D'où l'annonce officielle, qui a d'ailleurs suivi de peu l'annonce officielle aux autorités de sûreté. En évaluant le débit de la fuite, EDF s'aperçoit du même coup que celle-ci a eu la vie belle depuis près d'un mois. On découvre par la même occasion que ce barillet, un système spécifique de Superphénix⁽²⁾, est quasiment inaccessible : il faudra vraisemblablement tout casser pour le réparer. Ce système, qui permet de récupérer plus facilement et plus rapidement le plutonium du cœur, a été supprimé dans les plans du prochain surgénérateur. Tout comme pour Phénix, le premier prototype (250 MWe), les barreaux de plutonium seront d'abord stockés dans la cuve principale en périphérie du cœur.

(suite du texte page 76)

(1) Le terme PWR (Pressurized Water Reactor) a été remplacé en France par REP (réacteur à eau sous pression).

(2) Le prototype Phénix, à Marcoule, est équipé d'un barillet de même type, mais les éléments combustibles séjournent d'abord dans un espace aménagé dans la cuve principale du réacteur, avant de rejoindre le barillet.

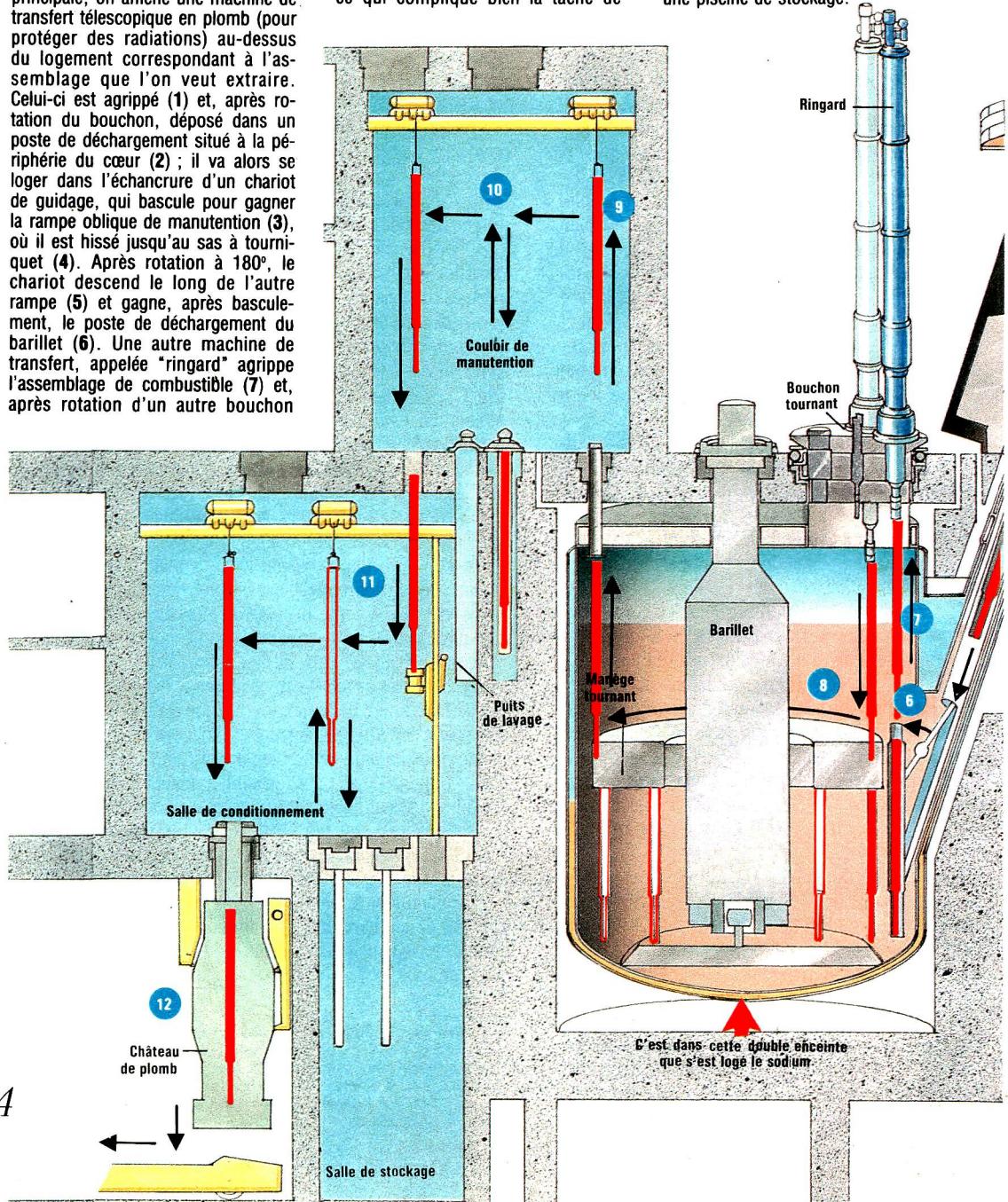
Les 12 étapes du combustible irradié

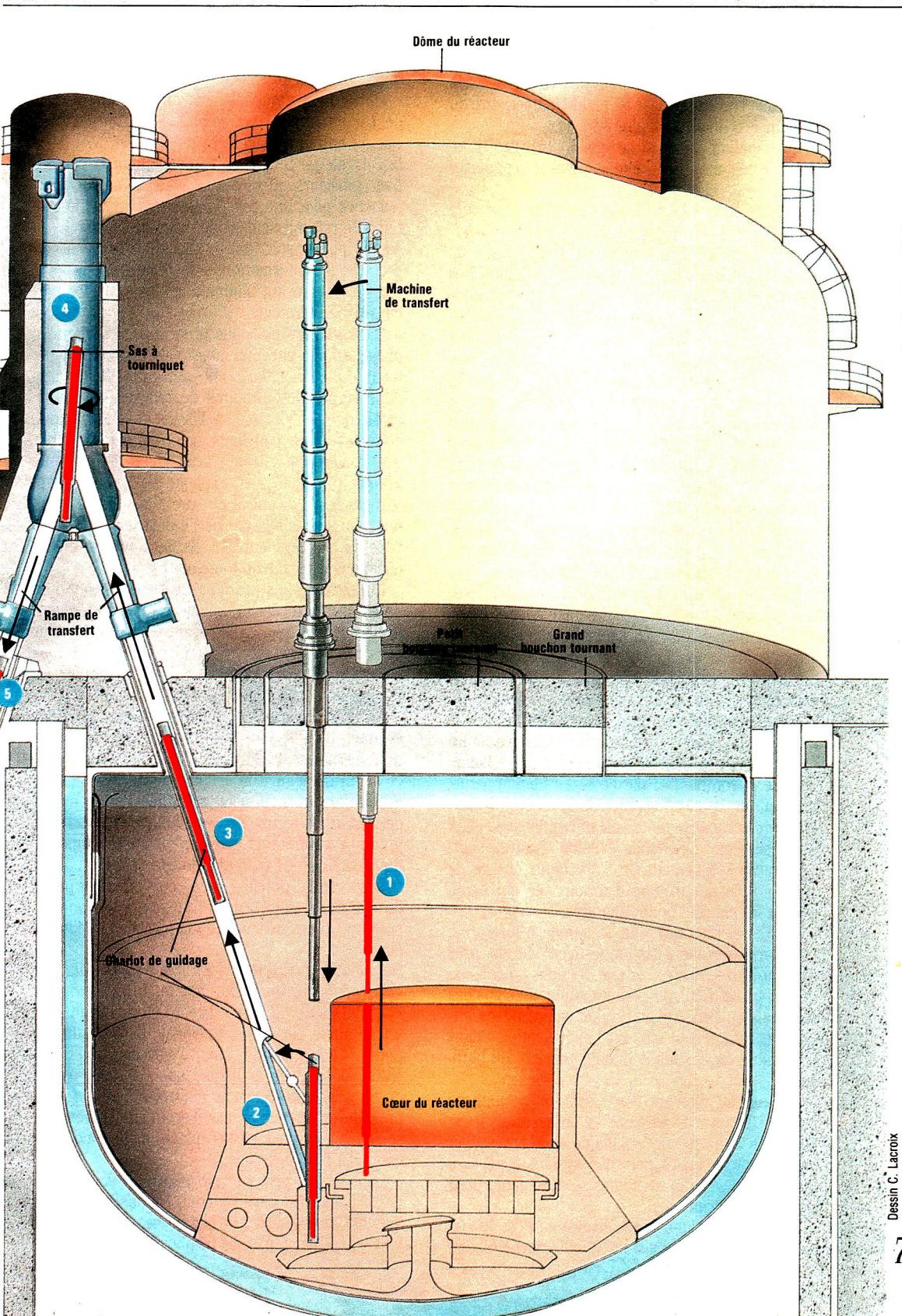
Tous les 14 mois, une partie du combustible du cœur doit être renouvelée. Pour éviter toute perte d'étanchéité du circuit primaire, là où le sodium refroidit le cœur, il faut faire passer les assemblages du combustible par un système de sas, avant de les déposer dans une cuve annexe, le barillet, où ils seront stockés de 1 an à 18 mois afin de refroidir.

Ainsi à l'aide d'un astucieux système de bouchons tournants disposés dans la dalle au-dessus de la cuve principale, on amène une machine de transfert télescopique en plomb (pour protéger des radiations) au-dessus du logement correspondant à l'assemblage que l'on veut extraire. Celui-ci est agrippé (1) et, après rotation du bouchon, déposé dans un poste de déchargement situé à la périphérie du cœur (2) ; il va alors se loger dans l'échancrure d'un chariot de guidage, qui bascule pour gagner la rampe oblique de manutention (3), où il est hissé jusqu'au sas à tourniquet (4). Après rotation à 180°, le chariot descend le long de l'autre rampe (5) et gagne, après basculement, le poste de déchargement du barillet (6). Une autre machine de transfert, appelée "ringard" agrippe l'assemblage de combustible (7) et, après rotation d'un autre bouchon

tournant, le dépose dans un des orifices du manège tournant du barillet (8). Il peut être fiché sur une "chandelle" de la partie supérieure ou, pendu dans une "chaussette" de la partie inférieure. Il y a de la place pour 404 éléments. C'est dans l'espace entre les deux cuves du barillet que s'est répandu le sodium, là justement où se trouvent les 4 bougies de détection de fuite, dont on a ignoré les alarmes. Le trajet du combustible s'arrête aujourd'hui à ce barillet, ce qui complique bien la tâche de

l'exploitant pour sortir les éléments qui y sont enfermés. Mais lorsque l'installation sera totalement terminée, c'est-à-dire vers mi-88, l'élément sera repris par un grappin (9) jusqu'à un couloir de manutention sous azote (le sodium s'enflamme au contact de l'air) (10) où il pourra subir un lavage et être placé dans un étui rempli de sodium. Il gagnera alors une salle de conditionnement (11) avant d'être placé dans un château de plomb (12) et conduit vers une piscine de stockage.





(suite de la page 73)

Finalement l'endoscope, introduit entre les deux cuves, n'arrivera pas à repérer la fuite, qui finit par s'éteindre d'elle-même, autour des 15 ou 16 avril, après que l'on eut abaissé un peu la température du sodium, le rendant ainsi plus visqueux.

Cet incident oblige à se poser plusieurs questions, auxquelles nous allons essayer d'apporter des éléments de réponse.

Première question : *Pourquoi s'est-il écoulé près d'un mois avant qu'EDF signale l'incident ?* En réalité, on aurait dû s'inquiéter bien avant le 3 avril. Dans un réacteur nucléaire, dès qu'un système est défectueux, ou bien des automatismes s'enclenchent, conduisant parfois à l'arrêt d'urgence si la sûreté est en cause, ou bien des voyants lumineux s'allument en salle de commande, afin de donner lieu aux vérifications qui s'imposent. C'est exactement ce qui s'est produit le 8 mars, où les premières alarmes sont apparues en salle de commande. Ces alarmes lumineuses sont reliées à quatre bougies de détection de fuite de sodium qui sont situées sous le barilet, dans l'espace entre les deux cuves. Les deux électrodes de ces bougies, semblables à celles des voitures, sont mises en court-circuit dès qu'un peu de sodium permet le passage du courant électrique.

Mais personne ne s'est vraiment inquiété. Trois des bougies se sont pourtant signalées le 8 mars, et la quatrième le 9. En salle de commande, les voyants lumineux sont simplifiés et regroupent plusieurs informations, afin que la pièce ne ressemble pas à un gigantesque arbre de Noël, impossible à déchiffrer. Aussi, il faut aller vérifier la localisation précise de l'alarme dans l'armoire électrique qui lui correspond. Selon Gilbert Labat, chef de la centrale, « l'alarme serait bien apparue, mais aurait disparu, les voyants lumineux des armoires électriques étant contradictoires avec ceux de la salle de commande ». Selon d'autres sources, internes à la centrale, l'opérateur chargé de vérifier se serait trompé d'armoire, ce qui expliquerait les signaux contradictoires.

Tant et si bien que tout le monde a interprété ces alarmes comme « intempestives » durant près d'un mois. Il faut préciser que déjà des bougies de détection de fuite de sodium s'étaient signalées sans raison, cela s'était produit sur d'autres circuits, et notamment sur des bougies situées dans le puits de cuve, sous la double enceinte du barilet.

Et puis, au moment des essais, en période de rodage, les fausses alertes sont fréquentes ; il est bien rare de passer une semaine sans en essuyer quelques-unes. La plupart des systèmes nécessitent un réglage, afin de ne pas se déclencher pour un oui ou pour un non.

Alors, erreur humaine ? Peut-être, c'est le cas une fois sur trois dans les 150 à 200 incidents qui

se produisent bon an mal an dans les installations nucléaires françaises et conduisent à des procédures d'arrêt d'urgence.

On ne peut s'empêcher de rapprocher cet incident d'un autre beaucoup plus grave, puisqu'il aurait pu entraîner l'accident majeur. En avril 84, à la centrale de Bugey, un cadran lumineux regroupant plusieurs informations était allumé en permanence pour une cause mineure. Lorsque le système de refroidissement du réacteur est tombé en panne, puis à son tour le groupe électrogène de secours, les informations supplémentaires apportées par ce voyant allumé n'ont pas pu être perçues par l'opérateur.

Dans l'affaire qui nous préoccupe, les alarmes, jugées un peu vite « intempestives » les 8 et 9 mars, n'ont donné lieu qu'à une demande de travaux pour vérifier les armoires de relais. Et ce ne serait que le 30 mars, à l'issue de ces travaux, cette fois-ci un peu lents, qu'on se serait aperçu que finalement... tout avait bien fonctionné. « Notre principal grief, explique M. Lavrière, directeur du Service central de sûreté des installations nucléaires au ministère de l'Industrie : nous trouvons qu'à Creys-Malville, ils se sont posé des questions un peu trop longtemps ! »

Il n'est toutefois pas interdit de penser que l'on ait utilisé cette erreur initiale pour faire un peu traîner les choses, en espérant que l'on pourrait passer sans encombre l'anniversaire de Tchernobyl, le 26 avril, période propice à monter en épingle le moindre incident nucléaire.

Au Commissariat à l'énergie atomique, on aurait évoqué, « dans le plus grand secret », un problème de fuite autour du 20 mars. Dans cette hypothèse, ce serait finalement la découverte de l'ampleur de la fuite, début avril, à la suite du bilan de masse de sodium effectué en repérant température et pression à différents niveaux qui aurait empêché de dissimuler les faits plus longtemps. La louable « transparence » prêchée dans cette affaire à partir du 3 avril se serait alors transmutée en opacité noire. Un des mystères de la physique de l'information !

Deuxième question : *Etais-il dangereux de laisser fonctionner le réacteur pendant la fuite ?* Dès le 12 avril, la CFDT réclamait son arrêt, suivie par le Groupement de scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire (GSIEN) ; ce dernier estime que « la technologie de Superphénix n'est pas maîtrisée » et que « les procédures ultimes en cas d'accidents graves non seulement ne sont pas en place, mais encore ne sont qu'à l'étude ».

Dans le cas présent, que pouvait-il se passer ? Le dispositif du barilet, nous l'avons déjà expliqué, est séparé du cœur par un sas (*voir dessin p. 74*). N'ayant pas de combustible à recharger

(suite du texte page 144)

Les étonnantes possibilités de la mémoire

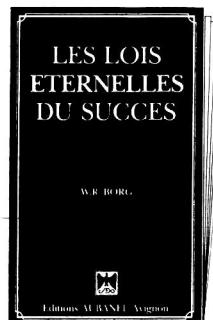
J'étais loin de me douter, en arrivant chez mon ami W.R. Borg, que j'allais être le témoin d'un spectacle vraiment extraordinaire et décupler ma puissance mentale.

Il m'avait fait venir à Stockholm pour parler aux Suédois de Pasteur et de nos grands savants français et, le soir de mon arrivée, après le champagne, la conversation roula naturellement sur les difficultés de la parole en public, sur le grand travail que nous imposent à nous autres conférenciers la nécessité de savoir la perfection le mot à mot de nos discours.

W.R. Borg me dit alors qu'il avait probablement le moyen de m'étonner, moi qui lui avais connu lorsque nous faisions ensemble notre droit à Paris, la plus déplorable mémoire.

Il recula jusqu'au fond de la salle à manger et me pria d'écrire cent nombres de trois chiffres, ceux que je voudrais, en les épelant à haute voix. Lorsque j'eus ainsi rempli de haut en bas la marge d'un vieux journal, W.R. Borg me récita ces cent nombres dans l'ordre dans lequel je les avais écrits, puis en sens contraire, c'est-à-dire en commençant par les derniers. Il me laissa aussi l'interroger sur la position respective de ces différents nombres : je lui demandais par exemple quel était le 24^e, le 72^e, le 38^e, et je le vis répondre à toutes mes questions sans hésitation, sans effort, instantanément, comme si les chiffres que j'avais écrits sur le papier étaient aussi inscrits dans son cerveau.

Je demeurai stupéfait par un pareil tour de force et je cherchai vainement l'artifice qui avait permis de le réaliser. Mon ami me dit alors : "Ce que tu as vu et qui te semble extraordinaire est en réalité fort simple : tout



le monde possède assez de mémoire pour en faire autant, mais rares sont les personnes qui savent se servir de cette merveilleuse faculté".

Il m'indiqua alors le moyen d'accomplir le même tour de force et j'y parvins aussitôt, sans erreur, sans effort, comme vous y parviendrez vous-même demain.

Mais je ne me bornai pas à ces expériences amusantes et j'appliquai les principes qui m'avaient été appris à mes occupations de chaque jour. Je pus ainsi retenir avec une incroyable facilité mes lectures, les conférences que j'entendais et celles que je devais prononcer, le nom des personnes que je rencontrais, ne fut-ce qu'une fois, les adresses qu'elles me donnaient et mille autres choses qui me sont d'une grande utilité. Enfin je constatai au bout de peu de temps que non seulement ma mémoire avait progressé, mais que j'avais acquis une attention plus soutenue, un jugement plus sûr, ce qui n'a rien d'étonnant puisque la pénétration de notre intelligence dépend surtout du nombre et de l'étendue de nos souvenirs.

Si vous voulez savoir comment obtenir les mêmes résultats et acquérir cette puissance mentale qui est notre meilleure chance de réussir dans la vie, découvrez donc cet intéressant petit ouvrage d'introduction à la Méthode W.R. Borg : "Les Lois Eternelles du Succès". Ecrivez simplement à l'éditeur qui, spécialiste des meilleures méthodes de psychologie pratique, l'envoie gratuitement à quiconque désire améliorer sa mémoire.

L'adresse ?... Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 986 - 6, place St-Pierre, 84057 Avignon Cedex.

E. Barsan

BON GRATUIT

A remplir en lettres majuscules en donnant votre adresse permanente et à retourner à : Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 986 - 6, place Saint-Pierre, 84057 Avignon Cedex, France, pour recevoir sans engagement de votre part et sous pli fermé "Les Lois Eternelles du Succès".

Nom _____ Prénom _____

N^o _____ Rue _____

C.P. _____ Ville _____

Age _____ Profession _____

Aucun démarcheur ne vous rendra visite

LA FAILLITE PAR L'ENARQUE EFFENDI

diplômés peut aussi être désastreuse. Les démonstrations sont frappantes, et les conclusions devraient intéresser plus d'un chef d'entreprise.

Pour paralyser, puis ruiner un pays, rien de tel que la prolifération des mandarins. C'est le thème explosif qu'illustrent, avec des preuves sans appel — et une plume acerbe — Yves Lecerf, professeur à Paris VIII, et Edouard Parker, directeur d'un institut d'analyses prospectives et de conseil aux entreprises : *Les dictatures des intelligentsias* (1). Lecerf et Parker n'utilisent pas le terme "mandarin", mais celui d'"effendi", emprunté à l'arabe égyptien, et désignant tout à la fois l'intellectuel, le mandarin et le technocrate. Pour la France, ils y incluent sans charité les énarques "et assimilés".

Caractéristiques de l'effendi : il n'a pas de critère de productivité, il est irresponsable, car il ne supporte pas de sanctions pour un compte d'exploitation (comme le confirment, en France, les rapports annuels de la Cour des Comptes), il manœuvre toujours en situation de complot, eu égard à ses fidélités tribales (grandes écoles, partis, associations), et il est envahissant. L'une de ses activités essentielles consiste à recruter d'autres effendis « pour combler le vide qu'il ne peut occuper ».

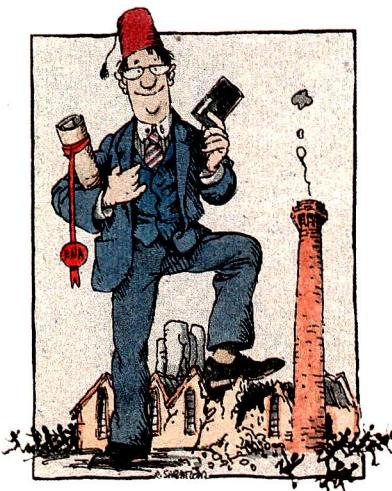
Voilà pour la définition. Ajoutons que l'effendi est un type international ; il prolifère, voire pullule en Union soviétique comme au Chili, et au Soudan comme en France. Lecerf et Parker, qui voyagent beaucoup, illustrent leur thèse de deux exemples qu'ils connaissent bien, l'Argentine et le Soudan. La France est évidemment présente à toutes les pages de leur livre.

Argentine : 25 millions d'habitants, des richesses minières, du pétrole, du gaz, une forte production hydroélectrique, une sidérurgie active, une industrie textile et

alimentaire prospère, d'énormes richesses agricoles, 60 millions de bovins, 40 millions d'ovins — bref, la richesse. Et une crise financière de plus en plus grave ; le pays est perpétuellement "en service de réanimation". Cause : les trois quarts de la population sont composés de médecins, d'avocats, d'ingénieurs, de diplômés de toutes sortes. C'est-à-dire une élite de masse et de niveau au moins égal à celui des grands pays industriels, mais des pays dont la population est quintuple ou décuple de celle de l'Argentine...

Constat : les effendis argentins veulent des salaires égaux à ceux de leurs homologues européens ou américains. Ce qui entraîne une inflation de très loin supérieure aux potentiels du Produit intérieur brut. Le secteur public pèse d'"un poids écrasant" sur le budget de la nation.

Soudan : le cas est complètement différent ; 18 millions d'habitants, cinq fois la superficie de la France, un potentiel agricole tellement énorme que le pays est appelé "le grenier de l'Afrique". La variété de climats permet d'y cultiver n'importe quoi, le pays est irrigué par les deux Nils (mais n'utilise que la moitié du quota d'eau qui lui est alloué par ses accords avec l'Egypte), et l'élevage est prospère. Pour développer tout cela, il faut des capitaux. En 1975, les pays arabes y investissent 6 milliards de dollars pour le développement de l'agriculture. Le monde entier dépêche ses meilleurs experts : engineering japonais ou yougoslave, agronomes canadiens et français, distributeurs internationaux. Résultat : la surface plantée de coton a diminué d'un quart et la production de coton de 40 % ; la productivité a baissé de 30 %, l'exportation de coton a diminué de 50 %. Le pays, producteur de sucre, se met à en importer, et toutes les autres produc-



tions agricoles sont en baisse.

Explication : là, ce n'est pas l'excès démographique d'effendis, comme en Argentine, qui est en cause, mais une gestion étatique dévorante. 80 % des ingénieurs agronomes sont installés dans la capitale, Khartoum, au lieu d'être sur place ; ils gèrent mal, paient les producteurs locaux avec retard, ce qui décourage ceux-ci ; ils se sont lancés dans des dépenses somptuaires déraisonnables, n'ont pas su organiser les installations nouvelles et sont, bien évidemment, devenus pléthoriques. Socialement inefficaces, techniquement en échec, ils essaient l'une après l'autre les formules-miracle à la mode dans le Tiers-Monde sans mettre toutefois la main à la pâte. Ils veulent aussi garder le contrôle total des opérations du pays « tout en étant à l'origine de sa banqueroute ».

Balayons devant notre porte : selon nos deux auteurs, en France aussi les "effendis" se rendent coupables de ce que l'on peut appeler "un détournement d'Etat". « Pour citer un cas remarquable dans la période d'avant 1981, écrivent-ils, on rappellera que la décision de commencer à fabriquer du plutonium à Marcoule (dans les piles à double fin (plutonigène et énergétique) a été prise par une minuscule poignée d'hommes, engageant la France dans ce qui devait devenir ensuite un très vaste programme nucléaire militaire (à tort ou à raison, c'est une autre question), cela sans aucun contrôle démocratique, les votes sur ces questions étant venus beaucoup plus tard. » Et Lecerf et Parker ajoutent : « C'est presque une constante des régimes à Effendia dirigiste forte que bien des décisions y échappent au contrôle démocratique, cela sous couvert, bien évidemment, d'argumentations "économiques" ou d'"intérêt général". »

Nous avons plus d'une fois dénoncé les détournements de pouvoir de ce genre et les confiscations d'informations d'intérêt public. Témoins, les cas récents du vaccin Tétracoq et des retombées radioactives de Tchernobyl. Car l'effendi est jaloux de ses informations. Il a sans doute peur de les user en s'en servant !

Une telle mise à sac du système des effendis, qu'on appelait autrefois aussi mandarinal, ne prend le plus de valeur que lorsqu'elle est assortie de propositions. Et que proposent Lecerf et Parker ? Certes pas des actions dans le genre de la Révolution culturelle chinoise, qui fit faire au pays le "Grand Bond en Arrière" que l'on sait, et encore moins un génocide d'intellectuels comme en perpétrèrent les Khmers rouges au Cambodge (eux aussi, dit-on, étaient exaspérés par l'inefficacité des mandarins). Ils citent d'ailleurs ces grands exemples désastreux comme garde-fou d'une réaction aberrante.

Ce qu'ils demandent est l'abandon des idéologies qui ne servent qu'à crisper les effendis sur des positions sectaires, irréalistes, théorique-

ment dictées par la raison, mais étrangères au bon sens, qui est le sens des réalités. Les idéologies ne servent le plus souvent qu'à organiser une dérive du langage, comme l'a partiellement indiqué Bourdieu dans *Ce que parler veut dire*. Responsabiliser les mandarins en fonction de critères déterminés est l'une des mesures clef qu'ils proposent. En quelque sorte, et comme dans les tyrannies antiques, un ministre, de l'Industrie ou des PTT, serait personnellement responsable de sa gestion. Se garder des formules-miracle, comme en proposent en France (et ailleurs) tant d'idéologues. Devant une situation de crise, écrivent Lecerf et Parker, l'effendi est saisi d'une danse de Saint-Guy au cours de laquelle il procède à des incantations magiques — "Y'a qu'à" — et, investi du pouvoir, il se met en demeure de les appliquer.

Formules creuses, inefficaces, car « les procédures collectives de travail » (que Parker et Lecerf appellent « logiciels ») évoluent lentement et sont « très difficiles à modifier ». Il y a, disent-ils aussi, se référant à leur discipline de base, l'ethnométhodologie, « une "matérialité" et une "rareté" des tours de métier utilisables pour gouverner un pays ». Autrement dit, mieux vaut faire confiance aux gens qui ont fait leurs preuves, et aux méthodes éprouvées.

L'ethnométhodologie, disons-le en passant, enseigne en fait les structures de l'action pratique (entre autres définitions). Elle consiste à établir, avant d'engager un projet, qui fera quoi et combien cela coûtera. Ce qui n'a pas toujours été le fort des effendis. Finalement, cette discipline est aussi le recours à ce que l'on appelait autrefois, tout simplement, "le talent".

« Dans un pays, écrivait Lyautey, où le baccalauréat, l'examen, la catégorisation sont dans le sang, une direction aussi cérébrale ne peut que nous verser plus encore dans le mandarinat, ce qui est la plus sûre forme de décadence. » La citation est présente dans la préface du livre.

Nos deux auteurs ne proposent pas de réformer l'enseignement, mais seulement son esprit, afin d'inciter les futurs diplômés à admettre que le diplôme ne représentera pas un brevet d'acquisition à un rang social privilégié, mais une incitation à démontrer ce que l'on peut et sait faire. L'on évoque beaucoup, ces temps-ci, l'autonomie des universités et la gratuité de l'enseignement. Fort bien, disent Lecerf et Parker, que l'on aille donc jusqu'au bout des idées et que l'on charge, par exemple, les étudiants d'assurer eux-mêmes l'entretien des locaux, qui représente l'un des postes de dépenses les plus élevés. Qu'ils apprennent à balayer, laver, peindre, faire de la menuiserie, de l'électricité et de la plomberie pour entretenir leur instrument de travail...

Gerald Messadié

PREMIER LÂCHER DE BACTÉRIES MANIPULÉES

Un champ de fraisiers vient d'être traité avec des bactéries manipulées. Est-ce la première défaite des écologistes devant leurs nouveaux ennemis, les généticiens ? Ou une victoire de l'écologie contre sa vieille ennemie, la chimie ?

Le 24 avril dernier, à 6 heures 30, sous l'œil attentif des contrôleurs de l'Environmental Protection Agency (EPA), les chercheurs d'une société américaine de génie génétique, AGS (1), ont épandu sur 800 m² de fraisiers un produit appelé "Frostban", à base de bactéries manipulées. C'est la première fois qu'une telle production est appliquée sur des plantes à l'air libre. D'ailleurs, l'autorisation s'est fait attendre quatre ans...

Pourtant l'innocuité des bactéries mutantes constituant la matière active du produit avait déjà été établie. En effet, la société AGS qui exploite le produit n'a fait qu'acheter — et améliorer — un procédé mis au point par des chercheurs de l'université de Californie, à Berkeley. C'est là, dans le département de pathologie des plantes, que le Dr Steven Lindow avait mis en évidence en 1974 la responsabilité des bactéries *Pseudomonas syringae* et *Pseudomonas fluorescens* dans le gel printanier de diverses cultures (agrumes, légumes, arbres fruitiers...).

Ces *Pseudomonas* vivent à la surface des plantes et pénètrent sous l'épiderme des feuilles ou des fleurs à la faveur d'une lésion. Leur présence dans les cellules provoque le gel de la plante à des températures de -1, -2 °C, normalement inoffensives. Le Dr Lindow avait identifié plus précisément le responsable de ce gel prématûr : un gène qui commande la formation d'une protéine à la surface de la bactérie.

Cette protéine catalyse dès -1 °C la formation de noyaux de glace et la cristallisation en masse de l'eau des cellules végétales (2). Mais nul n'imaginait les tempêtes que ces résultats allaient soulever. La première tâche à laquelle s'étaient attelés les chercheurs fut de créer des mutants délestés de ce gène donc incapables d'initier la formation de glace.

Dès qu'ils y parvinrent, ils demandèrent aux autorités compétentes la permission d'essayer leurs mutants sur une parcelle de pommes de terre. L'expérimentation dans des conditions naturelles est en effet le seul moyen de vérifier que les mutants disséminés sur les organes aériens des plantes prennent le pas sur les bactéries sauvages, préservant ainsi les plantes du gel à des températures pouvant descendre jusqu'à -6, -7°C. A cette aube des applications du génie génétique, l'autorité compétente était un comité d'experts du National Institute of Health (NIH), le Recombinant DNA Advisory Committee (RAC). L'agrément fut accordé en 1983, mais aussitôt suspendu face à la vague de protestations émises par les opposants aux lâchers d'organismes génétiquement manipulés. En tête des détracteurs, la Foundation on Economic Trends créée par Jeremy Rifkin. Ce juriste émérite dénonça des vices de forme du protocole d'expérimentation en cours (aujourd'hui, il traduit en justice toute l'administration Reagan pour les textes de juin 1986 réglementant les bio-

LES GARDE-FOUS OFFICIELS

En France, les demandes d'autorisation de disséminer dans l'environnement des organismes modifiés par manipulation génétique ne vont pas tarder. La phase d'expérimentation préalable à l'homologation, relève de la loi générale sur les "installations classées" (juillet 1976), qui fixe les règles de sécurité des activités susceptibles de nuire à l'environnement. Le ministère de l'Environnement prévoit d'instituer une commission spécialisée avant la fin de l'Année européenne de l'Environnement (mars 1988). Le ministère de l'Agriculture a été plus prompt (il faut dire que les intérêts en jeu sont énormes) en inaugurant une Commission du génie biomoléculaire, le 3 février 1987. Composée de quinze membres, elle évalue les risques pour les produits qui relèvent de sa juridiction (semences, produits phytosanitaires, médicaments vétérinaires, aliments, additifs, etc.) et remet son avis aux commissions chargées de l'homologation. Elle engage également, sur demande, des expertises strictement confidentielles, évaluant — et accompagnant — les projets de développement industriel de ce type de produits. L'INRA a créé une structure interne d'évaluation des risques liés à ses propres recherches : la Commission "Génie génétique et environnement".

technologies américaines). Les choses ont lentement mûri ; AGS a effectué plus de 200 tests précisant les caractéristiques de Frostban (toxicité, diffusion dans l'environnement, etc.) et les résultats ont été évalués par sept organismes officiels.

De permissions en suspensions d'autorisation, d'agrément en condamnations pour expérimentation illégale, du renvoi d'une instance officielle à l'autre, l'application a donc "enfin" vu le jour. En toute légalité mais non sans impunité ; moins de 24 heures après le jugement de la Cour supérieure de Californie rejetant les plaintes des opposants et donnant le feu vert à l'expérimentation, les 2 500 plants de fraisiers de la parcelle d'AGS étaient déterrés, l'acte de vandalisme ayant été revendiqué par un groupe écologique "Earth First". Les universitaires de Berkeley mènent parallèlement leurs premiers essais en champ, sur pommes de terre.

Ainsi se solde la première bataille opposant partisans et adversaires du lâcher dans l'environnement d'organismes recombinés. Le rédacteur en chef de la revue *Science* s'inquiétait dans l'un de ses éditoriaux⁽³⁾ des conséquences de telles tergiversations juridiques (et non scientifiques) sur la compétitivité américaine. "De tous les organismes que les scientifiques projettent de lâcher dans l'environnement, ces bactéries sont probablement parmi les inoffensives" écrit-il. "Elles existent déjà dans la nature sous une forme légèrement différente, et la forme naturelle ne prend pas le dessus sur d'autres espèces. La manipulation génétique a pour effet la suppression d'une protéine, et non l'apport d'une protéine étrangère. Dans les interminables sursis légaux, pas un seul fait scientifique sérieux n'a été ajouté au dossier initial présenté au comité du NIH". Et de conclure avec amertume : "Ces délais litigieux ne peuvent que conduire les industries scientifiques à s'implanter dans des pays plus tournés vers l'avenir. Les risques partiront, mais les emplois avec. »

Les bactéries anti-gel entrent dans la catégorie des produits phytosanitaires d'origine vivante, les "biopesticides". Ceux-ci se limitaient auparavant aux seuls organismes naturels. Mais le génie génétique élargit à l'infini leur gamme. L'exemple de *Ba-*



Moment historique : la première vaporisation en plein air de bactéries manipulées. Tout en reconnaissant leur innocuité, l'administration a exigé provisoirement le port de cette tenue !

cillus thuringiensis est significatif. Cette bactérie sécrète une protéine毒ique pour le système intestinal des insectes, les larves de lépidoptères en particulier. Le gène de cette toxine est aujourd'hui l'un des plus manipulés. Les chercheurs le transfèrent soit dans le génome des plantes elles-mêmes (tabac, coton...), soit dans celui de bactéries. Pour Crop Genetics, il s'agit de bactéries qui colonisent le système vasculaire des plantes et pourront ainsi les armer de l'intérieur. Pour la société Monsanto, il s'agit de bactéries du sol abondantes autour des racines de maïs qui seraient ainsi protégées contre la boulimie des larves de taupin (vers jaunes filiformes).

Le problème majeur, dans le sol, est la compétition avec les autres micro-organismes. Ainsi les *Rhizobium* sont des bactéries qui nichent dans de minuscules loges, les nodules, sur les racines des légumineuses (pois, luzerne, soja...). Ils fixent l'azote de l'air et le transforment en substances assimilables par la plante avec laquelle ils vivent en symbiose. Chaque espèce végétale "nodule" avec un *Rhizobium* spécifique. Les chercheurs d'une société américaine, Biotechnica, ont manipulé les gènes de souches sauvages de *Rhizobium meliloti* (*Rhizobium* de la luzerne) afin qu'elles fixent plus d'azote : les essais augmentent le rendement de la luzerne de 15% ! Reste à voir si les souches manipulées domineront dans le sol... Plusieurs stratégies sont expérimentées pour favoriser leur implantation.

Autre préalable indispensable à toute expérimentation dans le sol de bactéries manipulées : connaître la nature et la fréquence des échanges de matériel génétique entre elles. Ces données, connues chez les bactéries digestives, *Escherichia coli*, font cruellement défaut pour les bactéries du sol. A l'INRA⁽⁴⁾ de Dijon, des chercheurs l'étudient sur des *Rhizobium* du pois, identifiés par des gènes marqueurs (gènes de résistance à des antibiotiques). En France, ces *Rhizobium* seront sans doute les premières bactéries manipulées, candidates au relargage en plein champ.

Marie-Laure Moinet

(1) Advanced Genetic Sciences, à Oakland (Californie).

(2) *Science & Vie* en fit le premier écho dans le presse française, en février 1983, n° 785 p. 69 : "Une bactérie responsable du gel".

(3) *Science*, 15 mai 1987.

(4) L'Institut national de la recherche agronomique.

LE CÂBLE OPTIQUE TRAVERSE L'ATLANTIQUE

communications simultanées en 1991 et déjà la moitié dès l'année prochaine.

La lumière va remplacer l'électricité pour les liaisons téléphoniques transatlantiques. Elle transmettra quelque 80 000

C'est le 30 juin 1988 que le premier câble transatlantique en fibre optique, le TAT-8 (Transatlantic Transmission) entrera en service entre les Etats-Unis, le Royaume-Uni et la France pour les transmissions téléphoniques et vidéo. L'accord d'installation de cet équipement signé en 1984 entre 29 sociétés américaines et européennes, prévoit que ce câble pourra assurer 37 800 communications téléphoniques simultanées. Soit le double du nombre de communications que l'Europe et l'Amérique échangent aujourd'hui à chaque instant. Le TAT-8 aura aussi une capacité quatre fois supérieure au TAT-7, le câble transatlantique en cuivre, installé il y a 4 ans entre le continent nord-américain et le Royaume-Uni.

La ligne mesurera 3 607 milles marins (6 680 kilomètres) de long. L'installation a commencé l'année dernière à Tuckerton, une agglomération située à 200 kilomètres au sud de Philadelphie, dans le New-Jersey. C'est la compagnie américaine AT & T (American Telephone and Telegraph) qui posera la plus grande partie de la ligne, soit 5 855 kilomètres. Le coût de l'opération est estimé à 250 millions de dollars. La société britannique Standard Telephones and Cables posera les 520 derniers kilomètres jusqu'à la ville de Widemouth en Cornouailles. STC devra dépenser 52 millions de dollars pour cette portion. Du côté français enfin, CIT Alcatel et Les Câbles de Lyon installeront, pour 33 millions de dollars, les 310 kilomètres de câbles restants, de l'embranchement jusqu'à Penmarch, en Bretagne. AT & T sera chargée de coordonner la compatibilité des trois systèmes dont la durée de vie sera de 25 ans.

On s'en doute, le TAT-8 ne transmettra pas uniquement des appels téléphoniques. Il permettra également d'envoyer un nombre équivalent de signaux télévisés et des données.

Techniquement, le TAT-8 est constitué de deux paires de fibres optiques qui fonctionnent sous l'impulsion d'un rayon laser de 1,3 micromètre de diamètre. Ce dernier opère à 296 mégabits par seconde. Avec un tel système, il faut seulement une douzaine de secondes pour transmettre la totalité des

10 volumes du dictionnaire encyclopédique Larousse. D'autre part, seront installés tout le long de la ligne des "réénérateurs" c'est-à-dire des appareils qui reprennent le signal initial pour l'amplifier à nouveau afin d'éviter toute déperdition. Il y en aura un tous les 57 kilomètres et demi. En fin de ligne, des détecteurs de photons, les corpuscules de la lumière, transformeront les impulsions lumineuses en impulsions électriques qui, à leur tour, seront converties en signaux téléphoniques (ou vidéo) conventionnels.

L'aventure de cette technologie n'est pas nouvelle. Le premier câble transatlantique date de 1858, année où fut installée une ligne télégraphique entre Terre-Neuve et l'Irlande. Mais jusqu'en 1956, la transmission des appels téléphoniques se faisait par radio. Il y a 21 ans fut installé le TAT-1, le premier câble transatlantique d'une capacité de 52 conversations téléphoniques simultanées. Reliant les Etats-Unis à l'Ecosse, il avait coûté près de 50 millions de dollars. Depuis, le nombre de câbles n'a cessé de s'accroître.

L'idée de transmissions optiques date de 1880 : le physicien américain Alexander Graham Bell, mettait alors au point son "Photophone", un appareil qui permettait la transmission de la voix grâce aux rayons du soleil. On le voit tout de suite : le système de Bell ne pouvait fonctionner que par beau temps. Il fallut attendre l'invention du laser, dans les années 1960, pour que la communication par radiations lumineuses devienne une réalité.

Les ingénieurs ont dû relever un autre défi, celui du moyen de transmission. La voie des airs étant rejetée en raison des énormes déperditions de son dues aux intempéries, en 1970 une société américaine, Corning Glass Works, démontre que la fibre optique est le support idéal. A la même époque, AT & T met au point de minuscules lasers capables d'émettre des impulsions lumineuses extrêmement compactes et, en 1977, AT & T installe le premier système de transmission de données par la lumière à Chicago. Aujourd'hui, la lumière permet d'envoyer des signaux aux quatre coins de la Terre.

Les fibres optiques ont plusieurs avantages : les systèmes de transmissions conventionnels par câble de cuivre obligent les ingénieurs à installer des relais électriques, des régénérateurs de signaux, tous les kilomètres et demi. Avec la fibre optique, nous avons vu qu'il suffit d'en mettre un tous les 50 kilomètres environ.

Enfin, pour l'usager : étant donné que la fibre optique ne conduit pas d'électricité, elle n'est pas sujette aux interférences électrostatiques qui réduisent la qualité des transmissions. Actuellement, de ce fait, les câbles sous-marins sont souvent saturés et engendrent un bruit de fond. Par ailleurs, les liaisons satellites, qui transmettent 60 % des communications transatlantiques, produisent un écho sonore, pouvant durer une demi-seconde, qui gêne les conversations. Les causes sont inhérentes au système : en effet le signal doit être renvoyé vers un satellite géostationnaire en orbite à 36 000 kilomètres au-dessus de la Terre, avant d'être envoyé en direction du sol. La fibre optique, elle, est exempte de ces inconvénients. L'information est transportée sur les rayons lumineux insensibles aux interférences électroniques. Elle a aussi l'intérêt d'être difficile à mettre sur table d'écoute : les banques, les ambassades et les autres institutions qui détiennent des informations confidentielles, peuvent ainsi les envoyer en toute sécurité. L'utilisateur n'y voit donc que des avantages. Surtout qu'avec un nombre accru de liaisons téléphoniques, le prix des communications internationales devrait baisser, en tout cas du côté nord-américain.

Mais toute médaille a son revers. Les sociétés propriétaires de satellites n'entendent pas être battues et se jurent d'engager une guerre commerciale contre la fibre optique. Il est vrai que chez les Américains plusieurs faits expliquent cette attitude. En 1985, le président Reagan libéralise l'accès au métier de "transporteur international". Il autorise ainsi les sociétés américaines à concurrencer Intelsat qui exploite depuis 1964 les liaisons par satellites. D'où une rivalité sans égal entre non seulement les sociétés détentrices de satellites mais également entre ces dernières et leurs adversaires de la fibre optique. Et les sociétés américaines de satellites répètent à qui veut l'entendre que « le satellite n'est pas encore mort ». Leur argumentation se résume en un point : la fragilité du système câblé.

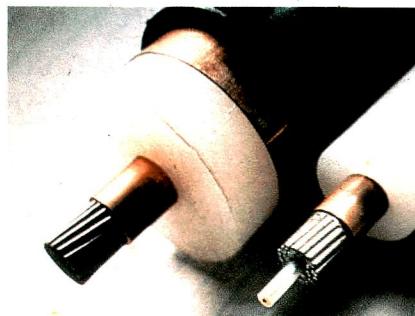
En effet, il peut arriver que la fibre optique se rompe. Lorsqu'une rupture intervient, il faut environ 6 mois pour la localiser et la réparer. L'année dernière, AT & T a été stupéfaite de découvrir que les câbles optiques émettent un signal électrique qui attire... certains requins. Et plus d'une fois ils ont mordu dans le conduit, le rendant inutilisable. Les ingénieurs d'AT & T entourent désormais le câble d'une gaine plus résistante. Autre problème : de par sa fragilité, le câble optique doit être posé sur le fond de l'océan avec précision et délicatesse. Du côté américain, les 1 830 premiers kilomètres seront cruciaux car le plateau continental à cet endroit est particulièrement difficile et peu stable. Le câble sera donc enterré au moyen d'un robot, dans une tranchée de 60 centimètres de profondeur. Pour le reste du parcours, le robot creusera un conduit dans lequel sera logé le câble. Puis il le refermera par projection de sable en utilisant des jets puissants d'eau de mer. En moyenne, la pose se fera à la vitesse de 10 kilomètres à l'heure. La première partie de la ligne sera installée par un navire canadien spécialisé. Elle devrait être terminée à l'automne prochain. Puis le câblier américain "Long lines", qui a déjà posé l'équivalent de deux fois le tour de la Terre en câbles, assurera la relève.

Un autre câble transatlantique, TAT-9, sera mis en service en 1991. Il coûtera la bagatelle de 400 millions de dollars et il sera l'œuvre de plusieurs sociétés nord-américaines et européennes : AT & T, pour les Etats-Unis ; Teleglobe, pour le Canada ; British Telecommunication Internationale ; Telefonica, pour l'Espagne et les PTT français. L'accord de principe a été signé à Paris le 22 mai 1986 et il doit maintenant être approuvé par les gouvernements intéressés. La capacité de TAT-9 sera double de celle de TAT-8. L'utilisation de lasers d'1,55 micromètre donnera au système une efficacité plus grande tant du point de vue quantitatif que qualitatif.

Avant cela, au 31 décembre 1988, il est prévu de mettre en service, dans l'océan Pacifique, 16 000 kilomètres de fibres optiques pour relier la Californie, Hawaï, Guam, les Philippines et le Japon. L'ensemble reviendra à 600 millions de dollars.

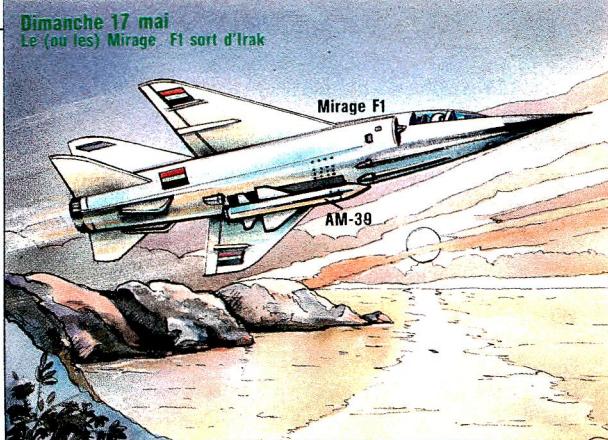
Lorsque tout cela sera terminé, passer un coup de fil de l'autre côté du globe sera aussi simple qu'appeler le 22 à Asnières !

Jean-Marc Pascal



Trois fois moins lourd et deux fois plus mince que le câble en cuivre TAT-7 (à gauche), le nouveau câble optique TAT-8 (à droite) disposera cependant d'une capacité quatre fois supérieure.

US NAVY : LE DÉFAUT DE LA CUIRASSE



La destruction de la frégate américaine Stark par un missile Exocet irakien a confirmé que, dans la guerre navale, l'épée a aujourd'hui nettement l'avantage sur le bouclier. Mais les conditions dans lesquelles l'attaque s'est déroulée restent encore mystérieuses parce que les informations officielles sont contradictoires.

Quand Mathias Rust s'est posé sans problème avec son Cessna sur la place Rouge, on a dit que la surveillance radar soviétique était un filet percé. Quand la frégate américaine *Stark* a été sérieusement avariée par un missile irakien, on a montré du doigt le commandant du navire, coupable de somnolence ou, pire, d'indécision. Bref, on a tout dit sur le caractère exceptionnel de ces deux aventures, sauf qu'elles seraient banales en temps de guerre...

Parce qu'on a beau posséder la plus formidable défense antiaérienne du monde, un avion qui vole en dessous de 300 pieds, c'est-à-dire à 100 mètres d'altitude, n'est guère détectable autrement qu'à vue ; à moins qu'il y ait un avion-radar au voisinage et sauf à passer au-dessus d'une base aérienne. Voilà ce qu'a montré le périple du jeune pilote allemand.

Parce qu'on a beau tirer les leçons de la guerre des Malouines, donc suréquiper les navires en défense anti-missiles, un Exocet qui file à 1 000 km/h et à quelques mètres au-dessus de l'eau est très difficile à atteindre, parce qu'il ne laisse en général qu'un préavis d'une dizaine de secondes. Voilà ce qu'a rappelé le drame du *Stark*.

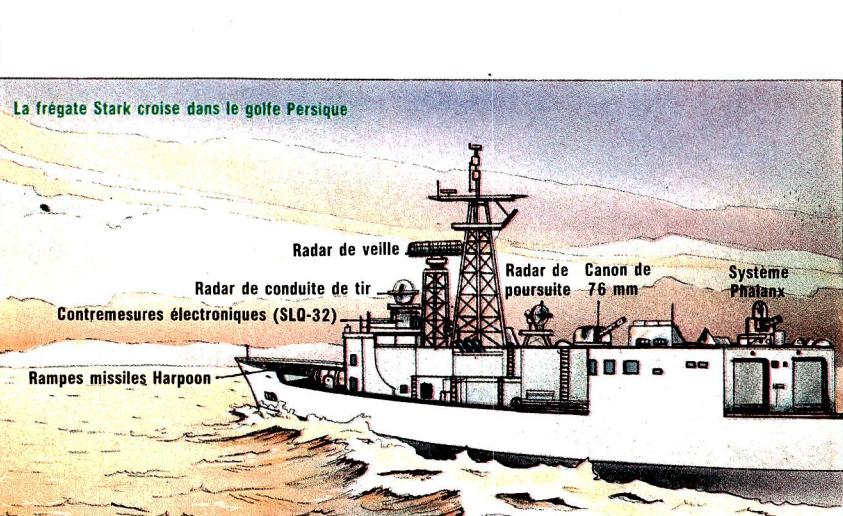
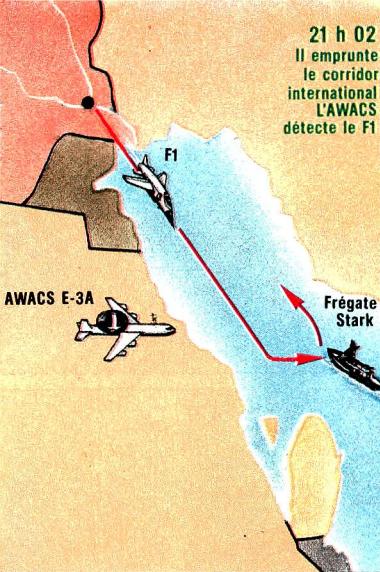
S'il n'y avait pas eu 37 morts dans le golfe Persique, on aurait même pu être rassuré par ces deux événements, qui ont généralement été mal interprétés par la presse et par l'opinion ; rassuré

parce qu'après tout ils sont la preuve des failles dans des systèmes qu'on nous présente si souvent comme infaillibles. La démonstration que, si la préparation d'une bataille relève d'une science exacte comme l'astronomie, son déroulement relève plutôt du hasard comme l'astrologie. Et que c'est précisément dans cette imprécision, dans cette incertitude, que réside la vertu de la dissuasion.

Mais au-delà de ces considérations générales, l'une de ces deux affaires semble encore bien mystérieuse : selon le Pentagone, la frégate *Stark* aurait été touchée par deux missiles, dont l'un, un Exocet, n'aurait pas explosé ; la charge explosive de ce missile aurait été transportée intacte sur le navire amiral des forces du Moyen-Orient, l'*USS-La Salle*.

Toujours selon le Pentagone, l'attaque contre le navire américain semble n'avoir été menée que par un seul Mirage F1 irakien qui aurait tiré ses missiles à une vingtaine de kilomètres de sa cible. A cette distance, la panoplie de cet appareil ne lui permet pas de tirer autre chose qu'un Exocet ; or le Mirage F1 ne transporte qu'un missile de ce type, normalement situé sous le fuselage.

On peut bricoler l'avion pour qu'il puisse transporter deux missiles sous ses ailes. Il y a quelques années, l'Aérospatiale avait proposé au Qatar une version F1 à l'Exocet ; cet émirat avait refusé, mais rien n'interdit de penser que d'autres pays ont



accepté. De source française, on affirme que les Mirage dont dispose l'Irak n'ont pas été modifiés.

Alors que s'est-il passé ? Y avait-il un ou deux Mirage ? Deux missiles ont-ils vraiment été tirés ? Et s'il n'y en avait qu'un, pourquoi les Américains affirment-ils avoir récupéré une charge qui n'a pas explosé ? Pour le savoir, reprenons la chronologie de l'attaque telle qu'on la connaît à travers les déclarations officielles.

Dimanche 17 mai 1987. Le jour décline sur le golfe Persique, quand un Mirage F1 de l'aviation irakienne décolle de sa base près de Basra. C'est un bon appareil de combat, équipé d'un radar Cyrano aux performances correctes (il peut détecter des bâtiments jusqu'à 70 ou 80 km). Son armement comprend, entre autres, deux canons de 30 mm, deux missiles air-air Super 530 fabriqués par Matra, et surtout un missile anti-navire AM-39 fabriqué comme les précédents par l'Aérospatiale. C'est un missile identique qui avait détruit le destroyer britannique *Sheffield* pendant la guerre des Malouines.

Au même moment, un Boeing Awacs commandé par un équipage américano-saoudien tourne paresseusement dans le ciel de l'Arabie saoudite. C'est l'avion-radar le plus avancé du monde, il est en mission normale de surveillance et peut détecter tout mouvement aérien dans un rayon de 400 km. A 21 h 02, il détecte l'avion irakien au moment où celui-ci passe à la verticale d'une petite île proche de la côte irakienne, à une altitude de 2 000 pieds (environ 700 mètres) ; sa vitesse est d'environ 800 km/h.

Il semble être en mission de routine, empruntant exactement le corridor qui passe au-dessus des eaux internationales séparant l'Iran de l'Arabie saoudite. C'est "l'allée des Mirage", ainsi baptisée par les militaires occidentaux parce que c'est la voie que suit l'aviation irakienne quand elle est en quête d'un pétrolier iranien à couler.

A 21 h 45, l'opérateur radar de l'Awacs constate

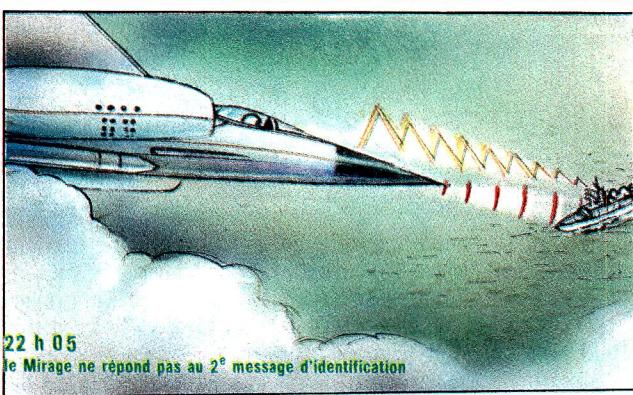
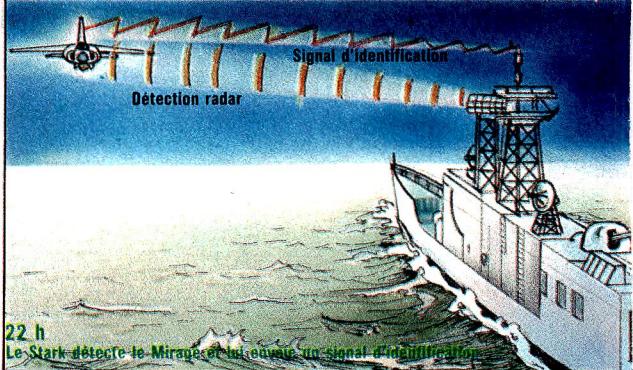
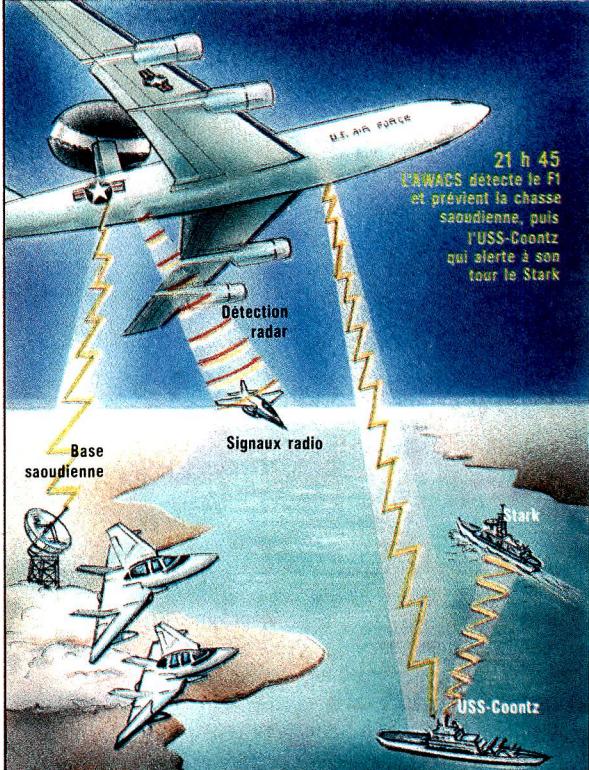
que l'avion n'a pas changé de cap ; il est maintenant très au sud des zones de chasse habituelles pour les avions irakiens. En conséquence, il prévient son navire-contrôleur, un destroyer de la flotte américaine du golfe, l'*USS Coontz*, quelque part dans le détroit d'Ormuz, et demande à la chasse saoudienne de décoller pour parer à toute éventualité. Le destroyer, de son côté, envoie un message au *Stark* pour lui signaler l'approche du Mirage.

A 21 h 48, deux chasseurs F-15 saoudiens décollent de la base de Dahran. A 21 h 50, la frégate *USS-Stark* repère l'avion qui est à 200 milles (environ 370 km).

Vers 22 h, l'opérateur radio envoie un message en anglais sur la fréquence 243, le canal standard pour ce genre de messages. Il précise simplement au pilote que celui-ci s'approche d'un navire américain. La situation n'a, jusque-là, rien d'habituel ; il ne se passe pas de semaines sans qu'un avion iranien ou irakien ne passe à portée du navire ; après réception d'un message, ils modifiaient toujours les routes. Mais là, il ne se passe rien de tel ; le Mirage va passer entre la frégate et l'Arabie saoudite puis amorce un demi-tour droit sur le *Stark*. En voyant cela, l'opérateur lance un second message. A bord du *Stark*, on ne s'inquiète pas, d'autant plus que l'analyse des signaux radar émis par le F1 indique qu'il est en mode "veille" et non "poursuite".

En règle générale en effet, lorsqu'un avion va tirer sur un objectif, son antenne radar ne balaye plus l'horizon, mais reste "accrochée" sur sa cible : cela permet au pilote de sélectionner sur son écran radar le point lumineux représentant sa cible, dont les coordonnées (distance et gisement) sont automatiquement transmises au calculateur du missile. L'inconvénient, c'est que la cible peut alors se rendre compte qu'elle est visée, parce que la cadence de répétition des impulsions radar reçues est beaucoup plus rapide.

Mais, sur sa console, l'opérateur ne constate aucun changement. C'est du moins ce qu'affirmera ensuite le commandant du *Stark*. A 22 h 08, le



Mirage F1 parvient à 12 milles (environ 22 km) de la frégate. C'est là qu'il lâche son missile Exocet, dans la direction approximative du *Stark*. A peine le missile largué, l'appareil vire de bord et repart vers sa base. Car son missile n'a besoin de personne : il est du type *"fire and forget"* (tire et oublie), autrement dit, il se dirige de manière autonome vers sa cible.

Dans un premier temps, il suit le cap qu'on lui a mis en mémoire (le missile est assez près de sa cible pour que les données du radar en mode veille aient été suffisantes) et stabilise son altitude à une dizaine de mètres au-dessus des flots (à quelques mètres lorsque la mer est calme) grâce à son radio-altimètre.

Parvenu à moins de 10 km de sa cible, il passe en phase autoguidée : son autodirecteur, un radar de poursuite, explore en distance et en direction la zone où se trouve le *Stark*. Une fois celui-ci identifié, l'autodirecteur s'accroche dessus et guide le missile. Il reste 36 secondes avant l'impact.

A 22 h 09 min 15 s, un marin repère le rougeoisement du réacteur de l'Exocet. A ce stade, il est trop tard pour lancer des *"chaffs"*, ces leurre destinés à détourner un missile de sa destination ; en effet lorsqu'un navire *"sent"* qu'un autodirecteur de missile est accroché sur lui, il lâche un nuage de particules métalliques qui se répandent autour de lui, puis s'en éloignent sous l'effet du vent relatif. S'il n'est pas trop *"intelligent"*, le missile peut alors rester accroché à ce leurre.

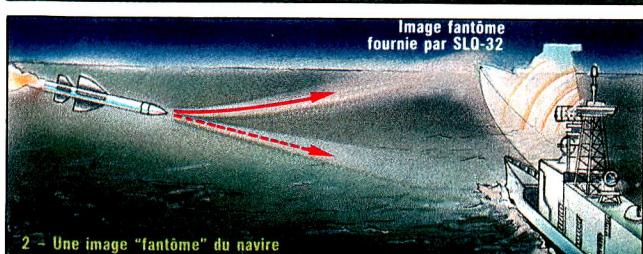
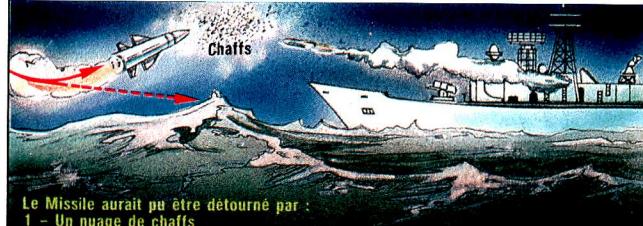
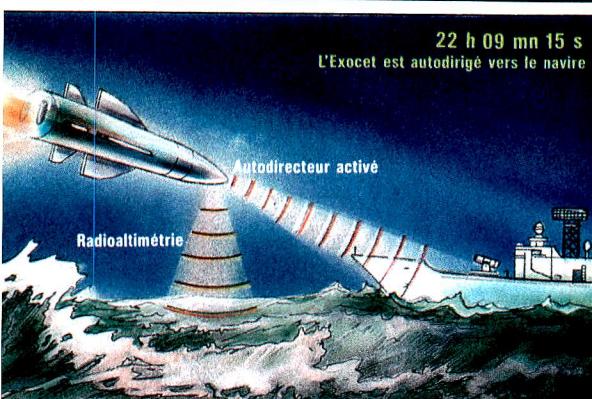
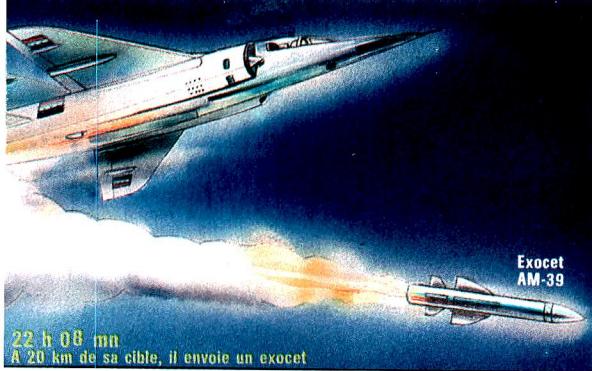
Il est aussi trop tard pour utiliser les contre-mesures actives qui permettraient de fournir au

missile une image fantôme du navire en lui envoyant un écho radar décalé. En fait, le navire n'a plus qu'une seule parade utilisable : comme il n'est pas doté de missiles anti-missiles, seul son système Phalanx pourrait empêcher la catastrophe : c'est un canon à 6 tubes, capable de tirer 1 000 obus de 20 mm en 20 secondes. Il faut pour cela qu'un radar du navire ait d'abord détecté l'arrivée du missile, puis passé le relais au radar de poursuite dont est équipé le Phalanx ; à 1 800 m du navire, le canon commence alors à déverser une muraille de fer sur le missile ; certains des obus qu'il lance sont dotés de répondeurs radar qui permettent une correction de tir. En théorie, le missile est détruit immédiatement. En pratique ce n'est pas aussi évident, surtout si le système est en mode manuel et non automatique, comme c'était le cas.

A 22 h 09 min 18 s, quelqu'un fait basculer le système Phalanx en automatique. Il est trop tard, d'autant plus que la position du Phalanx sur l'arrière du *Stark* ne lui permet pas de tirer correctement sur le missile, compte tenu de son angle d'attaque. A 22 h 09 min 26 s, le missile frappe la frégate par bâbord avant, dans le quartier des équipages, y tuant 37 personnes.

A 23 h 36, l'Awacs voit le Mirage rentrer en Irak. Les F-15 saoudiens n'ont pas reçu de leur base l'autorisation d'interception.

Mais il y a des contradictions dans le récit officiel de l'attaque : les Américains affirment avoir récupéré une charge explosive intacte, qui aurait appartenue à un Exocet AM-39 ; or, on est au moins sûr d'une chose, c'est que le *Stark* a été touché de plein



fouet par un missile dont la charge a bien explosé. La largeur du trou fait dans la coque du navire en témoigne ; dans le cas contraire il y aurait eu des dégâts, peut-être même un incendie, mais le trou n'aurait guère été plus gros que le missile lui-même (le diamètre de l'AM-39 est de 35 cm). Si le F1 a tiré d'une distance de 20 km, c'est forcément un Exocet qui a été lancé. Et si les Américains ont vraiment récupéré une autre charge, c'est donc qu'il y avait un deuxième avion ; c'est loin d'être invraisemblable, d'autant que ce genre de mission s'effectue généralement par deux. Dans ce cas, il faut croire que l'Awacs n'a pas su déceler la présence de deux Mirage, sans parler du tir de missiles. Ce serait une indication sur les performances ou plutôt sur les limites des radars aéroportés américains dont on comprendrait que les Etats-Unis n'ont pas envie de se vanter. De source française, on précise que l'AWACS ne semble pas pouvoir discriminer (en gisement) deux avions qui volent à moins de 40 ou 50 mètres l'un de l'autre.

Reste une de deux hypothèses, plus générale mais non exclusive : la connaissance exacte des circonstances de l'attaque fournirait des enseignements précieux sur les points faibles des

navires de l'US Navy ; pour cette raison, peut-être, les Américains ont-ils préféré laisser s'accumuler des informations contradictoires, voire fausses.

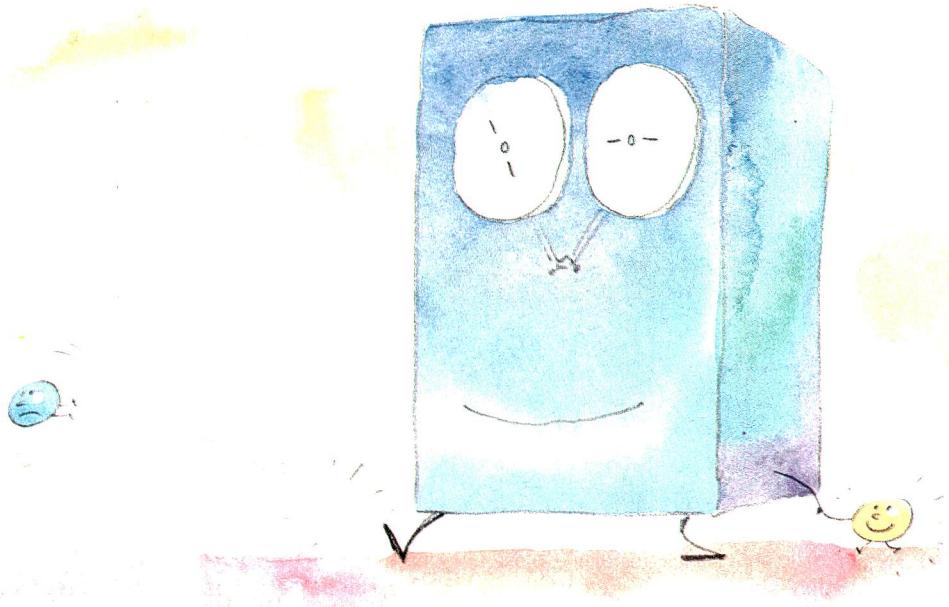
Reste à savoir pourquoi le ou plutôt les pilotes irakiens ont tiré sur une frégate américaine. Ils pouvaient difficilement ignorer la nationalité de leur cible compte tenu des messages d'identification envoyés par le *Stark*. Il n'est donc pas impossible que l'acte est été délibéré et soit le fait d'une faction hostile au président Saddam Hussein. Quoi qu'il en soit, le capitaine Brindel, qui commandait le *Stark*, va passer en cour martiale et, même s'il est acquitté, sa carrière sera vraisemblablement brisée ; pourtant, n'importe qui, navires français compris, se serait laissé surprendre par l'Exocet. De toutes façons, si la défense antiaérienne du *Stark* avait abattu le *Mirage F1* avant que celui-ci n'ait tiré son missile, Brindel serait aussi passé en cour martiale. Bref, pour lui, la seule manière de

s'en sortir était de détruire l'Exocet irakien avant qu'il n'atteigne le navire. Or, on le sait depuis la guerre des Malouines, un navire isolé n'a aujourd'hui que très peu de chances face à un missile anti-navire.

En réalité, la frégate *Stark* n'a même pas pu utiliser ses contre-mesures pour arrêter le missile. Le résultat est éloquent.



L'ORDINATEUR À LUMIÈRE



L'informatique rêve de remplacer son vieux serviteur, l'électron, par un intermédiaire bien plus efficace, le photon. Parmi les grands enjeux technologiques : le super-ordinateur optique, où l'information serait véhiculée par les quantons, ces paquets d'énergie spécifiques de la lumière.

La cellule vivante de l'ordinateur est le transistor. Son rôle résume le principe du calcul numérique : selon qu'il laisse ou non passer le courant, il exprime le "un" ou le "zéro" du vocabulaire informatique.

Les millions de transistors assemblés en circuits combinent à l'infini, stockent et traitent l'information et peuvent faire plusieurs milliards d'opérations par seconde.

Cependant, ces performances fulgurantes ne saitifont pas les besoins toujours plus ambitieux des scientifiques, des industriels, des militaires. Il faut aller encore plus vite et donc augmenter la vitesse de propagation de l'information ! Et c'est bien là que les choses se gâtent : dans les ordinateurs actuels, l'information est véhiculée par les électrons.

Ce sont des coursiers *a priori* très efficaces puisque le courant électrique se déplace à une vitesse qui n'est pas très éloignée de celle de la lumière. Malheureusement, un électron à lui seul ne suffit pas à transporter une information (plus exactement le fameux "bit" qui permet de coder l'information). Car dans la matière, il y a un bruit de fond, c'est-à-dire des électrons indisciplinés qui n'obéissent pas aux règles que l'on voudrait leur imposer ; pour s'en affranchir, il faudrait supprimer l'agitation thermique responsable de ces parasites et donc refroidir le plus possible les matériaux dans lesquels circulent les électrons. En pratique ce serait échanger une difficulté contre une autre, et il n'y a donc qu'une seule solution : représenter chaque bit d'information par un paquet d'électrons (une impulsion

de courant) suffisamment dense pour qu'il soit toujours distingué du bruit de fond. Autrement dit, on établira ou coupera le courant électrique pendant un temps relativement long à l'échelle atomique.

Pour rattraper le temps perdu, ce courant sera de préférence "haute fréquence" pour débiter un maximum d'informations ; mais dans ce cas, il y a un nouveau type de parasites qui apparaît, lié à toute transmission haute fréquence : chaque conducteur du circuit devient un véritable émetteur et vient brouiller les informations qui passent dans les conducteurs voisins. En outre, il se produit parfois, lorsque les circuits présentent des courbures abruptes, un phénomène d'écho, source potentielle d'erreurs : en simplifiant, disons qu'au lieu de 0 ou 1, on aurait ainsi 00 ou 11, répétition qui dans le langage binaire des ordinateurs transforme totalement le sens d'un mot informatique.

A l'intérieur même d'une puce, où les distances sont infimes, le phénomène d'écho reste négligeable, et l'information n'est pas déformée. Mais il n'en va pas de même pour le reste de la machine. En effet, dans un ordinateur, les puces sont assemblées par cartes, chaque carte assurant une fonction bien précise ; puis les cartes sont, à leur tour, interconnectées par un réseau de câbles. C'est sur ces kilomètres de réseau, appelé "fond de panier" par les spécialistes, que l'écho a tout le temps de brouiller complètement l'information transmise par le courant. On est donc obligé de travailler à des vitesses de transmission réduites, qui évitent l'apparition de ce phénomène à chaque passage de frontière entre éléments différents de la machine.

Et l'informatique s'impatiente devant de telles lenteurs. Car, face à bien des situations modernes, l'ordinateur n'atteint pas la rapidité de calcul exigée. Un cas, par exemple, obsède les militaires : une attaque inopinée et massive par des missiles stratégiques ennemis. En quelques minutes, une dizaine de milliers d'ogives, dont certaines à charge nucléaire, d'autres de simples leurres, vont s'abattre sur leur objectif désigné. Aucun dispositif de calcul automatique n'est aujourd'hui en mesure de repérer et d'identifier à temps chacun des vaisseaux de cette armada spatiale et d'en commander la destruction.

La "lenteur" de l'électronique n'inquiète pas que les stratégies. Quantité de tâches scientifiques et techniques, qui reviendraient logiquement à l'ordinateur, ne peuvent aujourd'hui lui être confiées, faute chez lui de réflexes suffisamment prompts. La reconnaissance des formes en temps réel, par exemple. Ou encore, certaines opérations qui relèvent de la théorie de l'intelligence artificielle, où l'on attend de la "machine pensante" qu'elle sache reproduire des processus mentaux propres à l'homme, avec ce qu'ils comportent de facilité instantanée d'adaptation, de souplesse dans les réactions et de pouvoir immédiat d'initiative.

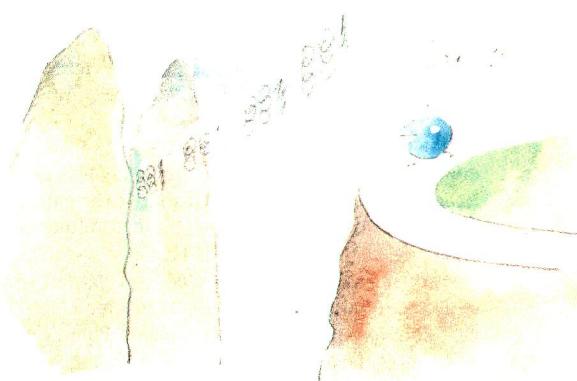
Tout cela dépasse les capacités des calculateurs électroniques du moment. Aussi étudie-t-on actuellement, dans plusieurs dizaines de laboratoires dans le monde, les moyens de remplacer le flot d'électrons par le porteur d'ondes le plus rapide de l'Univers, la lumière (1).

A l'origine, l'idée a commencé de se concrétiser dans des dispositifs où l'information est transportée par fibres optiques, sous forme de signaux lumineux générés par des faisceaux laser, pour être consignée dans des mémoires optiques à disques. L'entrée et le stockage des données se font là d'une façon beaucoup plus efficace que dans un système électronique. Mais, en attendant de disposer d'un vrai moyen de traiter directement le signal lumineux, les opérations de calcul doivent continuer de passer par des circuits électroniques. D'où la nécessité de convertir le signal optique en signal électrique, et inversement. Le point de ralentissement obligé reste donc l'électronique, qui, finalement, impose son rythme à l'ensemble du système.

Mais depuis 1974, les physiciens connaissent des dispositifs optiques doués de deux états stables de transmission de la lumière. Ces "bistables", que nous verrons en détail plus loin, sont capables, dans certaines conditions, de basculer instantanément de l'état d'opacité à l'état de transparence. Ces "transistors à lumière" pourraient bloquer ou laisser passer la lumière tout comme leurs équivalents électroniques bloquent ou laissent passer le courant. L'avantage décisif des premiers ? Ils opèrent cette commutation mille fois plus vite.

L'extrême vitesse de commutation des bistables n'est pas leur unique atout : alors qu'un transistor électronique, à l'instar d'un fil électrique, ne laisse passer qu'un signal à la fois, un bistable accepte simultanément plusieurs signaux lumineux distincts sans les confondre.

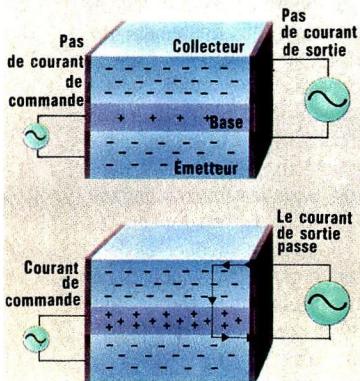
On savait transporter l'information optiquement ; on sait maintenant, théoriquement du moins, avec



les courbes des circuits produisent des phénomènes d'écho ...

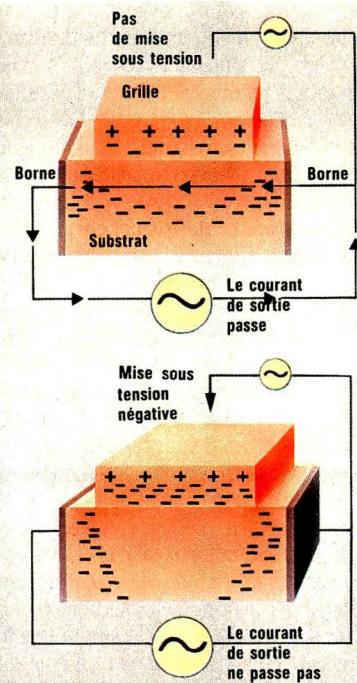
COMMENT MARCHENT LES TRANSISTORS ÉLECTRIQUES

Le transistor NPN. Au repos, vu la répartition des charges électriques dans les couches de ce transistor à la fabrication, il y a répulsion entre les électrons du collecteur et ceux de l'émetteur. Donc pas de passage d'électrons, à travers la couche centrale (la base, dopée positivement) : le courant ne peut traverser le transistor, puisqu'un courant électrique est justement un déplacement d'électrons. C'est l'état "bloqué", qui donne le "zéro" informatique. Dès la mise sous tension positive de la base par rapport à l'émetteur, les charges positives de cette base deviennent suffisamment nombreuses pour annuler la répulsion bloquant les électrons dans le collecteur.



Et le courant peut circuler entre le collecteur et l'émetteur du transistor, lequel est alors "passant", état qui donne le "1" informatique. Les suites d'interruptions et de passages du courant permettent d'obtenir les successions de "0" et de "1" qui composent les mots informatiques, les seuls qu'un ordinateur comprenne.

Le transistor MOS. Ici, il n'y a que deux couches : la grille et le substrat. Dans le cas d'une grille dopée P (charges positives) et d'un substrat dopé N (charges négatives, c'est-à-dire des électrons), les électrons juste au-dessus de la grille, attirés par les charges positives de celle-ci, traversent la jonction entre les deux couches, laissant à leur place un espace vide de charges. C'est l'état de repos, qui est celui du transistor dès sa fabrication. Le courant peut traverser le substrat, puisque les électrons sont quand même présents d'une borne à l'autre de cette couche. Par contre, une mise sous tension négative de la grille repousse encore les électrons du substrat, et accroît la zone dépourvue de charges jusqu'à ce que la continuité électrique soit interrompue entre les deux bornes de cette couche. Le courant ne passe plus ; le transistor est "bloqué". Dans le cas du transistor NPN, le courant appliqué à la base (dit courant de commande) est environ cent fois inférieur au courant de sortie, celui qui



porte l'information. Par contre, dans le cas du transistor MOS, il n'y a plus de courant de commande, mais une tension appliquée à la grille. D'où une puissance consommée extrêmement faible et une faible production de chaleur. C'est cet avantage décisif qui a mené à l'abandon des transistors NPN.

les bistables, également la traiter, c'est-à-dire effectuer des calculs. Idéalement, donc, un ordinateur tout optique, travaillant entièrement par faisceaux lumineux, constituerait la réponse décisive aux problèmes de saturation de l'informatique.

Mais sa mise en oeuvre est loin d'être simple. Le bistable optique, en effet, n'est que la brique élémentaire d'un édifice complexe pour lequel il faut encore concevoir une architecture cohérente, prévoir quantité de composants annexes, résoudre de multiples paramètres critiques tels que l'encombrement, la consommation d'énergie, la dissipation calorique, etc.

Mais revenons au bistable lui-même. Pour mieux comprendre les principes de fonctionnement de ce "transistor à lumière", voyons d'abord brièvement...

Comment marche un transistor électronique. Le cristal de silicium, matériau de base des transistors électroniques, est semi-conducteur : à l'état pur et à température normale, il transmet très mal l'électricité. Pour le rendre conducteur, on le "dope", c'est-à-dire qu'on lui ajoute des traces d'un élément dont les atomes sont entourés d'un nombre d'électrons,

soit plus grand, comme dans le cas de l'arsenic, soit plus petit, comme dans l'antimoine. On obtient dans le premier cas un silicium type N, où les "porteurs" (charges susceptibles de se déplacer dans le matériau) sont des électrons, donc négatifs (d'où le qualificatif "type N") ; et dans le second, un silicium type P, où les porteurs sont des "trous", c'est-à-dire des manques d'électron, donc positifs (d'où "type P"). Rappelons qu'en électronique, un "trou", dit aussi "lacune", est l'endroit laissé vacant par un électron qui s'est déplacé dans le matériau. Un trou a une charge positive égale à la charge négative de l'électron (2).

Dans sa version la plus simple, un transistor se présente comme un minuscule sandwich à trois couches semi-conductrices, on a ainsi un transistor P-N-P ou N-P-N. Une faible tension appliquée à la couche médiane, dite base, fait commuter le transistor de l'état bloqué (le courant ne passe pas) à l'état passant (le courant passe), et vice versa. La plupart des ordinateurs actuels utilisent des transistors de type MOS (de l'anglais *Metal Oxyde Semiconductor*), améliorés par rapport aux précédents

(voir encadré ci-contre), leur temps de commutation de l'état passant à l'état bloqué a été très fortement réduit grâce à leurs couches semi-conductrices d'une finesse extrême, inférieure au micromètre (1 micron = 1 millième de millimètre), qui assurent une vitesse de commutation de l'ordre du milliardième de seconde. Mais on a probablement atteint la limite en matière de finesse des couches.

Les physiciens ont, il est vrai, également, amélioré les performances des ordinateurs par d'autres moyens. En faisant intervenir, par exemple, des phénomènes de basse température qui diminuent la résistance au déplacement des électrons, c'est l'effet Josephson.

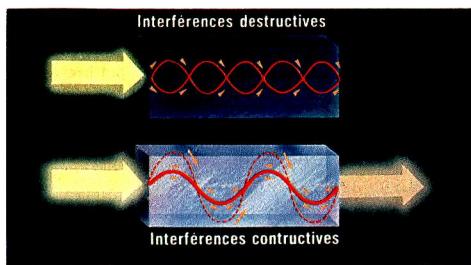
Toujours dans le même but, on a développé des alliages semi-conducteurs spéciaux baptisés "III/V". Ils sont composés essentiellement d'éléments qui possèdent respectivement trois et cinq électrons sur les couches externes du "sandwich", tels l'arsénium de gallium, le phosphore d'indium, l'antimo niure d'indium, et dans lesquels les électrons voyagent beaucoup plus facilement. Mais ces nouvelles technologies requièrent en général une réfrigération très poussée (-200°C environ), et les procédures cryogéniques sont difficiles à mettre en place. **Le "transistor à lumière".** Il se trouve, justement, que ces semi-conducteurs III/V constituent aussi les meilleurs bistables optiques qu'on ait su réaliser à ce jour. Ils font avec un faisceau de lumière cohérente (laser) ce que les transistors électroniques font avec le courant électrique. Dans leur principe, les choses se déroulent ainsi. Un faisceau de lumière laser dirigé perpendiculairement à la face d'entrée de ce cristal III/V, se trouve en majeure partie réfléchi par la paroi d'entrée, et seule une petite fraction de ce faisceau pénètre dans le cristal : c'est le faisceau dit réfracté.

Celui-ci est considérablement atténué, comme une balle de fusil qui franchit la surface d'un lac et dont la vitesse chute si vite qu'elle devient totalement inoffensive au bout de quelques mètres seulement dans l'eau. De plus, quand le faisceau réfracté atteint la face de sortie, une partie importante en est encore une fois réfléchie vers l'intérieur : seule une portion infime sort en définitive effectivement du cristal pour constituer le faisceau transmis.

Si l'histoire s'arrêtait là, une telle déperdition d'énergie en cours de route rendrait le système inopérant. Par bonheur, la physique introduit ici une mesure de sauvetage : le rayon réfracté, au lieu de passer directement et tout d'une traite à travers le cristal, rebondit un grand nombre de fois entre les faces entrée et sortie. En effectuant ces multiples "ricochets" entre les deux faces du solide, les ondes lumineuses interfèrent entre elles. Le résultat ? Tout dépend de la position relative de l'onde aller et de l'onde retour. Si les deux ondes sont exactement

en phase, c'est-à-dire si leurs crêtes coïncident entre elles et leurs creux entre eux, elles s'additionnent et donnent naissance à une onde résultante d'amplitude égale à la somme des deux amplitudes. On parle alors d'"interférence constructive". En dépit des pertes dues aux réflexions mentionnées plus haut, le faisceau lumineux, après de nombreux allers et retours entre les deux faces entrée et sortie, sort du cristal avec une intensité pratiquement égale à celle du faisceau incident généré à l'origine par le laser. Le cristal a donc laissé passer la lumière : il est transparent. A l'inverse, deux trains d'ondes qui ne sont pas en phase s'annihilent mutuellement ; l'interférence est alors dite "destructive. Aucune lumière ne sortira alors du cristal, qui sera ainsi opaque.

Pour obtenir une interférence constructive, il faut que le "chemin optique" parcouru par le faisceau dans le cristal corresponde exactement à un nombre entier de longueurs d'onde. Le chemin optique étant le produit de l'épaisseur du cristal (la distance entre



sa face entrée et sa face sortie ; on dit sa "longueur") par son indice de réfraction.

La transparence ou l'opacité du cristal en question à un faisceau de lumière cohérente dépend donc des trois paramètres suivants : la longueur d'onde du faisceau laser incident, la "longueur" du cristal, et son indice de réfraction.

Ainsi, pour avoir un transistor à lumière, il faudrait pouvoir modifier à volonté la longueur du cristal, donc disposer d'un cristal à parois mobiles, ce qui est exclu avec le bistable optique, qui est un solide aux dimensions fixes. Ou alors, il faudrait pouvoir agir sur le second paramètre, à savoir la longueur d'onde du faisceau incident. C'est théoriquement faisable, mais cela impliquerait de changer de laser ou d'avoir un laser à longueur d'onde variable, un engin très difficile à stabiliser optiquement, ce qui interdit une application à une échelle comparable à celle des transistors électroniques dans l'industrie des ordinateurs. Exit, donc, également, la modulation de la longueur d'onde du faisceau pour obtenir un transistor à lumière.

Reste l'indice de réfraction, qui peut être défini

comme la résistance d'un matériau au passage de la lumière, résistance qui influe sur la longueur d'onde et donc sur la vitesse de propagation de cette lumière dans le matériau.

C'est ce même indice de réfraction qui fait se rapprocher de la normale un rayon lumineux oblique passant d'un milieu moins dense à un milieu plus dense ; et inversement s'écartez de la normale un rayon passant d'un milieu plus dense à un milieu moins dense. C'est aussi ce phénomène qui explique qu'un bâton à moitié immergé dans l'eau semble cassé au point d'immersion.

Peut-on jouer sur l'indice de réfraction pour qu'un matériau fonctionne comme un transistor à lumière, c'est-à-dire devienne à volonté transparent ou opaque ? *A priori* non. Car, pour une longueur d'onde donnée, la grande majorité des matériaux ont un indice de réfraction immuable : ils opposent au passage de la lumière une résistance spécifique, quelle que soit l'intensité du faisceau lumineux incident. Ces matériaux sont dits linéaires, le rapport entre intensité lumineuse entrante et sortante étant fixe ; en d'autres termes, en faisant varier l'intensité incidente, on aura à la sortie une intensité qui varie dans les mêmes proportions.

Tout l'intérêt des bistables optiques est justement là : ils sont non linéaires. C'est-à-dire que leur indice de réfraction a la propriété de changer brusquement lorsque l'intensité du rayon incident est très légèrement augmentée ou diminuée autour d'une valeur donnée. En-dessous, ils sont opaques : la lumière ne passe pas, à cause des interférences destructives mentionnées plus haut. Au-dessus, ils deviennent transparents : la lumière passe, grâce aux interférences constructives (elles aussi déjà décrites). Dans le

premier cas cela correspondra au "zéro" informatique des transistors électroniques ; dans le second, au "un". Avec cependant un avantage énorme sur ces derniers : le basculement d'un état à l'autre s'opère à la vitesse de la lumière, d'où un gain énorme en vitesse de calcul pour les futurs ordinateurs qui utiliseront des transistors optiques.

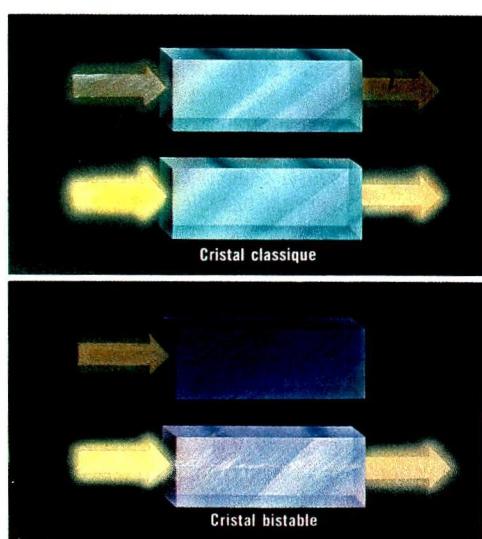
Comment un transistor optique peut-il être tantôt transparent, tantôt opaque ? Les physiciens expliquent cette providentielle propriété des matériaux bistables par la théorie des "bandes d'énergie". Dans un matériau donné, les électrons les plus extérieurs tournant autour de chaque atome, par décret de la nature, ne peuvent occuper que deux niveaux d'énergie à l'exclusion de tous les autres : la bande de valence et, à un niveau d'énergie plus élevé, la bande de conduction. Ces deux niveaux couvrent chacun une plage de plusieurs valeurs consécutives, et les deux plages sont séparées par une "zone interdite".

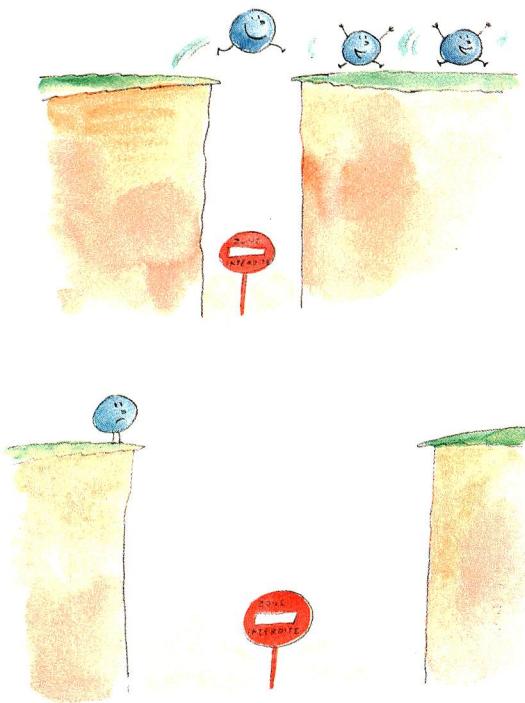
Les électrons dont le niveau d'énergie correspond à la bande de valence gravitent à demeure autour du noyau ; ce sont eux qui assurent la liaison entre éléments qui forment des corps très stables : l'eau, par exemple, est une association co-valente entre un atome d'oxygène et deux d'hydrogène (H_2O). Les électrons de la bande de conduction, par contre, sont moins casaniers ; étant à un niveau supérieur d'énergie, il suffit d'un léger supplément pour qu'ils s'excitent et perdent en quelque sorte leur sens de la solidarité avec le noyau de leur atome pour aller gambader dans les environs. Dans un matériau conducteur, par exemple, ce léger apport extérieur d'énergie peut être une mise sous tension électrique : les électrons libres à une extrémité du conducteur sont excités et, de même que la chute d'un domino sur le suivant se propage tout le long d'une file de dominos posés sur leur tranche, cette perturbation voyage de proche en proche le long du conducteur. Le courant électrique, c'est précisément cela. Le même phénomène se produit avec un apport d'énergie sous forme de chaleur, ou encore de lumière.

Pour sauter de la bande de valence à la bande de conduction, donc pour passer de l'état sédentaire à l'état mobile, l'électron doit absorber une certaine quantité d'énergie, ou quantum d'énergie, correspondant à la largeur de la zone interdite. Tant que ce quantum n'est pas atteint, le saut enjambant la zone interdite est impossible.

Cette zone est très large dans un isolant (verre, plastique, etc.) et quasiment nulle dans un conducteur (cuivre, métaux en général). Dans un semi-conducteur, la zone interdite est moyenne, et un électron peut la franchir grâce à un apport raisonnable d'énergie.

Le matériau semi-conducteur III/V mentionné plus haut a la particularité de pouvoir être stimulé





ainsi, soit par une impulsion électrique, et il fonctionne alors comme transistor électronique, soit par un faisceau de lumière laser, et il devient un bistable optique. C'est cette dernière fonction qui est le sujet de notre intérêt. Observons donc ce qui se passe au niveau atomique.

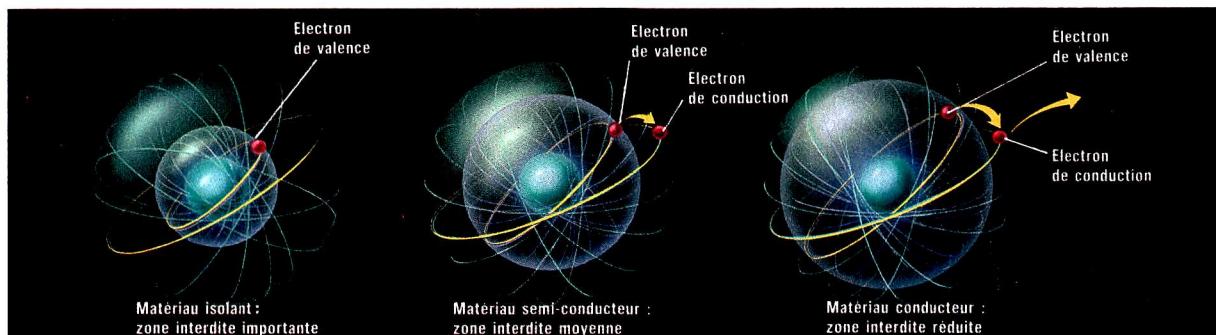
Lorsque le matériau semi-conducteur III/V absorbe de l'énergie sous forme de photons, ses électrons, passés de ce fait de la bande de valence à la bande de conduction, ne migrent pas comme dans un fonctionnement de type électronique. Ils restent au contraire sur place, tout excités qu'ils sont, et exercent une attraction sur les trous correspondants laissés dans la bande de valence. Chaque paire électron-trou s'appelle alors exciton. Cette attraction a pour conséquence de réduire sensiblement la zone interdite séparant la bande de valence de la bande de conduction. Cette réduction de la

zone interdite est fondamentale, puisqu'elle rend plus facile la création de nouveaux excitons, de proche en proche, jusqu'à ce que le matériau arrive au point de saturation : en simplifiant, on peut dire que ce point est atteint lorsque tous les excitons possibles ont été créés, et qu'ainsi la zone interdite a été réduite partout ; résultat, le matériau n'absorbe plus de photons.

Et c'est cela qui distingue fondamentalement un bistable d'un cristal ordinaire : alors que les deux absorbent une partie de l'énergie de la lumière qui les traverse, et que dans les deux cas cela se traduit par une modification de la longueur d'onde du rayon lumineux, la nature optique du cristal ordinaire (linéaire) demeure inchangée, alors que celle du bistable est modifiée en retour par ce passage lumineux.

Résumons-nous : l'indice de réfraction d'un cristal bistable varie en fonction de l'énergie, c'est-à-dire de l'intensité, du rayon lumineux qui le traverse ; or l'indice de réfraction d'un matériau est responsable d'un changement de longueur d'onde du rayon qui y passe ; donc, en faisant varier l'intensité du rayon incident, et par là l'indice de réfraction, on module à volonté la longueur d'onde du rayon au sein du cristal. Donc — et c'est là que l'on touche au but, à l'énorme intérêt du bistable — , en réglant l'intensité d'un rayon laser incident sur un semi-conducteur III/V, on peut arriver à créer au sein du cristal, soit des interférences constructives, et le rayon lumineux traverse (c'est le "un" informatique), soit des interférences destructives, et le rayon ne traverse pas (c'est le "zéro" informatique). Il ne reste plus alors qu'à régler la source laser sur une intensité-seuil autour de laquelle il suffit d'une variation infime pour faire basculer notre transistor à lumière de l'état de transparence à celui d'opacité et vice-versa.

Le transistor à lumière, tout séduisant que puisse être son principe de fonctionnement, n'est pas encore prêt pour prendre place parmi les puces qui grouillent dans le matériel informatique de toutes catégories. Il lui faut encore passer quelque temps au laboratoire avant de prétendre affronter les



dures réalisées de l'extérieur.

La liaison électron-trou, on ne peut plus indispensable à son fonctionnement, est en fait très fragile ; les excitons sont facilement dissociés par l'agitation thermique due aux problèmes de dissipation de chaleur mentionnés plus haut. La non-linéarité des semi-conducteurs optiques n'est donc observable qu'à très basse température, lorsque le mouvement aléatoire des atomes causé par la chaleur se calme. Pour pallier cet inconvénient, les chercheurs ont mis au point des structures plus complexes que les cristaux semi-conducteurs monoblocs en faisant alterner des couches extrêmement fines de deux matériaux semi-conducteurs différents : l'arséniure de gallium (AsGa) et l'alliage aluminium-arséniure de gallium (AlAsGa).

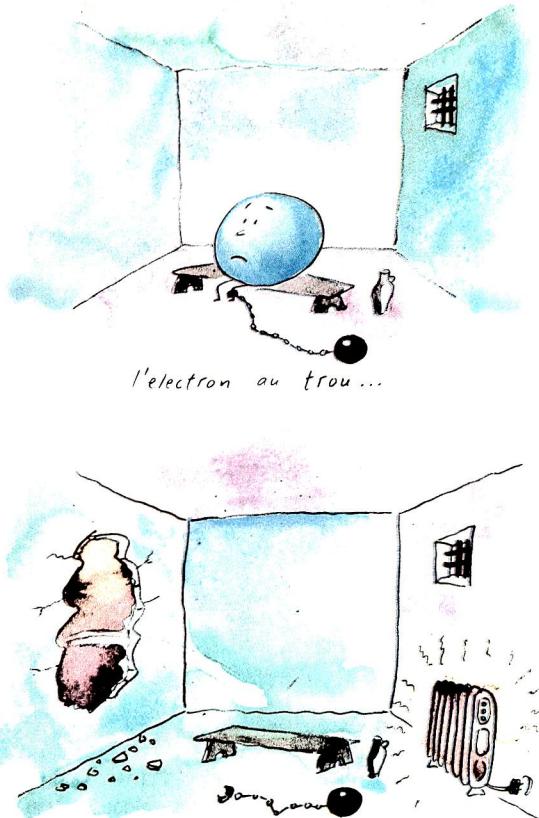
La bande d'énergie "interdite" du premier est plus réduite que celle du second ; il faut donc moins d'énergie pour former des excitons dans l'AsGa que dans l'AlAsGa. Les excitons apparaissent de préférence dans les couches d'AsGa et s'y confinent. Ils ne peuvent se déplacer que dans le plan de ces couches, car dans la direction perpendiculaire ils se heurtent à une barrière de potentiel, autre nom pour désigner la zone interdite. On dit qu'ils sont dans un "puits de potentiel". D'où le nom de "structures à trous quantiques multiples" donné à ces assemblages composés de plusieurs couches de matériaux différents dont on exploite les propriétés quantiques d'énergie.

Ce confinement dans des couches très minces, moins épaisses encore que la longueur normale de l'exciton lui-même (trois millièmes de millimètre dans l'AsGa), force l'électron et le trou à se rapprocher encore l'un de l'autre, renforçant d'autant la stabilité de leur liaison, qui risque moins ainsi d'être cassée par l'agitation thermique. Il n'est plus nécessaire alors de refroidir ces structures autant que les semi-conducteurs composés d'un matériau unique.

Des chercheurs américains et français ont pu ainsi mettre en évidence, dans un dispositif comportant 300 couches d'AsGa de 53 angströms d'épaisseur (1 angström = 1/10 000 000^e de millimètre), des phénomènes d'absorption excitonique et de bistabilité à 25 °C, en l'exposant à des impulsions laser extrêmement rapides (10⁻¹³ seconde).

Le temps de commutation de ce nouveau bistable est le plus court jamais enregistré à température normale : une picoseconde, soit un millième de milliardième de seconde, soit encore 1000 fois moins qu'un transistor électronique.

Ces sandwiches à "puits quantiques multiples" seraient donc la solution théoriquement idéale pour la construction d'un ordinateur optique. Mais ils sont terriblement difficiles à réaliser, même en laboratoire ; produire industriellement, pour construire un tel ordinateur, des milliards de ces éléments microscopiques normalisés et identiques



entre eux, représente encore une tâche technologique impensable, et d'un coût qui dépasse l'imagination la plus audacieuse. En conséquence, la communauté scientifique française reste, dans l'ensemble, très réservée. Elle étudie avec intérêt les matériaux non linéaires, mais dans la perspective d'autres applications, plus simples et moins chères que l'ordinateur tout optique.

Un rapport récent établi pour le compte de la Mission scientifique et technique française, estime qu'« il serait vain de vouloir réaliser par l'optique, même de façon plus élégante, des fonctions parfaitement effectuées par l'électronique ». En septembre 1985, la Société française d'optique réunissait 250 spécialistes autour du thème "Fonctions optiques dans l'ordinateur". Précision de Pierre Chavel, l'un des organisateurs, chercheur à l'Institut d'optique d'Orsay : « L'expression "ordinateur optique" a volontairement été évitée dans le titre de cette rencontre, car nous sommes tous encore loin de réaliser une telle machine. »

Mais les Américains, comme à l'accoutumée, ont sur ce sujet des vues beaucoup plus aventureuses, à l'échelle de leur optimisme et de leurs moyens. Les laboratoires Bell, établissement appartenant au groupe américain American Telephone and Telegraph (AT&T) et où a été conçu en 1947 le premier transistor électronique, annoncent que d'ici 1990

leurs ingénieurs auront construit un prototype de calculateur optique tout à fait opérationnel. AT&T reconnaît qu'elle prend là un sérieux risque financier face à la concurrence, notamment IBM qui a choisi de concentrer ses efforts de recherche sur l'électronique, l'optique n'intervenant que dans le domaine des communications et des mémoires, sous forme de fibres optiques utilisées dans les connexions et de disques laser.

Pour sa part, la Communauté économique européenne, dans le cadre de son programme EJOB (*European Joint Optical Bistability*), a ouvert un budget de 1,8 million d'écus (1) à dix-neuf équipes de recherche — dont celle de l'université Heriot-Watt, d'Edimbourg, pionnière en la matière — pour qu'elles lèvent la grande incertitude : un ordinateur tout optique est-il réalisable ? Question qui sous-entend non seulement la faisabilité technologique, mais aussi la rentabilité économique.

L'étape à franchir maintenant dans la course à l'optique, le prochain obstacle majeur à surmonter, c'est l'intégration sur une même surface infime (de l'ordre du millimètre carré) des différents éléments d'une "puce" optique : source laser, bistable, mais encore détecteur, modulateur, déflecteur, lentille, filtre, polariseur et autres.

Il faut réduire au maximum les connexions pour gagner en encombrement, en rapidité, en efficacité. On a déjà réussi — c'est le meilleur résultat obtenu à ce jour — à intégrer une source de lumière laser et son modulateur, dans des diodes laser de 0,2 mm² capables d'émettre un rayonnement de plusieurs dizaines de milliwatts avec des intensités de quelques dizaines de milliampères. Pour le reste, on sait fabriquer en couche mince les composants optiques pris séparément, mais on ne sait pas les faire cohabiter dans l'espace voulu.

Si, en France, aujourd'hui on n'aime pas trop s'avancer sur le sujet de l'ordinateur optique, on produit néanmoins de très ingénieux systèmes qui font travailler la lumière dans des applications bien précises (2). On sait déjà, par ailleurs, intégrer, c'est-à-dire assembler sur un même cristal semi-conducteur, des ébauches de circuits optiques : le laser et sa commande, le laser et le bistable, le laser et le détecteur. « Il nous semble judicieux de penser, commente Alain Carenco, du CNET, que partout où l'optique permettra de supprimer les interfaces optique-électronique, d'éviter le passage obligatoire par l'électronique ("gaspilleuse" de temps, comme nous l'avons vu), elle s'imposera. Mais n'oublions pas qu'en télécommunications, nous ne prêtons pas trop attention aux problèmes de miniaturisation. Le facteur encombrement n'est pas aussi crucial que pour un calculateur optique, qui, s'il doit ressembler aux ordinateurs actuels, exigera des milliers de circuits intégrés de toute petite taille. On en est encore loin. »

En supposant résolus les problèmes techniques, quel sera, concrètement parlant, le gain qu'apportera l'optique par rapport à l'électronique ? Hyatt Gibbs, l'un des meilleurs spécialistes mondiaux en matière d'ordinateurs, a chiffré les performances prévisibles : « Imaginons une surface de 1 cm² de semi-conducteur AsGa, sur laquelle sont disposés 100 x 100 bistables, chacun pouvant traiter un ou plusieurs faisceaux lumineux avec une fréquence de 10 gigahertz (soit un temps de commutation de 100 picosecondes) et une énergie de 1 picojoule par bistable. La puissance mise en jeu serait de 100 watts par cm² pour effectuer 10¹⁴ opérations-bit par seconde, soit 10 000 fois plus que le meilleur ordina-



le photon, beaucoup plus rapide, remplacera l'électron dans l'informatique...

teur électronique, qui calcule environ 10¹⁰ bits/seconde ».

C'est proprement faramineux, autant pour le potentiel de rapidité promis par l'optique que pour les difficultés qui restent à surmonter avant qu'on puisse l'exploiter. La quantité de chaleur dégagée, notamment, est ahurissante : 1 million de watts pour un cube de 1 mètre de côté de système, soit de quoi transformer instantanément en vapeur deux litres d'eau par seconde !

Ce problème de chaleur dégagée est d'ailleurs une préoccupation essentielle pour les concepteurs et les exploitants des très gros ordinateurs actuels ; ainsi, pour son refroidissement, le Cray 2, la toute dernière génération d'ordinateurs, utilise non pas un circuit d'eau, mais un liquide réfrigérant inerte qui circule en permanence entre les armoires de réfrigération, avec des dispositifs compliqués de

(suite de la page 148)

(1) La lumière se propage dans le vide à 299 792 458 mètres/seconde, record absolu de vitesse établi par la nature.

(2) Pour plus de détails sur la fabrication et le fonctionnement d'un transistor, voir "La naissance d'une puce", dans *Science & Vie* n° 815 (août 1985), p. 78.

(3) Sigle de *European Currency Unit*, l'unité monétaire européenne dans le système monétaire de la CEE. 1 écu = 7 francs environ.

(4) Comme, par exemple, le "coupleur directif", conçu et développé par Alain Carenco et son équipe du laboratoire du CNET à Bagnères, et récompensé par le Prix CNET 1985. Ce dispositif permet de moduler et commuter la lumière aussi efficacement qu'un courant dans un fil électrique.

LES DIX RÈGLES DU LANGAGE INFORMÉ (ATIQUE)

« Le style, disait Jean Cocteau, c'est l'art de dire simplement des choses compliquées ». Cette définition, généralement admise par tous les bons auteurs, semble curieusement ignorée des informaticiens, qui ont inventé l'art de dire des choses simples d'une manière tordue.

Le charabia, maladie endémique de la langue française, vient de faire une nouvelle victime. Après avoir contaminé la psychologie, la sociologie, la philosophie, la communication, la publicité et le marketing (ou le marchandisage !), il a complètement envahi l'informatique, au point que le profane se demande parfois s'il n'a pas affaire à une langue étrangère - ou du moins à un sabir plurinational fortement teinté de coca-cola. Et pourtant, non, il s'agit bien de français, mais revu et corrigé par de pseudo-linguistes qui, sous prétexte de simplifier, n'ont fait que massacrer, corrompre et adultérer. Il n'est que de lire la littérature spécialisée pour mesurer l'ampleur des dégâts.

Cette entreprise de démolition obéit à des règles précises, que tout néophyte se doit de connaître s'il veut entrer dans la confrérie des savants informaticiens. Nous les avons résumées à leur intention, afin de bien mettre en évidence ce qu'il y a de systématique dans ce galimatias prétentieux qui n'offense pas seulement la langue, mais est un défi permanent au bon sens. En ces temps de "mieux disant culturel" (autre charabia !), il n'est pas inutile de rappeler le mot de Rivarol « Tout ce qui n'est pas clair n'est pas français. »

1^{er} règle: Préférer le vocabulaire américain au vocabulaire français.

Bien que Descartes, Pascal, Monge, Lavoisier, Lamarcq, Cuvier, Bucquerel, Carnot, Berthelot, Poincaré, Pasteur, Pierre et Marie Curie, Louis de Broglie, etc. n'aient jamais considéré que la langue française fut inapte à exprimer les réalités scientifiques, les savants informaticiens, eux, estiment qu'une discipline aussi novatrice que la leur ne saurait s'accommoder d'une langue aussi ancienne que la nôtre. Aussi empruntent-ils l'essentiel de leur vocabulaire à l'américain - et même à l'américain le plus sommaire - ne laissant subsister de français que quelques éléments secondaires : articles, possessifs, pronoms, prépositions, conjonctions, adverbes, et quelques verbes passe-partout (être, avoir, faire...).

Exemple : *Les data sont ok* (les données sont bonnes).

2^e règle : Prendre les mots français dans le sens de leur homonyme américain.

Les rares noms communs d'apparence française qui demeurent sont, soit des néologismes servilement copiés sur l'américain : consultant, calqué sur l'américain *consultant*, et qui signifie « conseiller »; implémentation, fac-similé de l'américain *implementation* et qui remplace l'expression "mise en œuvre". Soit des mots français détournés de leur acception ordinaire et investis de la signification de leur homonyme américain.

Exemple: *Les opérating systems conventionnels* évolueront vers des *releases plus versatiles* (les systèmes d'exploitation *traditionnels* évolueront vers des versions plus *souples*) Dans cette phrase, le mot "conventionnel" a perdu sa signification habituelle (qui résulte d'une convention) au profit du sens du mot américain "conventional" (traditionnel); de même, la signification normale de "versatile" (capricieux) est remplacée par celle de son analogue américain (souples).

Autre exemple : *Les moniteurs* vont subir une *migration significative* pour s'adapter à *l'utilisateur final* (les *écrans* vont évoluer de façon *importante* pour s'adapter à *l'utilisateur*). Pour les savants informaticiens, "écran" est trop banal: il faut dire "moniteur". "Evolution" est à exclure, puisque l'américain dit "migration". "Significatif" est la transposition de "signifiant" (important). Quant à l'expression "utilisateur final", elle forme un bloc aussi indissociable que Roux-Combazier. Sur le plan sémantique, elle n'a aucune signification particulière (puisque on ne parle jamais d'"utilisateur initial" ni d'"utilisateur intermédiaire"; elle est simplement la copie servile de l'américain "end user").

3^e règle : Débarrasser la phrase de ses petits mots superflus.

Selon le principe d'économie propre à l'américain, tout mot qui serait exclus d'un télégramme

doit être impitoyablement banni du jargon informatique. Ce sera le cas notamment des articles, définis ou indéfinis, et des prépositions introduisant divers genres de compléments.

Exemple : Ce soft est orienté besoins utilisateurs finaux (ce logiciel est conçu pour les besoins des utilisateurs).

4^e règle : Entre deux mots, ne jamais choisir le moindre.

Par un de ces paradoxes qui font toute la richesse du jargon informatique, le principe d'économie formulé précédemment doit parfois céder le pas au principe de redondance et de grandiloquence. Plus un mot est long, plus son impact sera important, surtout s'il est utilisé à contresens.

Exemple : Les *fonctionnalités* des nouvelles *technologies* appellent de nouvelles *méthodologies* (*les fonctions* des nouvelles *techniques* appellent de nouvelles *méthodes*).

Remarque : seuls les linguistes attardés protesteraient qu'en français "technologie" signifie "réflexion sur la technique", "méthodologie" "réflexion sur la méthode", et que "fonctionnalité" est une création du style pompier.

5^e règle : Préférer le passif à l'actif.

Contrairement au français, mais conformément au latin et à l'américain, le jargon informatique préfère la voix passive à la voix active. Ou, plus exactement, la voix passive est préférée à la voix active par le jargon informatique.

Exemple : *Il a été fait des préconisations par le service informatique* (le service informatique a fait des recommandations).

Si le sens de la phrase n'est pas modifié, l'élégance de la tournure, en revanche, ne gagne rien au change.

6^e règle : Semer la confusion dans les pronoms.

Le mélange et la confusion des pronoms sont l'une des principales élégances du jargon informatique. Ainsi le pronom "on" a complètement perdu son sens indéfini. Il remplace généralement "nous" ou vient le renforcer de manière superflue.

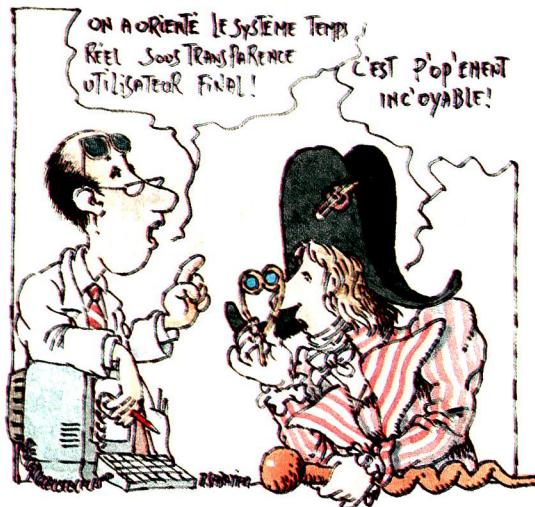
Exemple : On a installé le mainframe des PTT (nous avons installé l'ordinateur des PTT). Nous, on fait du développement domestique (nous mettons au point des logiciels familiaux).

L'indéfini, en revanche, se marque par "ils", ou par la forme passive, comme en américain.

Exemple : Ils vont implémenter la release 15.15 (on va mettre en œuvre la version 15.15). Il est préconisé une gestion pièces orientée non rupture atelier (on veillera à gérer les pièces de manière à approvisionner l'atelier en permanence).

7^e règle : Des noms, des noms !

Le jargon informatique a une préférence marquée pour les noms. Il n'hésite donc pas à les employer à la place des verbes ou des adjectifs, dut-il en résulter des cascades de génitifs peu conformes au génie de la langue française, déconseillées aux



élèves de l'école primaire et nuisibles à la clarté.

Exemple : La prise de contrôle de la tête de file de la holding par le numéro un de la semoule implique la remise en cause par ce dernier des procédures de type interactif de reporting de fin de trimestre des agences du sud de l'Europe au siège du groupe (ayant pris la direction du groupe, le numéro un de la semoule devra remettre en cause les procédures dialoguées par lesquelles, en fin de trimestre, les agences de l'Europe méridionale rendent compte au siège du groupe).

8^e règle : Bousculer la logique et la pratique.

La langue française aime la logique, calquée sur le bon sens. La logique du sabir informatique est d'aller à contresens de l'usage et de la cohérence. Là où le français emploie : voici, ceci, ici, le jargon informatique utilisera voilà, cela, là, et *vice versa*.

Exemple : Voyons maintenant comment partitionner les data : *voilà* les migrations à déléter (voyons maintenant comment segmenter les données : *voici* les transferts à supprimer).

De même, l'informaticien "réduira au maximum" ce qui doit être "réduit au minimum", et paiera sa baguette de pain "F 2.80" au lieu de "2,80 F".

9^e règle : "Migrer" vers le premier groupe.

Dans la grammaire française, les verbes sont rangés en trois groupes, le jargon informatique tend à abolir le deuxième et le troisième au bénéfice du premier, nettement plus facile à conjuguer. Voilà pourquoi les familiers du PIF (paysage informatique français) préféreront "translater" à "traduire", "expecter" à "attendre" et "solutionner" à "résoudre". Remarquons que l'on est passé du verbe "résoudre" au nom "solution" et de "solution" au verbe "solutionner". Il n'y a aucune raison de s'arrêter : solutionner - solutionnement - solutionnementer - solutionnementation - solutionnementationner...

10^e règle : Multiplier les clichés journalistiques.

De même que les Précieuses ridicules de Molière affectionnaient les périphrases amphigouriques et, plutôt que d'approcher leurs fauteuils, « voituraient

les commodités de la conversation», les précieux informaticiens pour échapper à la "trivialité" (encore un mot à eux, pour "banalité"), emploient des locutions tournées et volontiers sibyllines. Ainsi parlent-ils de la "firme de Cupertino" (Apple), de "Big Blue" ou du "numéro un" (IBM), de la "firme de Palo Alto" (Rank Xerox). C'est un langage d'initiés, très chic, mais qui ne nous rajeunit pas ("l'auteur d'Andromaque" pour Racine, "la firme aux deux chevrons", pour Citroën...).

Un conseil pour finir : fuir les bons auteurs.

Tout individu souhaitant acquérir rapidement un bon maniement du jargon informatique devra impérativement limiter ses contacts avec le français correct, qu'il considérera comme une langue morte. Il s'abstiendra notamment de fréquenter les bons auteurs, qui ne pourraient que polluer son esprit. Que l'on songe, en effet, aux ravages que pourraient causer chez des sujets chancelants des phrases telles que : « Un bon auteur, et qui écrit avec soin, éprouve souvent que l'expression qu'il cherchait depuis longtemps sans la connaître et qu'il a enfin trouvée, est celle qui était la plus simple, la plus naturelle, qui semblait devoir se présenter d'abord et sans effort » (La Bruyère, *Réflexions et portraits*). Ou bien : « Ayant constaté, il y a déjà bien des années, le tort que fait à notre langue l'emploi inconsidéré des mots exotiques ou grecs, des mots barbares de toute origine, de toute fabrique, je fus amené à raisonner mes impressions et à découvrir que ces intrus étaient laids exactement comme une faute de ton dans un tableau, comme une fausse note musicale » (Rém de Gourmont, *Esthétique de la langue française*).

En revanche, il aura tout à gagner d'une pratique assidue des bandes dessinées et de la littérature dite "de communication" (slogans publicitaires, communiqués de presse, notes informatives et toute œuvre relevant de ce qu'il est convenu d'appeler les relations publiques, où généralement le charabia le dispute au pédantisme).

L'étude attentive de ces dix règles et leur mise en pratique

que par des exercices quotidiens ne tarderont pas à ouvrir les esprits les plus rebelles aux beautés cachées du jargon informatique. Ils pourront alors apprécier à leur juste valeur les purs joyaux de ce langage d'avant-garde, dont les quelques exemples proposés ci-dessous n'ont pour objet que de mettre l'eau à la bouche des plus réticents.

« Dans un environnement micro connecté host haut de gamme sous protocole émulation et transparence utilisateur final, on voit émerger des développements implémentables sous Unix. »

« Les cinq slots du Mac nouveau devraient provoquer l'émergence d'une déferlante de valeur ajoutée » (*Le Monde informatique*, 15-12-86).

« Les aspects infocentre ont été évoqués dans une synergie organisation groupes de progrès. »

« Des cessions (sic) scientifiques, se dégagent l'émergence d'axes de recherche prometteurs pour les prochaines générations du système IA. Les cessions (sic) techniques ont pour leur part confirmé le décalage entre les USA et l'Europe dans l'industrialisation de l'intelligence artificielle » (*Le Monde informatique*, 8-9-86).

« Le logiciel de sauvegarde étant incrémenté, X... vous offre là un vrai plaisir de sécurité. Quant au spoule d'imprimante, il vous évite l'attente pour l'impression des documents. »

Enfin, ce morceau de bravoure que nous avons tout spécialement composé à l'intention des vrais initiés et qui pourrait avoir un sens en jargomatique : « Au plan 1/0 émulation 14-18 et/ou 39-45 il a déjà été noté que ces annonces pourront être supportées par la release 123.45 des cartes écran jusqu'au niveau 4 OSI en interactif ce qui implique que le host soit fault tolérant et configuré risc. La data base est émulée et est ainsi susceptible d'une requête et d'une soumission à distance dans un environnement réseau bus et/ou jeton.

La règle 3 nous rapproche encore du bon jargon : « le développement des techniques nouvelles suscite le développement des softs dotés de fonctions sophistiquées orientées vers les besoins des utilisateurs finaux ».

Avec la règle 4, nous parvenons presque à la perfection : « l'émergence des nouvelles technologies impacte le développement de softs aux fonctionnalités sophistiquées orientées besoins utilisateurs finaux ». ("nouvelles technologies" forme un bloc aussi indissociable qu'"utilisateur final". Cette expression n'a pas de singulier.)

• **Traduire de l'américain** « End user programs easily accessed via menus ».

En français conventionnel : « accès facile de l'utilisateur aux programmes, grâce à des menus ».

En jargon informatique : « programmes utilisateur final facilement accédés par menus ».

Souvenez-vous qu'il ne faut pas seulement multiplier les termes américains. Il faut surtout détruire la structure de la phrase française et employer systématiquement les mots français dans le sens de leur homonyme américain.

Souvenez-vous qu'il ne faut pas seulement multiplier les termes américains. Il faut surtout détruire la structure de la phrase française et employer systématiquement les mots français dans le sens de leur homonyme américain.

Marc Boyer

ECHOS DE L'INDUSTRIE

EXPORTATION

Exportez en Suisse grâce à Science & Vie

La balance commerciale de nos échanges avec la Suisse présente l'originalité d'être régulièrement excédentaire (17 milliards de francs français l'an dernier).

Cela constitue un fait exceptionnel puisqu'elle est déficitaire avec tous les pays industriels, technologiquement développés, produisant des biens à haute valeur ajoutée : nous avons ainsi perdu l'an dernier 39,3 milliards de francs dans nos échanges avec la RFA. Les seuls pays où nous nous rattrapons, sont ceux du tiers monde.

Cette bonne "image de marque" dont bénéficie la France en Suisse, il s'agit encore de la valoriser. *Science & Vie* offre cette possibilité à nos industriels. Elle vient, en effet, de passer un accord avec la Chambre France-Suisse pour le commerce et l'industrie, présidée par M. Rémi Drouin et dont le siège central se trouve à Genève, avec un bureau permanent à Zurich et des sièges régionaux à Bâle, Berne et Lausanne.

Cette chambre de commerce édite *Commerce France-Suisse* une revue diffusée gratuitement sur toute la Suisse, à 5 000 exemplaires et lue par 30 000 personnes. Elle touche aussi bien les cabinets d'affaires que les centrales d'achats, les cadres supérieurs des grandes comme des petites

entreprises importatrices, les administrations et les organisations économiques nationales et internationales.

Désormais, chacun de ses numéros comportera deux pages sur les inventions, les nouvelles technologies, et les nouveaux produits français susceptibles d'intéresser particulièrement le marché de la Confédération helvétique. Ces pages seront rédigées et fournies "clés en mains", textes et photos, par *Science & Vie*.



Cet accord constitue une nouvelle initiative de notre part, pour aider l'innovation française à "percer". Il apporte aussi une nouvelle preuve à la fois de la crédibilité, de l'impact et de la position de leader en matière de découverte de produits industriels nouveaux de notre revue.

Encore faut-il, pour que cet accord fonctionne bien, que les inventeurs et les firmes innovatrices françaises, quelle que soit leur taille, sortent de la léthargie ou de l'excès de modestie qui les caractérisent trop souvent... L'effort n'est pas bien grand : il consiste simplement à nous adresser une documentation précise et claire — un ou deux feuillets dactylographiés suffisent — accompagnés, dans la mesure du possible, d'une photo de bonne qualité décrivant le nouveau produit qu'ils proposent et précisant son originalité, ses avantages et son coût. Ces documents sont à adresser très précisément à Gérard Morice, *Science & Vie*, 5 rue de la Baume, 75008 Paris.

A noter que le marché suisse est particulièrement intéressé par 9 créneaux : le textile-habillement, les articles de sport, les meubles et aménagements intérieurs, les produits pharmaceutiques, le matériel médico-chirurgical, les accessoires et pièces de rechange automobiles, la productique et la robotique, les machines-outils, enfin l'informatique.

L'espérance de vie la moins élevée en France se situe dans le département du Nord, tant pour les femmes (76 ans et demi) que pour les hommes (67 ans et demi) ; la plus élevée en Poitou — Charente. Le couple idéal réunit un habitant des Deux-Sèvres (durée de vie moyenne 73 ans et 3 mois) une habitante de la Vienne (80 ans et 3 mois).

CARBURANT

L'essence sans plomb arrive en France

Dès le début de l'été, plus de deux cents stations proposeront de l'essence sans plomb. Mais ne rêvons pas : cet "eurosuper" est exclusivement destiné aux automobilistes étrangers utilisant déjà des voitures équipées de pots catalytiques et de passage dans l'Hexagone.

Son utilisation exposerait en effet les moteurs non conçus pour son usage à un cliquetis destructeur, le plomb contenu dans les carburants traditionnels exerçant une action lubrifiante sur les soupapes. Rappelons que le plomb, introduit dans l'essence pour améliorer l'indice d'octane, n'est pas directement générateur de pollution. Celle-ci est le fait des hydrocarbures non brûlés, dont on réduit la teneur par des catalyseurs. Mais les matières qui assurent la réaction de ces catalyseurs — platine, palladium et rhodium — sont très rapidement empoisonnées par le plomb, et il faut donc éliminer ce dernier.

L'Europe n'imposera cet objectif écologique qu'en 1989 mais certains pays ont déjà pris les devants à l'aide d'incitations fiscales, RFA en tête, au point que 20 % des carburants délivrés outre-Rhin sont exempts de plomb. En France, l'essence normale (89 d'indice d'octane, 12 % des ventes) et le

super (97 d'indice d'octane, 88 % des ventes) contiennent en moyenne 0,4 g de plomb par litre, ce qui donne un "pool" fictif du carburant moyen à 96,1 d'octane (indice d'octane moyen pour l'ensemble des ventes, essence et super). Retirons lui sa teneur de 0,4 g de plomb par litre et son indice d'octane descend à 91. Or, la norme Eurosuper exige de le remonter à 95... mais sans plomb.

De quels moyens dispose-t-on pour faire face à ce problème ?

A l'évidence, en sélectionnant les éléments les plus favorables et en éliminant notamment l'essence de distillation directe (*straight run*), il est relativement aisément d'élaborer un litre d'eurosuper à l'indice d'octane de 95. C'est ce que font les pétroliers pour satisfaire la faible demande actuelle. Mais les contraintes de fabrication et de distribution entraînent un surcoût de 1 F par litre. C'est dire que le problème change de dimensions dès qu'il s'agit de convertir en

eurosuper l'ensemble de l'essence. L'adjonction de composants oxygénés (alcool) ne permet de gagner qu'environ un point : au taux maximum autorisé (légalement et techniquement), 5 % de méthanol ou 7 % d'éthanol n'apportent guère que 1,2 point ; 7 % de TBA (alcool tertioxylique), 1 point ; 10 % de MTBE (méthyltertioxylique), 2 points.

Il faut en plus tenir compte du coût de cette alchimie : si le TBA et le MTBE ne reviennent pas plus cher que le super à la sortie des raffineries (moins de 1 F/litre hors taxes), l'éthanol coûte, en effet, plus de trois fois ce prix !

Quelle que soit la sélection des bruts importés, c'est par le traitement en raffinerie que les pétroliers pourront s'adapter aux normes ; conservation des butanes et alkylats, isomérisation de l'essence *straight run* pour remonter son indice d'octane de 17,4 points et regagner ainsi 1,6 point sur l'indice du pool moyen, isomérisation du reformat pour le faire progresser de 6 points, avec une incidence de 1,5 point sur le pool, reformatage de l'essence issue du cracking catalytique pour relever l'indice de 4,1 points pour un gain de 2,4 points d'octane sur le pool. Ainsi parvient-on à un bilan de 5,5 points permettant de satisfaire largement aux exigences de la norme eurosuper.

Le coût de l'investissement nécessaire dans les raffineries s'élèvera à 5 milliards de F, estime-t-on dans l'industrie pétrolière française. Mais il faudra attendre l'an 2009, lorsque tout le parc rouler aura été renouvelé, pour pouvoir exiger de rouler "sans plomb".

PYRALÈNE

Mesures drastiques au Canada

Au Canada, on ne plaisante pas avec les risques présentés par le pyralène. Dans les déserts du nord de l'Ontario, entre Dryden et Kendra, 500 litres de ce liquide s'étaient échappés d'un transformateur transporté par un semi-remorque, et répandus sur 220 km de chaussée. L'incident s'était heureusement produit loin des agglomérations, mais certains automobilistes empruntant la même route avaient été éclaboussés : une famille avait même suivi le camion sur 25 km, sa voiture se faisant littéralement asperger par le liquide à chaque virage.

Aussitôt l'alerte donnée, les mesures de sécurité ont été draconiennes : tous les véhicules conta-

minés ont été mis sous scellés et leurs passagers ont été soumis à un contrôle médical rigoureux et suivi.

Enfin, pour effacer toute trace de pollution, les 220 km de cette route de gravier ont été grattés sur un centimètre d'épaisseur, puis recouverts de goudron. Il ne reste aujourd'hui plus aucun risque ni aucune trace de l'"incident".

Croisière sous la mer

Perdue dans la mer des Caraïbes entre Cuba et la Jamaïque, l'île Caïman offre aux touristes la possibilité de plonger à cinquante mètres de profondeur dans l'océan, sans aucun entraînement.

Ce rêve est devenu réalité à Georgetown depuis que l'île s'est équipée d'un Atlantis, le premier sous-marin touristique du monde. Son succès est tel qu'un second exemplaire a déjà été construit.

Pour 45 dollars, les 28 passagers du submersible peuvent se promener 1 heure et demie sous l'eau. Ils sont assis dos à dos sur des sièges moulés et observent par de grands hublots latéraux (65 cm de diamètre) ou disposés à l'avant (1,35 m) le monde du silence. Douze puissants projecteurs permettent les plongées de nuit, et facilitent aussi les prises de vue photographiques.

D'une masse de 50 tonnes pour 16 mètres de long, l'Atlantis a coûté environ 4 millions de dollars à son constructeur, la compagnie canadienne Sub Aquatics établie à Vancouver ; son président, Denis Hurd, est un ancien concepteur de sous-marins offshore destinés à la prospection pétrolière et à l'océanographie.

L'engin se propulse au moyen d'hélices entraînées par des moteurs électriques alimentés en 240 volts. Ce courant est stocké dans

des batteries d'une capacité de 1 000 ampères-heure.

Les deux hélices de poupe de dix chevaux chacune, et une hélice transversale de 5 chevaux disposée à l'avant, permettent de diriger l'Atlantis. Deux propulseurs verticaux de 5 chevaux, situés à mi-coque, assurent l'assiette et la plongée. Gyroscope, mesure de profondeur, sonar et projecteurs offrent, en outre, au pilote et à son assistant une grande sûreté de manœuvre.

La coque d'acier du sous-marin a été entièrement testée aux ultrasons, puis essayée en pression

réelle, et enfin passée aux rayons X pour déceler le moindre défaut. Par sécurité, toutes les commandes, ainsi que les propulseurs, sont doublés. Ce qui permet au constructeur de respecter les normes de l'ABS (American Bureau of Shipping), peut-être les plus sévères au monde dans ce domaine et d'être assuré par les Lloyds de Londres qui ne plaisantent pas en la matière ; elles ont en outre exigé que l'équipage de deux hommes ait suivi avec succès au moins trois ans d'études techniques dans un centre de formation spécialisée bénéficiant de leur agrément.

Si un incident grave survenait, le sous-marin remonterait lentement mais sûrement à la surface puisqu'il flotte et ne plonge que par l'action de ses propulseurs verticaux. En cas d'extrême-urgence, deux tonnes de lest peuvent être lâchées par commande hydraulique pour lui permettre de faire immédiatement surface.

Ultimes garanties, l'Atlantis a une réserve d'oxygène suffisante pour la survie, pendant 72 heures, des 28 passagers et de l'équipage. Cette réserve, ainsi que le système de renouvellement de l'atmosphère, sont identiques à ceux qui équipent les sous-marins militaires.

Enfin, un bateau de surface accompagne le sous-marin et transporte gilets de sauvetage, extincteurs, équipements de sécurité. Il est relié au submersible par un câble téléphonique et à la côte par radio VHF, afin d'éviter une remontée en surface si un navire venait à passer à proximité.



Téléphone + télécopie : ne quittez pas !

Les Japonais n'arrêtent pas de copier : non seulement leur pays totalise le plus grand nombre de photocopieurs et de télécopieurs au monde, mais ces appareils sont aussi les moins chers. L'une des explications de leur avance dans ce domaine serait le nombre considérable de caractères qu'ils utilisent pour l'écriture : un minimum de 3 000, de quoi décourager la plus perfectionnée des machines à écrire...

Selon les dernières statistiques en matière de télécopie, le Japon comptait 360 000 appareils, tandis que les Etats-Unis n'en disposaient que de 166 000 et l'ensemble de l'Europe occidentale guère plus de 55 000. Des appareils plus performants et d'un moindre coût apparaissent déjà sur le marché nippon. Ils sont destinés à cette multitude de petites entreprises travaillant en sous-traitance pour les grands groupes, et qui constituent l'essentiel du tissu économique japonais. Pour une somme d'environ 5 500 F, on peut ainsi trouver chez n'importe quel revendeur un télécopieur pour format A 4. Et pour le même prix, un téléphone est généralement intégré à l'appareil.

Mais jusqu'ici, téléphone et télécopieur posaient un problème : il fallait choisir soit l'une, soit l'autre fonction en appuyant sur un commutateur. Le trafic étant plus important et régulier sur le téléphone, on laissait généralement le commutateur sur la position té-

léphone et le correspondant devait appeler pour demander qu'on le bascule sur la télécopie... En désespoir de cause et pour qu'aucune télécopie ne se perde, ou ne soit envoyée à un concurrent faute de réponse, on se résignait à s'équiper d'une ligne téléphonique supplémentaire exclusivement affectée à la télécopie. Investissement fort coûteux puisqu'au Japon, où le téléphone est le plus cher du monde, le branchement d'une ligne revient à 3 000 F.

La solution a été trouvée par une petite firme électronique, Iwatsu, laquelle a aussitôt été imitée par des géants tels que Sharp. Il s'agit de l'Icop Mini (*photo ci-dessous*), un sélecteur automatique téléphone/télécopieur qui se branche entre la prise de téléphone et les différents terminaux. Logé dans un boîtier compact (186 x 255 x 48 mm), le système sélectionne, par analyse sonore, l'appareil auquel l'appel reçu doit être transmis.

Avantages : l'économie d'achat d'une ligne bien sûr (l'appareil coûte dans les 1 500 F) mais aussi la possibilité d'utiliser les terminaux de façon optimale et de les faire travailler 24 h sur 24, même en cas d'absence, en branchant un simple répondeur-enregistreur pour le téléphone.

Dans une très prochaine étape, les fabricants nippons incorporent directement ce système au combiné téléphone-télécopieur.



L'ardoise magique des salles blanches

Finis la craie, le feutre, le chiffon pour effacer et la poussière qui s'ensuit. Ce tableau est en effet spécialement conçu pour les "salles blanches", ces pièces aseptisées que l'on rencontre dans de nombreux secteurs industriels et qui ne souffrent aucune pollution, comme celles qui abritent les ordinateurs.

Son secret ? Craie et feutre sont remplacés par un simple stylet aimanté qui attire sur le tableau les particules magnétiques qu'il contient et qui viennent s'inscrire en noir sur sa surface. Une réglette magnétique permet ensuite d'effacer le tableau, en totalité ou en partie. Le Cleanmag est présenté avec un pied stable et amovible qui permet de l'installer facilement et de l'utiliser partout.

Malgré son appellation anglo-saxonne, le Cleanmag est d'origine japonaise. Pour un prix de 16 000 F HT, il est commercialisé en France par Pilot (10 rue Juliette Dodu, 75010 Paris, tél. (1) 42 08 04 72).

Essuie-mains haut de gamme. Un nouveau matériau, le Homecel vient concurrencer la ouate de cellulose sur le marché des essuie-mains jetables. Pour un prix de revient équivalent à celui des essuie-mains classiques, il présente les qualités de solidité et de confort du textile et se révèle même plus absorbant que ce dernier. Comme il ne se déchire pas, un seul essuie-mains en Homecel suffit, alors que des études ont prouvé que deux à trois essuie-mains en ouate de cellulose sont nécessaires pour obtenir un résultat acceptable. Le Homecel, mis au point et distribué par Kaysersberg - Lotus collectivités (23 bd Georges Clémenceau, 92400 Courbevoie) est utilisable dans la majorité des distributeurs d'essuie-mains à usage unique présents sur le marché des collectivités.



INFORMATIQUE

Un clavier mixte arabe-latin arrive en France

Cette information devrait intéresser au premier chef la population arabe vivant en France et qui compte plus d'un million de personnes, mais elle concerne aussi toutes les entreprises qui ont à communiquer professionnellement avec les pays arabes.

Ces ordinateurs arabe-latin possèdent, outre les caractères que nous utilisons, un ensemble de caractères arabes déterminés selon les normes de l'Organisation de métrologie et de normalisation arabe (ASMO). La simplicité est de rigueur : il suffit d'une pression sur une touche pour travailler soit en mode arabe soit en mode latin (il

ne s'agit en aucun cas d'un ordinateur traducteur).

Les ordinateurs Sakhr, de conception koweïtienne, sont fabriqués en série au Japon et distribués en France par Computer Service Consultants (76 Champs Elysées, 75008 Paris, tél. (1) 42 02 01 47). En un an, plus de 1,5 million d'entre eux ont déjà été commercialisés dans le monde arabe. Ils existent en 3 versions.

En premier lieu, voici le Sakhr AX 170 (**photo ci-dessus**), un ordinateur familial qui sert à l'apprentissage de l'arabe, de l'informatique, des sciences, des mathématiques, etc. Il est livré avec 4 logiciels incorporés : éditeur de textes, calendrier, graphisme et langage basic. Mais plus de 100 logiciels intéressants tous les domaines ont déjà été développés pour lui. Le Sakhr AX 170 peut être connecté à de multiples périphériques : imprimante, lecteur de disquettes, table graphique, manette de jeux, souris...

Le Sakhr AX 350 est un ordinateur "intermédiaire" : compte-tenu de la capacité de sa mémoire (256 Ko), il peut être utilisé aussi bien à la maison qu'au bureau ou dans l'enseignement. Le professeur équipé de cet ordinateur a la possi-

bilité de superviser le travail de chaque élève disposant d'un terminal. Jusqu'à 15 terminaux peuvent être connectés au Sakhr AX 350 et, par ailleurs, une interface standard lui permet également de communiquer avec un autre ordinateur.

Dernier de la série, le Sakhr AX 500 est l'ordinateur professionnel par excellence. Il est doté d'une mémoire d'une capacité de 384 Ko et présente, en plus des 2 modèles précédents, de multiples fonctions intégrées, comme le traitement de textes bilingue, la gestion de fichiers également bilingues, et le graphisme.

Fromages sans lait... Dépourvu de caséine, cholestérol, lactose et possédant une faible teneur en sodium, graisse et calories, ce drôle de fromage sans lait aurait cependant le goût du fromage et, de surcroît, serait riche en protéines et en calcium. Ce succédané testé par une société de Pennsylvanie, se compose notamment de protéines et d'huile de soja, sel marin, acide citrique, lécithine de soja, levure de bière, arômes et colorants naturels. Quatre fromages — pardon quatre goûts différents — sont déjà proposés, dont un simili-cheddar et de la mozzarella factice.

Communication et handicaps sera le sujet d'un congrès international organisé du 6 au 13 juillet par le Conservatoire national des arts et métiers (292 rue Saint Martin 75003 Paris, tél. (1) 42 71 24 14, poste 404). Objectifs : définir les handicaps de communication, qu'ils soient fonctionnels ou culturels, personnels ou collectifs, qu'ils concernent les pays industrialisés ou ceux en voie de développement. On s'occupera également d'évaluer et de prévoir l'influence des technologies de communication comme facteurs d'amélioration ou de destruction de relations humaines.

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, 5 rue de la Baume, 75008 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

TENNIS : LA RAQUETTE QUI SUPPRIME LES VIBRATIONS

Quoi

Un système original, qui repense fondamentalement la conception des raquettes de tennis, pour éliminer les vibrations dues à l'impact des balles.

Comment

Alors que tous les procédés connus jusqu'ici, peu efficaces, ne font que se greffer sur la raquette classique faite d'une seule pièce, cette invention consiste précisément à prévoir deux cadres distincts, le cadre-tamis et le cadre-manche, séparés par un "no man's

land" de quelques millimètres. Les ondes de vibrations se trouvent alors absorbées et neutralisées par ce vide entre les deux cadres.

Cordé traditionnellement, le cadre-tamis est relié au cadre manche par un cordage indépendant. Celui-ci offre en outre au tamis une élasticité accentuant considérablement l'accélération ou l'amortissement des balles.

Le cordage qui relie les deux cadres se prolonge dans le manche. Il est bloqué par un taquet qui se déplace entre deux gorges et

dont le centre est traversé par une vis crantée et numérotée. En tournant cette vis dont la base ferme le manche, on peut ainsi régler la tension entre le cadre-tamis et le cadre-manche et lui donner plus ou moins d'élasticité, selon l'objectif recherché.

Pour qui :

Cette raquette révolutionnaire est conforme aux normes internationales. Elle vient d'être brevetée et suscite déjà l'intérêt des professionnels. L'inventeur cherche un fabricant-distributeur.

... ET CELLE DONT LE TAMIS EST RÉGLABLE

Quoi

Une raquette dont la tension du tamis est instantanément et facilement réglable, selon le jeu et le confort de chacun.

Comment

Il suffit d'actionner la manette apparente sur notre **photo ci-dessous** pour écarter ou resserrer l'embase du cadre.

Plus besoin de raquettes spéciales pour débutants, ni de

réglages par des professionnels lorsque le cordage vient à se distendre sous l'effet du jeu ou de facteurs atmosphériques.

Le mariage de cette invention avec la précédente pourrait peut-être donner la raquette de tennis idéale ?...

Pour qui :

L'inventeur cherche à céder des licences de fabrication, de préférence à un fabricant de raquettes.

VOTRE VOITURE TATOUÉE À PEU DE FRAIS

Quoi

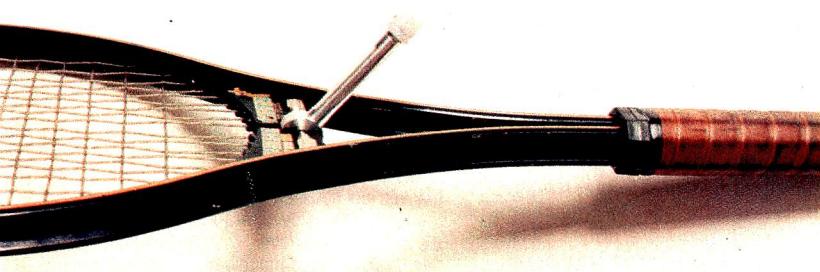
Cette trousse d'un prix modeste permet à tout automobiliste de marquer son numéro minéralogique d'une manière indélébile, non seulement sur le pare-brise mais également sur les vitres de son véhicule.

Comment

Contrairement au sablage utilisé couramment, susceptible d'affaiblir le verre laminé, cette nouvelle méthode n'entame le verre que sur une profondeur de 1/10 de mm. Son secret : l'utilisation d'un pochoir perforé au numéro minéralogique et d'un produit chimique non toxique pour l'épiderme. Il suffit de fixer le pochoir adhésif sur la vitre, de passer le produit sur les perforations, d'attendre une minute et demie, puis d'enlever le pochoir et de laver la vitre à l'eau froide.

Marché

Le produit vient d'être mis au point en Grande-Bretagne. La firme commence sa commercialisation et cherche un importateur pour la France.



394 réacteurs nucléaires

sont actuellement en service dans le monde. Ils assurent, globalement, 15 % de la production d'électricité. 21 réacteurs ont été, en 1986, raccordés au réseau électrique. La "palme" revient à la France avec 6 réacteurs mis en service, devant les Etats-Unis (5), la RFA, le Canada, la Tchécoslovaquie et la République de Corée (2 chacun), enfin la Hongrie et le Japon (1 chacun). Toujours en France, la consommation de combustible dans les centrales thermiques d'EDF a été, en 10 ans, multipliée par 17 pour l'uranium, tandis qu'elle diminuait de 54 % pour le charbon, de 97 % pour le fioul et de 95 % pour le gaz naturel ; la production thermique passant de 115 à 254,3 milliards de kWh, soit +121 %.

Premier congrès international Construction et travaux souterrains

à Hambourg du 2 au 6 novembre. Objectif : présenter aux professionnels du secteur les plus récentes technologies économiques et écologiques, notamment en creusement de tunnels, ainsi qu'en construction et assainissement de canalisations anti-corrosion, sous pression ou à écoulement libre. Une exposition, où les entreprises ne pourront présenter que leurs dernières nouveautés, complètera ce congrès qui compta plus de cent communications présentées par des orateurs venus d'une quinzaine de pays, des Etats-Unis à l'Asutralie, de la Bulgarie au Japon, des Pays-Bas à l'Union soviétique. Pour tout renseignement : Hamburg Messe und Congress GmbH, Kongressorganisation, BP 30 24 80, 2000 Hamburg 13, tél 040/35 69 22 45.

Précision. A la suite de notre écho "Aéroports, les pistes à l'abri de la neige" (Science & Vie n° 836), un lecteur nous fait justement remarquer que le principe de la thermosoufflante, propulsant la neige pour dégager les pistes, n'est pas à proprement parler nouveau. Probablement n'avons-nous pas été assez clairs : l'innovation de la machine présentée par la firme Bertin, la "TS3", réside dans le fait qu'elle est infiniment plus puissante (et plus silencieuse) que les matériels précédemment connus qui n'étaient capables de dégager que quelques centimètres de neige. La "TS3" a bien fait la preuve de son efficacité l'hiver dernier sur les bases opérationnelles de l'armée de l'air qui ont pu rester ouvertes et notamment sur celle de Luxeuil.

SÉCURITÉ NUCLÉAIRE

On peut toujours faire mieux...

On a beau nous affirmer, nous confirmer et nous jurer que toutes les mesures de sécurité imaginables sont et ont été prises dans les centrales nucléaires françaises, voici qu'EDF vient de s'aviser, comme par miracle, que la mise en place d'un dispositif complémentaire n'était pas à négliger.

Il s'agit d'un système de vannes équipé de filtres à sable qui sera ajouté sur les enceintes de confinement des centrales à eau sous pression.

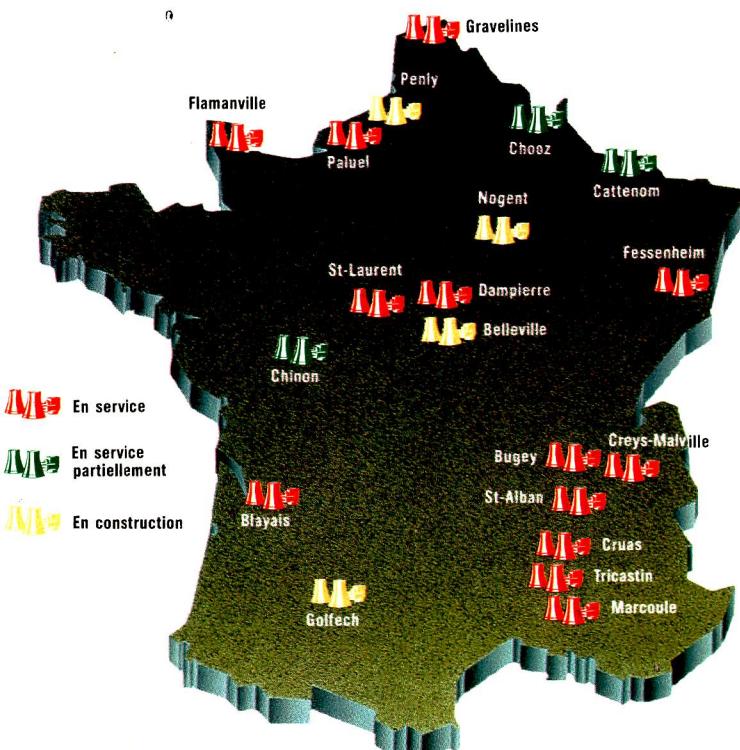
Selon EDF, la mise en place de filtres à sable constitue l'"ultime précaution" — en attendant mieux ? — pour faire face aux circonstances les plus défavorables, au cas où l'étanchéité des enceintes de confinement ne serait plus garantie et en particulier si une fusion importante du cœur surviendrait. Dans une telle hypothèse, si les produits radioactifs restent confinés pendant la phase initiale de l'accident, à terme toutefois d'environ une demi-journée (délai qu'EDF qualifie de

"large"), il n'est "pas exclu" que se produise une montée lente de la pression due à des réactions physico-chimiques entre le cœur en train de fondre et le béton de l'enceinte — en clair, cela constitue un risque plus que probable.

Le nouveau système de vannes équipé de filtres à sable maintiendra la pression à un niveau nettement inférieur au seuil théorique pouvant entraîner la fissuration de l'enceinte.

Dans l'hypothèse ultime de fuites, le mélange gazeux s'échappant de l'enceinte serait alors filtré par un lit de sable qui retiendrait 90 % des produits les plus dangereux : l'iode et le césium. Grâce à ces filtres, affirme EDF, les éventuels rejets dans l'environnement seraient inférieurs au centième des rejets observés à Tchernobyl.

La centrale de Chinon sera la première à bénéficier de ce système de protection, et toutes les centrales françaises devraient en être équipées avant la fin de 1988.



CHIFFREZ L'ÉROSION DE VOTRE RETRAITE

Le rendement des systèmes



Les retraites, en France, sont à l'ordre du jour. On attribue volontiers le déclin du rendement de leur système au chômage et à la dénatalité, mais en fait ces facteurs ne sont pas les plus importants : l'essoufflement est inhérent à sa structure. Et le maintien de l'indexation des pensions aux salaires promet des modifications considérables de ce système, voire des bouleversements.

Le système des retraites en France, comme dans de nombreux autres pays, est un système dit de répartition. Les cotisations ne sont pas mises dans un bas de laine, ni placées en Bourse, pour être ensuite utilisée lorsqu'un travailleur prend sa retraite : les fonds perçus dans une année par les caisses sont répartis, la même année, aux retraités. Même s'il y a des différences de régime, et si des caisses peuvent constituer quelques réserves afin d'éviter les à-coups, il n'en reste pas moins que ce sont les actifs de l'année qui assurent le paiement des retraites de l'année. Le problème est de maintenir un équilibre entre les recettes et les dépenses, c'est-à-dire entre les cotisations et les pensions.

On peut calculer le rendement d'un tel système, et prévoir son évolution. C'est l'exercice auquel s'est livré Gérard Malabouche, polytechnicien, actuellement chargé de mission au Commissariat général du plan de Paris. Ses calculs montrent les

de retraite va inexorablement chuter en fonction de quatre facteurs principaux : l'espérance de vie, l'âge de la retraite, la structure par âge de la population, et le "mûrissement" des systèmes. Ce "manque à gagner" peut être calculé. Mais comment le pallier ?

menaces qui pèsent sur les retraites. Pour simplifier ces calculs, mais sans trop déformer la réalité, on peut postuler que tout se passe comme si les salariés du secteur privé, couverts par le régime général et les régimes complémentaires, et les salariés du secteur public, couverts par des régimes spéciaux, relevaient d'un seul régime, le "régime unique des salariés".

Le rendement théorique d'un tel régime peut être établi pour une population d'une longévité stable (disons 78 ans de moyenne), d'une retraite au même âge pour tout le monde (60 ans), et donc d'un équilibre entre les actifs et les retraités. On peut alors considérer que le régime reverse à chaque retraité "moyen" l'exakte contrepartie de ses cotisations antérieures, ramenées en francs constants. Puisque la retraite prise à 60 ans dure en moyenne 18 ans, la pension annuelle théorique représente 1/18, soit 6 %, de la contribution individuelle moyenne tout au long des années de travail et de cotisation. On dit que ce régime a un "rendement" de 6 %

En réalité, souligne Gérard Malabouche (1), le

rendement est actuellement bien supérieur. On peut facilement le calculer : le régime général préleve des cotisations (employé + employeur) au taux de 14,6 % du salaire sous plafond⁽²⁾. En 37,5 années de carrière, les cotisations se montent donc à :

$$14,6\% \times 37,5 = 5,5 \text{ fois le salaire annuel.}$$

Pendant sa retraite, et indépendamment de systèmes complémentaires éventuels, le retraité touche chaque année environ 50 % de son salaire. Sa pension annuelle représente donc $0,5/5,5 = 9\%$ de son effort contributif passé. Le rendement est de 9 %, c'est-à-dire 50 % de plus que dans le cas théorique d'un régime "stable", cité ci-dessus.

Plusieurs facteurs ont contribué à ce "bonus", et nombreux d'entre eux sont en train de s'estomper. Ce "gain" de 50 %, remarque M. Malabouche, est en premier lieu le fruit d'une double rente de croissance.

- La croissance démographique : dans les années 1910-1920, on naissait peu et on mourait tôt. Les générations d'après-guerre, au contraire, sont nées nombreuses et ont une plus grande longévité. Résultat : le rapport actuel de la population adulte à la population âgée excède de 30 % ce qu'il serait dans une population en évolution démographique stationnaire.

- L'après-guerre a connu une augmentation considérable de l'activité féminine. Les femmes adultes qui cotisent sont plus nombreuses, alors que les femmes âgées, ayant peu cotisé par le passé, reçoivent de maigres pensions. Cet effet contribue, à peu près autant que le premier, au niveau actuellement élevé du rendement.

En outre, les cotisations (salarié + employeur) n'ont cessé d'augmenter. En 1967, lors de la séparation des cotisations maladie et retraite, auparavant perçues de façon globale, la cotisation vieillesse représentait 8,50 % du salaire moyen sous plafond. En 1974-75 elle passait à 10,25 %, en 1981 à 13 %, en 1982-83 à 13,9 %, avant d'atteindre le taux actuel de 14,6 %. Il s'agit là d'une augmentation de plus de 70 % qui a encore contribué à "gonfler" les retraites, lesquelles — distinction importante — ne sont pas indexées sur le coût de la vie, mais sur les salaires moyens. Or, malgré l'inflation et les crises

économiques, le pouvoir d'achat moyen des Français a été multiplié par trois depuis les années 1950.

Trois chiffres, avancés par le Commissariat général au plan, résument cette évolution : « Au cours des 20 dernières années, les pensions à taux plein du régime général ont été multipliées par 12,5 % alors que les salaires ont été multipliés par 10,3 % et les prix par 4,5 % ». (Cette moyenne, il faut le dire, cache des disparités par âge : les "jeunes" retraités sont en général bien mieux lotis que les plus vieux).

Le retraité moyen d'aujourd'hui, né entre 1900 et 1925, se trouve donc très avantage par rapport à la situation qu'il aurait dans un contexte socio-démographique stationnaire. Mais cela va changer. Dans les années qui viennent, deux groupes importants vont venir gonfler les rangs des "ayants droit" :

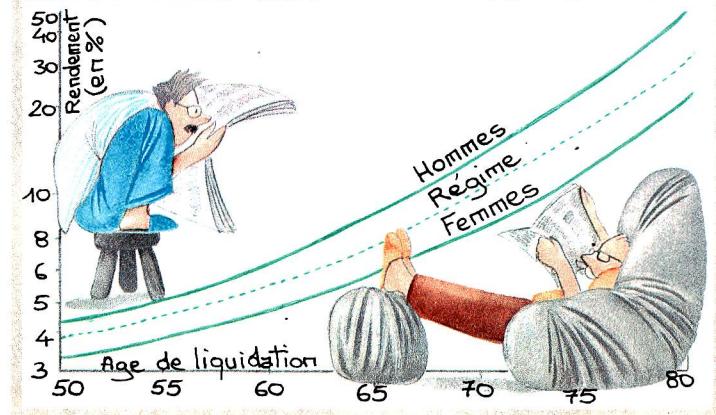
- Les générations du boom démographique de l'après-guerre, qui prendront leur retraite ;
- Les femmes aujourd'hui actives, qui cotisent au profit des retraités d'aujourd'hui, qui prendront

RETRAITE À 70 ANS : 94 %, ET À 50 ANS : 33 %

L'abaissement de l'âge de la retraite a un retentissement immédiat et massif sur le rendement du régime. Alors que l'augmentation de la longévité ajoute des années "en aval" de l'âge de la retraite, une retraite plus précoce ajoute irrévocablement des années "en amont". Ainsi, la retraite à 65 ans pour les hommes correspond à un rendement de 7,72 %, alors qu'une retraite à 60 ans, à un rendement de 5,83 %. Pour que les prestations restent inchangées, il faut que les taux de cotisations soient relevés de $7,72/5,83 = 1,32$, soit d'un tiers environ. Le graphique permet d'évaluer le "poids" sur le régime de retraite de certains régimes spéciaux accordant une retraite à des salariés à 55 ou même 50 ans. Si la

retraite à 50 ans, accessible aux "roulants" de la SNCF, était étendue aux autres salariés, le rendement du régime chuterait à 3,83 %. Pour maintenir les prestations à leur niveau, il faudrait prélever des cotisations une fois et demie plus élevées ($5,83/3,83 = 1,52\%$) que pour un régime liquidant à 60 ans.

Ce graphique permet aussi de trouver le taux de la pension par rapport au salaire si les cotisations restent inchangées. Si la retraite est prise à 65 ans, le taux de pension est de 50 % du salaire. Si elle est prise à 60 ans, la pension sera de 66 % du salaire ($50\% \times 7,72/5,83 = 66\%$). La retraite à 70 ans permettrait de percevoir une pension au taux de 94 %, et une retraite à 50 ans, de 33 % seulement.

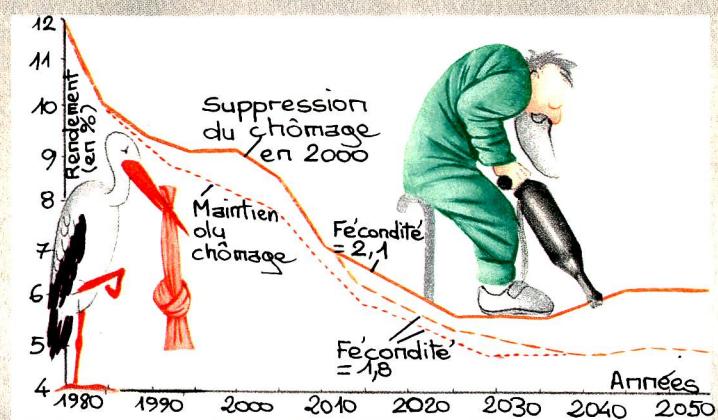


OU BIEN AUGMENTER LA NATALITÉ, OU BIEN RECULER L'ÂGE DE LA RETRAITE

En réunissant les facteurs qui influent sur le rendement du système de retraites, on peut faire une projection de son évolution future, même en introduisant les variables encore inconnues de la fécondité et du taux de chômage. L'hypothèse d'un âge moyen de la retraite à 60 ans est ici retenue. Le rendement, indiqué en ordonnée, peut être défini simplement en disant qu'il est divisé par deux, au cours d'une période, s'il faut doubler les taux de cotisation pour maintenir les annuités sans rompre l'équilibre financier.

On voit que le rendement continue de chuter jusqu'en 2030, atteignant le niveau de 5,6 % environ. Si le taux de fécondité remonte et se maintient à 2,1 enfants par femme (niveau de remplacement des générations), dès l'année prochaine, le rendement remontera graduellement jusqu'à 6 % environ. Si le taux de fécondité reste stationnaire à 1,8 enfant par femme (niveau où il se situe depuis une dizaine d'années) le rendement baissera jusqu'à 4,5 % et ne remontera pas.

Il est en tout cas inéluctable que d'ici 2015, le rendement sera divisé par 1,5 par rapport à la situation actuelle : les événements responsables de cette dégradation se sont déjà produits : les actifs de l'an 2015 sont nés, et ses retraités sont les actifs d'aujourd'hui. Si l'âge de la retraite reste inchangé, si les pensions (pour une carrière complète) sont toujours égales à 50 % du salaire brut, et si elles restent indexées sur les salaires, cela signifie que les taux de cotisation devront être accrus de 50 %, atteignant environ 22 % des salaires (contre 14,6 % actuellement). Cette dé-



gradation sera plus rapide encore si le chômage se maintient.

A partir de 2015, interviendront des facteurs aujourd'hui impondérables, notamment la fécondité.

Si la fécondité se maintient au niveau actuel, le rendement en 2015 sera divisé par 1,8 par rapport au rendement actuel et les cotisations devront être rehaussées jusqu'à 26 % des salaires pour ne pas rogner sur les pensions. En cas de redressement immédiat de la fécondité, ce facteur de division de 1,8 sera atteint une dizaine d'années plus tard.

Il y a, certes, d'autres façons de réagir, ou de ne pas réagir, à la baisse du rendement :

- Si l'on modifie seulement l'âge de la retraite, il conviendrait de la reculer de 7 ans dans le cas où la fécondité atteint le taux de remplacement de 2,1 enfants

par femme, et de 9 ans dans celui d'une fécondité de 1,8.

- Si l'on ne change ni l'âge de la retraite, ni le taux de cotisation, les retraites, actuellement calculées à 50 % du salaire pour une carrière complète, devraient être abaissées à 33 %, voire 28 % dans les régimes spéciaux, et le taux de la pension passerait de 75 % à 50 % ou 42 %.

- Si l'on joue uniquement sur l'indexation des salaires pris en compte lors du calcul de la pension, il faudrait sous-indexer les pensions de 2 à 3 % par an pour le régime général (qui calcule la pension sur le salaire des dix meilleures années). La pension d'un octogénaire s'en trouverait réduite de moitié environ. Pour les régimes spéciaux, la sous-indexation devrait être de 4 à 6 % par an. Un octogénaire y perdrat encore plus.

10 % DU PRODUIT INTÉRIEUR BRUT EN 1984, 17 % EN 2030 ?



En 1984, l'ensemble des retraites s'élevait à 425 960 millions de francs, soit 10 % du produit intérieur brut (PIB) de la France. Le poids des retraites dans le PIB est à peu près inversement proportionnel au rendement du régime, et il va donc augmenter. Ce graphique, dérivé du précédent, montre que la fécondité reste inchangée à 1,8 enfant par femme, l'ensemble des retraites représenterait 17 % du PIB en 2030. Un rebond immédiat de la natalité jusqu'au taux de remplacement de 2,1 enfants par femme ralentirait cette augmentation, mais le poids des retraites atteindrait quand même 15 % du PIB, avant de se stabiliser aux alentours de 14 %.

aussi leur retraite et deviendront des "ayants droit".

Pendant ces mêmes années parviendront à l'âge actif les jeunes peu nombreux nés depuis la baisse de la natalité à partir de 1974. Depuis cette année, le nombre de naissances par femme avoisine 1,8 alors que le taux de remplacement des générations est de 2,1 naissances par femme.

S'ajoute à ces facteurs, déjà favorable, le résultat du "mûrissement" du système de retraites. Un système de retraite arrive à maturité lorsque ses premiers cotisants atteignent l'âge de la retraite ; un système qui n'a pas atteint sa maturité a un rendement élevé, car il perçoit les cotisations des actifs mais paye relativement peu d'annuités. L'ensemble des systèmes français est proche de sa maturité, qu'il atteindra vers la fin du siècle, mais en passant par un fléchissement relatif de 10 % environ de son rendement.

Gérard Malabouche a transcrit ces divers facteurs sous forme de graphiques, qui permettent de suivre l'évolution du régime de retraite en fonction de données économiques, sociales et démographiques dont certaines sont des faits accomplis, tandis que d'autres sont du domaine de la prévision, de la futurologie, ou de l'action politique.

L'auteur de ces calculs souligne que le "régime unique des salaires" ne représente qu'une partie du système existant en France, qui comprend en fait des régimes divers, une disparité des âges de départ en retraite, de durées de carrière, des pensions, etc. Toutefois, ces disparités se compensent dans une large mesure, et l'on peut considérer que les calculs et les graphiques décrivent correctement l'ensemble des systèmes de retraite et leur évolution.

A moyen terme, la dégradation du rendement apparaît comme inéluctable ; l'éventualité d'une soudaine reprise économique, provoquant une pénurie de main-d'œuvre et autorisant une réouverture des frontières aux travailleurs étrangers qui viendraient gonfler les rangs des actifs cotisant au régime, est pratiquement exclue ; celle d'une reprise, même immédiate, de la natalité, n'aurait aucune incidence sur les régimes de retraite avant une vingtaine

d'années, et, par la suite, une incidence de 2 ou 3 points au maximum.

A plus long terme, entre 2000 et 2030, une croissance économique pourrait favoriser une reprise de la natalité et de l'immigration, qui ralentirait le fléchissement de la rentabilité du système, mais celui-ci tendra néanmoins à rejoindre son "niveau de stationnarité", situé aux alentours de 5,8 %

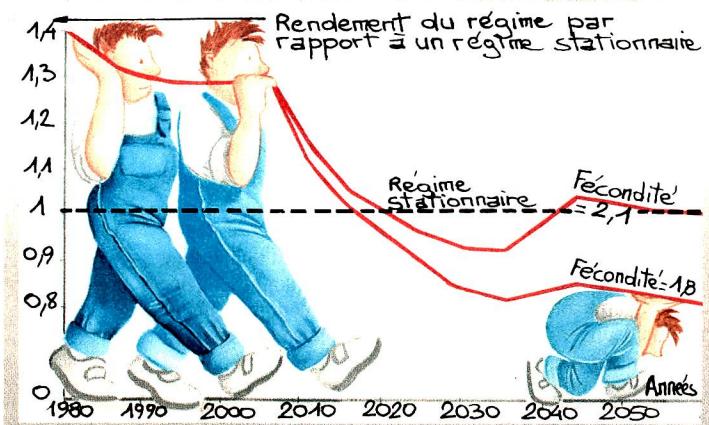
Or, de toute évidence, l'équilibre recettes/dépenses du système par répartition doit être maintenu. Pour ce faire, il faut soit augmenter les recettes (cotisations), soit diminuer les dépenses (pensions), soit jouer sur les deux tableaux : sous-indexer les pensions par rapport aux salaires, et

1987 : 30 % DE PLUS, MAIS EN 2005, 30 % DE MOINS

Ce graphique illustre "l'effet de génération", c'est-à-dire le rapport entre l'effectif moyen des générations actives et l'effectif moyen des générations retraitées. Actuellement, du seul fait de la relative jeunesse de la population, le rendement des régimes de retraite est supérieur de 30 % à ce qu'il serait si la population s'était exactement maintenue. A partir de 2005, ce rendement chuterait de façon abrupte, car les générations nombreuses du "baby boom" d'après-guerre atteindront l'âge de la retraite. Les actifs de l'an 2005 étant déjà nés (vers 1985), rien ne peut pallier cet effet, sauf une reprise de l'immigration.

Gérard Malabouche souligne que, pour la période d'après 2005, « seule une reprise durable et massive de la fécondité (2,5 enfants par femme au moins), ou l'établissement d'un puissant courant d'immigration, permettraient de stabiliser l'"effet de génération" à son niveau actuel. La population étant anormalement jeune, au re-

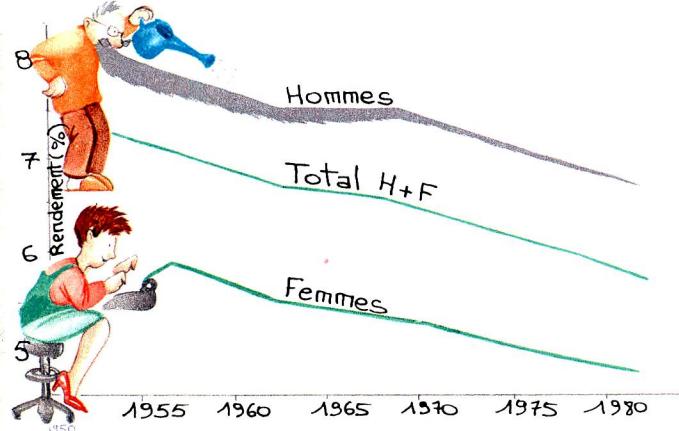
gard des conditions actuelles de mortalité, il est pratiquement impossible qu'elle ne vieillisse pas ». Si le taux de fécondité se stabilise au niveau de 1,8 enfant par femme, le vieillissement démographique, à lui seul, contraindrait les régimes à augmenter leurs cotisations dans une proportion de 60 %. Les calculs montrent que les phénomènes démographiques et l'âge de la retraite ont des effets bien plus importants que le chômage sur le rendement des régimes de retraite. En effet, toutes choses étant égales par ailleurs, un taux de chômage de 10 % contraindrait à augmenter que d'un dixième les taux de cotisation, alors que les phénomènes démographiques ont des conséquences sur le rendement qui se chiffrent en dizaines de points. Cette baisse de rendement peut être compensée, en partie au moins, par une augmentation de la productivité. Après la Seconde Guerre mondiale, il fallait 4 salariés pour assurer une retraite ; il en faut aujourd'hui moins de trois.



LONGÉTIVITÉ ACCRUE + TRAVAIL FÉMININ = RETRAITES DIMINUÉES

Une longévité accrue, même de quelques années, a une grande incidence sur la rentabilité du régime de retraite, du fait que les années de vie s'ajoutent non pas à la vie active, mais à la période de retraite pendant laquelle les retraités perçoivent leurs pensions. Or, depuis 30 ans, l'espérance de vie à 60 ans s'est allongée de plus de 2 ans pour les hommes, passant de 15,2 en 1952-1956, à 17,3 ans en 1979-81. Elle a augmenté pendant la même période de près de 4 ans pour les femmes, passant de 18,5 à 22,3 ans. En plus, le risque de décéder avant la retraite a

diminué. L'effet négatif sur les retraites de l'allongement de la vie a été renforcé par l'entrée massive des femmes sur le marché de l'emploi : les femmes seront plus nombreuses à toucher des retraites, et leur durée de vie retraitée est nettement plus longue que celle des hommes. Le graphique montre que le rendement d'un régime stationnaire théorique s'est abaissé, pour les deux sexes confondus, de 7,4 % à 5,8 %. On peut penser que ce rendement ne diminuera plus, ou très peu, si la longévité n'augmente pas, et si la progression de l'activité féminine plafonne.



augmenter les cotisations.

Les pensions ont jusqu'à présent été indexées sur les salaires, et non pas sur le coût de la vie ; on attend d'un régime de retraite qu'il garantisse non seulement un certain pouvoir d'achat, mais une certaine position dans l'échelle sociale. Laisser entendre qu'on jouera sur l'indexation au gré de la conjoncture risque d'être perçu comme une rupture du contrat, remarque Gérard Malabouche. Seule une croissance réelle des salaires rendrait plus supportable une telle sous-indexation.

Une solution qui permettrait de pallier la dégradation du rendement est l'augmentation, à long terme, des taux d'activité des personnes âgées. Cette solution sera d'autant plus acceptable que les "vieux" d'aujourd'hui sont physiologiquement moins vieux qu'hier, et qu'un nombre important d'"ayants droit" à la retraite préfèrent continuer leur activité professionnelle. Ce phénomène a été

observé il y a plusieurs années aux Etats-Unis, et plus récemment en Allemagne, où des groupes de pression (lobbies) de personnes âgées, dites les "panthères grises" se sont opposées au principe de la retraite obligatoire à âge fixe. C'est le recul volontaire de l'âge de la retraite, éventuellement favorisé par les pouvoirs publics. « C'est, écrit Gérard Malabouche, l'hypothèse la plus digne de considération dans le long terme : de même que la crise économique n'a pas été étrangère à la décision d'abaisser l'âge de la retraite, la pénurie de main d'œuvre d'une reprise économique prolongée conduirait assez naturellement les pouvoirs publics à reculer l'âge de la retraite ».

Quant à l'augmentation du taux de cotisation, on peut penser qu'elle sera mieux tolérée si le pouvoir d'achat des actifs augmente sensiblement. En cas de reprise de la croissance économique, une solution intermédiaire pourra être trouvée entre l'abaissement trop brutal des taux d'annuité, l'augmentation trop rapide des cotisations, et un recul trop important de l'âge de la retraite. Si la crise se prolonge, le maintien du chômage bloquera toute révision de l'âge de la retraite ; la stagnation du pouvoir d'achat des salariés rendra difficilement supportable un alourdissement des charges ; et une sous-indexation des pensions

risquerait de se traduire par un abaissement du pouvoir d'achat des retraités.

« En toute hypothèse, conclut Gérard Malabouche, des décisions devront être prises. Dans une économie en expansion, ces décisions seraient seulement moins douloureuses ».

Alexandre Dorozynski

(1) Etudes publiées dans *Population*, revue de l'Institut national d'études démographiques, n°1, 1987 ; "Retraites : les périls de l'an 2030", Etudes et recherches du Commissariat Général du Plan, n°5, avril 1987 ; et "Vieillir solidaires", Commissariat général au Plan.

(2) La Caisse nationale d'assurance vieillesse des travailleurs salariés calcule les cotisations sur le salaire plafonné à 9 630 F par mois. La part du salarié est de 6,4 %, soit 616 F, et celle de l'employeur, 8,20 %, soit 790 F. La cotisation totale se monte donc à 14,6 %, soit 1 406 F sur ce "plafond". La pension maximale perçue est de 50 % du salaire sous plafond, soit 4 815 F par mois pour une "carrière complète" de 150 trimestres (ou 37,5 ans). Le montant de la retraite est calculé en fonction du salaire annuel moyen valorisé année par année, les 10 meilleures années étant prises en compte, du nombre de trimestres de travail, et de l'âge de la retraite.

REFLEX: L'ÉLECTRONIQUE CASSE LES PRIX

Un nouveau 24 × 36 automatique doté d'un micro-ordinateur arrive sur le marché. Aussi perfectionné que la plupart de ses concurrents, il est cependant moins cher.

La firme japonaise Nippon Kogaku lance ce mois-ci le Nikon F-401, un appareil 24 × 36 reflex automatique. Depuis 1984, c'est le neuvième reflex à programmes multiples d'exposition et à mise au point automatique qui est proposé aux photographes amateurs.

L'ont précédé, les Minolta 5000, 7000 et 9000, le Nikon F-501, l'Olympus OM 707, les Canon EOS 620 et 650 et le Pentax SFX.

Chaque fois qu'un nouvel appareil arrive ainsi sur le marché, se pose la question du progrès accompli par rapport aux modèles existants. Avec le Nikon F-401, il faut avouer que la réponse n'est pas facile. En effet, ces 9 reflex sont tous des appareils complexes, compliqués même, qui ont bien des caractéristiques similaires. Et, paradoxalement, le dernier venu semble parfois en retrait sur ses concurrents. Essayons donc d'y voir clair.

Les similitudes, tout d'abord : les 9 reflex sont à mise au point automatique avec toute la gamme de leurs objectifs. Ils possèdent un ou plusieurs programmes d'exposition automatique du film, les deux automatismes à priorité (sauf sur l'Olympus) qui permettent soit un réglage automatique du diaphragme après choix et affichage d'une vitesse (priorité à la vitesse donc), soit un réglage automatique de la vitesse après affichage d'un diaphragme (priorité au diaphragme). Tous possèdent aussi l'automatisme de l'exposition au flash (dite TTL dans le jargon des constructeurs) qui signifie que la lumière de l'éclair de flash est mesurée directement sur le film durant l'exposition et que cet éclair est interrompu électroniquement dès que la surface sensible a reçu la dose de photons nécessaire à son impression.

A l'exception du Minolta 5000 (le bas de gamme de la marque), tous ont une mémorisation d'exposi-



tion pour permettre au photographe de cadrer son image après mesure de la lumière (celle-ci étant faite sur une plage déterminée — par exemple un visage — que le photographe estime être la plage de référence pour une exposition parfaite). Cette mise en mémoire, à l'évidence, ne peut intéresser que des photographes chevronnés, capables de choisir efficacement la plage de mesure de la lumière. Elle suppose donc que l'appareil n'est plus tout à fait automatique. C'est le cas sur tous les reflex en cause qui, selon des modes différents, peuvent être réglés en semi-automatisme.

Autres points communs à ces reflex : l'entraînement du film se fait par moteur (sur le premier-né, le Minolta 9000, le moteur est autonome), un ou plusieurs micro-ordinateurs de 4 à 8 bits contrôlent les fonctions essentielles, le flash est automatiquement couplé pour intégrer les paramètres de prise de vue et l'affichage de la sensibilité du film est lui aussi automatique (système DX).

Par rapport à ces données générales, le F-401 n'innove pas. Mais innove-t-il sur certaines caractéristiques particulières comme le firent ses concurrents ?

Minolta qui fut la première firme en 1984 à intégrer la mise au point automatique à un reflex 24 × 36, le modèle 9000, en l'associant à une gamme spéciale d'objectifs AF (autofocus), a, depuis, sorti le Minolta 7000 à moteur intégré et le Minolta 5000, modèle simplifié, sans les automatismes à priorité, sans mémorisation des mesures et sans verres de visée interchangeables. Dès le Minolta 9000, le programme automatique d'exposition du film était conçu pour s'adapter à la focale de l'objectif, y compris avec un zoom.

Le constructeur partait de l'idée qu'un téléobjectif exige une vitesse plus rapide qu'un grand

PAR LAURENT DOUEK

angulaire pour réduire le risque de perte de netteté due au "bougé". Il a donc conçu un microprocesseur qui, dans ce cas, choisit un programme favorisant les vitesses rapides. Ce perfectionnement fut repris par la suite sur d'autres boîtiers notamment le Nikon F-501 et le Nikon F-401.

Avec le 501, Nikon a cependant innové en créant une mise au point automatique sophistiquée commandée par micro-ordinateur dans le boîtier, qui conserve la classique baïonnette AI de ses objectifs. Ainsi deux modes de mise au point sont utilisables : vue par vue pour les photos ordinaires et en continu pour suivre des sujets en mouvement. Dans le premier cas, le déclenchement n'est possible que si le sujet est net sur le dépoli. Dans le second, le système maintient la mise au point durant le dépla-

cement du sujet. La rapidité de prise de vue peut ainsi s'en trouver accrue. De plus, cette mise au point automatique fonctionne aussi de nuit, en photo au flash (avec le flash Nikon SB-20). Le Nikon F-401, nous le verrons plus loin, a abandonné ce système, alors qu'Olympus l'a adopté sur son modèle OM-707.

Sur cet OM-707, Olympus a réalisé un dispositif exclusif : un obturateur à rideau permettant la synchronisation au flash électronique jusqu'au 1/2000 s. Il faut bien entendu utiliser un flash spécial Olympus (F 280) qui prolonge la durée de l'éclair tout le temps du défilement du rideau. De plus, le photographe peut obtenir un éclairage complémentaire au flash de jour, pour éclairer les ombres d'un contre-jour : la demande de cet éclair complémentaire est laissée à l'initiative de l'utilisateur, mais le réglage est ensuite automatique. Ce dernier système est maintenant classique. On le retrouve sur les Canon EOS et sur le Nikon F-401.

Le système EOS de Canon, sans doute le plus sophistiqué de tous les reflex à mise au point automatique, est aussi le plus novateur : les commandes entre le boîtier et les objectifs sont purement électroniques et chaque objectif possède son micromoteur de mise au point. Ainsi, sur les petits objectifs un moteur mécanique relativement léger commande le déplacement des lentilles. Sur les gros objectifs ayant de forts déplacements de lentilles, un moteur plus sophistiqué est utilisé pour agir pratiquement sans inertie. Il s'agit d'un moteur circulaire qui actionne les bagues par vibrations ultrasonores induites. Autre innovation Canon : la mise au point peut prendre en compte la profondeur de champ, c'est-à-dire régler le diaphragme et la distance pour obtenir un champ de netteté déterminé (par exemple de 2 à 3 m).

En définitive face à ses concurrents, le Nikon F-401 semble n'apporter aucun perfectionnement vraiment nouveau. Lancé moins de 3 mois après les Canon EOS on pourraît même penser que ce nouveau boîtier se trouve d'emblée dépassé par ceux-ci. Malgré les apparences, il n'en est rien.

Il ne faut pas oublier, en effet, que la compétition technologique

FICHE TECHNIQUE DU NIKON F-401

Objectifs

- Interchangeables à baïonnette AI.
- Accepte les objectifs Nikkor AF, Nikkor AI et Nikon E (la mesure de la lumière n'est pas possible avec ces deux dernières gammes).

Mise au point

- Automatique ou manuelle avec les objectifs Nikkor AF. Détection de la netteté par un réseau de 200 capteurs DTC. Le déclenchement de l'appareil n'est possible que si la mise au point est effectuée, sauf en mode manuel.
- La mémorisation de la mise au point effectuée est possible en laissant le doigt appuyé sur le déclencheur.

Viseur

- Reflex, à prisme et miroir à retour rapide après le déclenchement.
- Informations dans le viseur : mise au point effectuée, exposition correcte, nécessité de mettre le flash en service.

Obturateur

- Lamelles à déplacement vertical.
- Vitesses régulées électroniquement en continu de 1 s à 1/2000 s en exposition automatique.
- Vitesses normalisées de 1 s à 1/2000 s et pose B en réglage manuel.

Posomètre

- Trois photodiodes au silicium dans le viseur et une sous le miroir principal pour la mesure de l'éclair du flash sur le plan du film.

Mesure de la lumière

- Séparément sur 3 zones avec comparaison à des cas types en mémoire.
- Sélective sur la partie centrale de l'image (correspond à la plage centrale du verre de visée délimitée par un cercle gravé de 12 mm de diamètre).
- Par réflexion sur le plan du film en prise de vue au flash.

Contrôle de l'exposition

- Automatique, 4 modes possibles :
 - Double programme (programme normal et programme privilégiant les vitesses rapides), le microprocesseur choisit le programme convenant en fonction de l'objectif fixé sur le boîtier.
 - Automatisme à priorité diaphragme.
 - Automatisme à priorité vitesse
 - Semi-automatique
 - Réglage de la vitesse et du diaphragme par l'opérateur avec contrôle de l'exposition correcte par un signal lumineux dans le viseur.

Sensibilité

- Indexage automatique grâce au code DX inscrit sur les cartouches de film, de 25 à 5 000 ISO.

Chargeur

- Mise en place du film automatique par moteur intégré.
- Entraînement automatique après chaque vue.
- Rebobinage motorisé avec arrêt automatique en fin de rebobinage.

Flash

- Incorporé, nombre guide 12.
- Synchronisation au 1/100 s.
- Mesure de l'éclair du flash par réflexion sur le plan du film
- Fonctionnement automatique également avec les flashes SB 20 et SB 22 qui comportent un émetteur infrarouge fournissant une lumière d'appoint au système de mise au point automatique.

Autres caractéristiques

- Retardateur.
- Alimentation avec 4 piles de 1,5 V
- 154 × 102 × 65,5 mm.
- 645 grammes nu.

Prix moyen

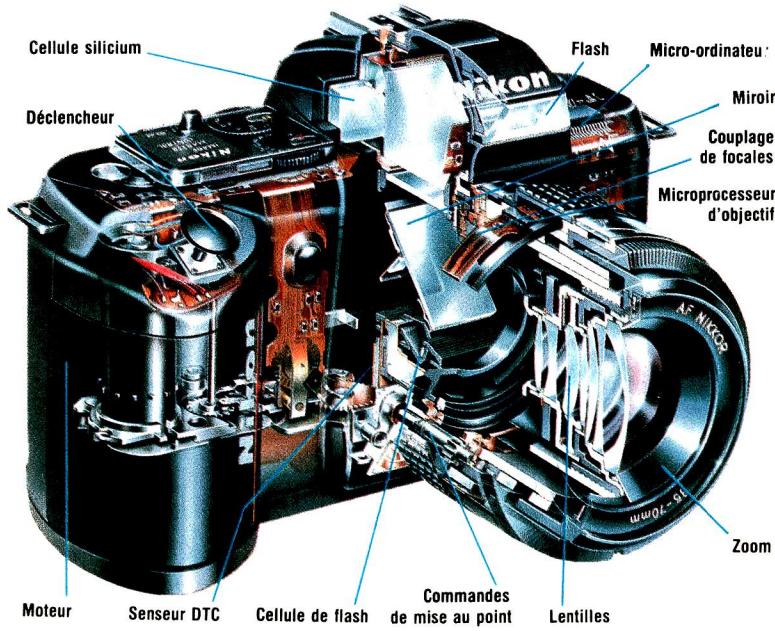
3 400 F avec objectif 1,8/50 mm.

se double d'une compétition économique. Ainsi, le prix d'un nouvel appareil est-il souvent plus important que ses perfectionnements lorsqu'il s'agit de le vendre. Avec le F-401, Nikon a surtout cherché à battre un record de prix et l'innovation technologique a été utilisée à seule fin (ou presque) d'abaisser le coût d'un réflex sophistiqué. Il coûte environ 3 400 F avec un objectif 1,8/50 mm. Seul le Minolta 5000, beaucoup plus simple, est moins cher : 3 300 F avec 1,7/50 mm. Tous les autres sont plus coûteux (avec des objectifs similaires) : environ 3 550 F l'Olympus OM 707 (également plus simple), 4 000 F pour les appareils de même classe (Minolta 7000, Nikon F-501, Canon EOS 650 et Pentax SFX), plus de 5 000 F enfin, pour les appareils haut de gamme, (Canon EOS 620 et Minolta 9000).

Comment Nikon est-il arrivé à cette réduction de coût ? En simplifiant deux technologies que ses ingénieurs maîtrisaient bien, celle du Nikon FA et celle du Nikon F-501, et en utilisant un nouveau micro-ordinateur intégré pour conserver au mieux les qualités de ces deux appareils.

Le Nikon FA est un appareil de classe professionnelle dont la qualité du système d'exposition est bien connue (un système que Canon vient d'ailleurs de reprendre sur ses modèles EOS). Il repose sur l'utilisation de 5 circuits de cellule pour mesurer distinctement 5 zones du champ de visée. Un microprocesseur compare ces 5 mesures à des données mémorisées afin de déterminer l'exposition idéale. Cela revient, à partir de cas de figures caractéristiques, à éliminer les mesures de plages trop claires ou trop sombres situées en un point du champ et qui fausseraient l'exposition.

Sur le Nikon F-401, le nombre des plages de mesure a été réduit à trois : partie droite, un cercle au centre et partie gauche. Les trois mesures sont traitées par un micro-ordinateur 8 bits qui les compare à trois valeurs de contraste (image très contrastée, peu contrastée et normale) et à 5 types de sujets (scène de nuit, intérieur éclairé, paysage moyen, paysage par beau temps et paysage très ensoleillé). De cette comparaison le micro-ordinateur déduit son ordre qui consistera à retenir soit la mesure des trois plages (donc tout le champ avec prédominance centrale), soit la mesure sélective au centre, soit encore la mesure des trois plages avec prise en compte des ombres larges. Avec les contre-jours très durs, le microprocesseur demande au photographe, par le biais d'un voyant



lumineux apparent dans le viseur, de mettre en service le flash incorporé au prisme afin d'éclaircir les ombres (le diaphragme et l'intensité de l'éclair sont alors automatiquement réglés).

Le Nikon F-401 possède par ailleurs un système de mise au point automatique dérivé de celui du F-501, mais plus simple : il n'est utilisable que vue par vue et non en continu. Sa précision et sa rapidité de réaction ne sont pas affectées pour autant car le système utilise un nouveau senseur constitué de 200 cellules (seulement 96 dans le F-501). En particulier, ce senseur permet des mesures en faible lumière, à 1 lux. Si la lumière est plus faible encore, l'automatisme de la mise au point ne peut alors être conservé qu'en utilisant un flash spécial, le Nikon SB 22 qui comporte un générateur de faisceau infrarouge. Ce faisceau atteint le sujet qui devient visible pour le senseur de mise au point.

Pour le reste, le Nikon F-401 est un reflex des plus classiques (*voir sa fiche technique ci-contre*). La présence de trois automatismes, du semi-automatisme et de plusieurs systèmes de mesures, en font un appareil pour amateurs avertis. Il est utilisable, bien sûr, par un amateur peu au fait de la technique photographique ; mais, dans ce cas, seul l'automatisme à programme sera employé. Preuve que, comme ses concurrents, le Nikon F-401, n'est pas un modèle véritablement automatique.

Laurent Douek

Pour plus de détails sur les appareils mentionnés dans cet article, voir *Science & Vie*, n° 804 (Nikon FA), n° 811 (Minolta 9000), n° 817 (Minolta 7000), n° 823 (Nikon F-501), n° 825 (Minolta 5000), n° 829 (Olympus OM 707), n° 835 (Canon EOS et Pentax SFX).

SCIENCE JEUX

Le coussin d'air

PHYSIQUE AMUSANTE

Une feuille de papier qui tombe de la table, virevolte dans l'air puis termine sa chute par un long glissement sur le plancher, c'est déjà de la sustentation par coussin d'air.

Le frottement d'un papier sur un parquet, même lisse et bien ciré, n'est pas négligeable et il suffit de lancer une feuille de copie à plat sur le sol pour voir qu'elle ne va pas bien loin : quelques centimètres, alors que celle qui est tombée de la table peut glisser sur près d'un mètre. Il a donc fallu que le frottement soit très diminué, ce qui s'explique par un léger surcroît de pression qui maintient pendant quelques fractions de seconde une couche d'air lamellaire entre la feuille et le sol.

Ce film d'air agit comme un parfait lubrifiant, et permet à la feuille de continuer sa course jusqu'au moment où elle finit par toucher le sol et là, c'est vite l'arrêt. On retombe ici sur le premier problème qui s'est posé à l'homme dès qu'il a fallu transporter des charges un peu lourdes, en particulier des pierres, sur des distances appréciables. Le frottement d'un gros bloc rocheux sur le sol dur est déjà si élevé que le déplacer constitue un tour de force. Interposer des rondins entre le sol et le bloc constituait à la fois la première approche de la roue et le premier essai de lubrification.

De fait, un tronc de bois est plus facile à rouler qu'à traîner, mais interposer entre deux surfaces un élément facilement mobile constitue justement une lubrifi-

cation. On s'en aperçut dès l'invention de la roue : les chariots permettaient le transport des lourdes charges, mais les paliers et les moyeux s'usaient vite par frottement. Il restait à interposer entre les deux une graisse dont les molécules roulaient les unes sur les autres, solution pratique qui resta longtemps en usage.

Avec la mécanique industrielle, le palier lisse de ce type s'avéra insuffisant et on lui ajouta des billes, auxquelles on ajoutait une huile pour que le glissement soit meilleur. Il reste toutefois un très léger frottement, même avec les meilleures billes et les huiles les plus fines. Une des solutions apportées consista à s'affranchir à la fois des billes et des huiles en revenant au palier lisse mais avec un lubrifiant gazeux, bien plus fluide que les liquides les plus légers.

Dans ce palier on envoie de l'air sous pression pour soulever l'axe et supprimer tout contact entre les deux pièces. L'étape suivante consistait à élargir le procédé : après avoir supprimé les billes des roulements, il ne restait plus qu'à supprimer les roues, le nouveau véhicule reposant directement sur une couche d'air : il était difficile d'abaisser encore plus loin les frottements, et seuls les paliers magnétiques sous vide font mieux encore

puisqu'il n'y a même plus l'infime résistance des molécules gazeuses.

Reste que soulever un objet sous la seule pression de l'air pour le faire flotter et glisser sur une couche gazeuse apparaît comme aussi vain que de vouloir gonfler une chambre à air percée ; en effet, il ne s'agit plus de poser l'objet sur un piston dans un cylindre étanche et d'envoyer la pression par dessous, mais de le faire reposer sur un film d'air qui a toute latitude pour s'échapper par les bords. A priori la chose paraît impossible, alors qu'elle est en réalité très facile comme nous allons le vérifier avec un petit montage conçu par P. Courbier.

Pour simplifier, imaginons une plaque carrée ayant 1 m de côté posée sur un sol bien plat. Cette plaque étant soumise de toutes parts à la pression atmosphérique, qui est voisine de 1 bar, elle repose maintenue immobile par son poids et les forces de frottement qui en résultent. Notons tout de suite que cette pression agissant uniformément sur tout ce qui nous entoure, ses variations ne sont prises en considération que par les services de la météorologie, ou ceux qui s'intéressent à la prévision du temps en consultant le baromètre.

Il en découle que quand on parle de la pression à mettre pour gonfler un pneu, par exemple, il s'agit de pression relative, et non d'une mesure absolue : une roue gonflée à 1,8 bar enferme en réalité de l'air qui est à 1,8 bar au-dessus de la pression atmosphérique, laquelle est de 1 bar. La pression absolue par rapport au vide, ou pour une utilisation mécanique, est en réalité de $1,8 + 1 = 2,8$ bars.

Pour tout ce qui concerne le coussin d'air, nous ne considérons que des pressions relatives, c'est-à-dire le supplément par rapport à la pression atmosphérique qui, agissant de tous les côtés en même temps ne joue aucun rôle dans la sustentation. Revenons maintenant à notre plaque de 1 m de côté, percons quelques petits trous vers le milieu et insufflons de l'air par les trous — il n'est pas même besoin d'un gonfleur ; souffler avec la bouche suffit. Cet air qui passe sous la plaque par les trous va chercher, conformément à la loi d'expansion, à se répandre tout autour.

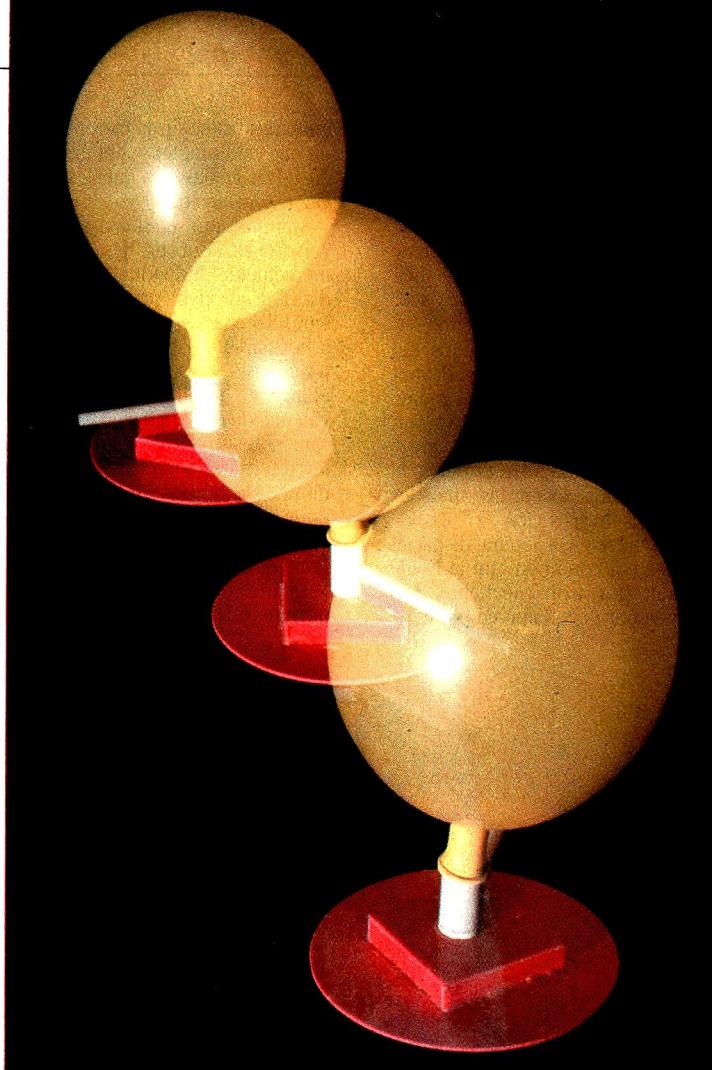
Pour ce faire, il doit soulever la plaque, ce qui peut apparaître bien difficile quand elle est chargée, par exemple si un adulte de 75 daN (ou 75 kgf, ancien style) est assis dessus. En réalité, nos 75 daN répartis sur une surface de 1 m², soit 10 000 cm², seront équilibrés dès qu'une force de sens contraire de $75/10\,000 = 75$ mN (ou 7,5 grammes-force du vieux système) s'exercera sur chaque cm². Il suffit donc d'une pression un peu supérieure à 7,5 mbar s'exerçant uniformément sous la surface de notre plaque de 1 m chargée d'une masse de 75 kg pour la soulever.

Or une pression de 7,5 mbar est celle qu'exerce une masse de 7,5 g, par exemple une bille, installée dans un tube ayant 1 cm² de section : il suffit de souffler un peu fort dans ce tube pour faire monter la bille. Avec notre plaque, il suffirait donc de souffler dans les trous assez longtemps pour qu'une pression un peu supérieure à 7,5 mbar s'établisse sous la plaque et la soulève (avec le souffleur assis dessus). Il y a là une analogie avec le principe de la presse hydraulique où une faible force exercée sur un petit piston permet de lever une forte charge posée sur un grand piston.

Toutefois l'analogie s'arrête vite, car dans la presse hydraulique on a affaire à des systèmes étanches, alors que notre plaque est seulement posée sur un sol plat : dès que l'air, en légère surpression, arrive aux bords, il s'échappe. Si la plaque n'est soulevée que d'une fraction de mm, l'espace sur les bords est très mince et l'air s'échappe. Si la plaque n'est soulevée que d'une fraction de mm, l'espace sur les bords est très mince et l'air s'échappe lentement ; tout le problème est de débiter un volume suffisant par unité de temps pour que la quantité insufflée chaque seconde compense celle qui s'échappe.

Même avec un bon athlète, les capacités pulmonaires sont insuffisantes pour obtenir une sustentation prolongée en soufflant, et de toute façon il faut un débit continu que ne peut fournir la respiration.

Il n'en reste pas moins que, par principe, la pression respiratoire peut suffire à soulever une fraction de seconde une masse de 75 kg (soit un poids d'environ 75 daN)



posée sur une plaque ayant 1 m de côté. En pratique, on utilisera une pompe rotative et, puisqu'il faut un fort débit avec une pression relative assez faible, une petite turbine, axiale ou centrifuge, convient très bien. Dès que la plaque qui forme le soubassement est soulevée de quelques millimètres, toute la charge se trouve posée sur un film d'air à la fois très fluide et très souple qu'on a popularisé sous le nom de coussin d'air.

Du point de vue frottement, ce coussin se comporte comme un lubrifiant presque parfait et la résistance à l'avancement est négligeable. De nombreuses manipulations destinées à illustrer les lois du choc élastique utilisent des disques métalliques glissant, par coussin d'air interposé, sur une vaste surface irrégulière et qui

comporte donc, même à échelle très réduite, des pics et des vallées, l'air insufflé au centre s'échappe directement par les vallées sans que la pression s'élève.

Si les écarts de relief sont très faibles par rapport aux dimensions de la plaque, les lois de l'écoulement d'un fluide visqueux compressible montrent qu'une certaine pression s'établit quand même sous cette plaque — de fait, aucune surface n'est réellement plane au sens mathématique du terme ; mais elle se comporte comme telle dès que les irrégularités sont négligeables par rapport à la taille de la plaque. Si ce n'est pas le cas, il faut border les côtés de jupes souples dont les franges suivront le relief et empêcheront l'air de s'échapper trop vite.

La sustentation par coussin d'air 115

offre en effet l'avantage de ne réclamer qu'une faible surpression pour soulever des charges très importantes. On a donc vu là le moyen de faire du transport sur terre en se passant des roues dont sont équipées tous les véhicules habituels. En pratique, on a vite constaté que le relief, même en plaine, garde des dimensions qui ne sont pas négligeables devant celles du soubassement, et même avec des jupes souples tout autour, de tels engins ne sont à l'aise que si le terrain ne comporte ni haies, ni ravins, ni talus accentués ; mais les jupes s'usent très vite.

Par contre ce problème disparaît sur l'eau, à condition que la houle ne soit pas trop méchante. Les Anglais ont développé ce mode de

qui puisse aller sur la mer, même là où elle est complètement gelée sur de telles épaisseurs que les brise-glace sont arrêtés.

Mentionnons qu'il existe à travers toute l'Europe des amateurs de véhicule individuel à coussin d'air, et que des épreuves sont organisées chaque année (en France, à la Chapelle d'Angillon). Bien entendu, le circuit traverse des étangs, ce qui illustre bien la polyvalence de ces engins qui circulent sans transition sur l'eau ou sur la terre ferme. Tous ces engins, sont munis de jupes en caoutchouc pour compenser les inégalités du sol tout en maintenant une certaine étanchéité.

D'autre part, ces véhicules comportent un ou plusieurs moteurs

actionnant des turbines pour assurer le débit d'air sous la caisse, et une ou plusieurs hélices pour le mouvoir, ainsi que des gouvernes de direction pour contrôler sa trajectoire. Il faut bien voir en effet qu'un objet sur coussin d'air est posé sur un fluide parfaitement glissant n'ayant pratiquement aucune résistance à l'avancement dans toute direction. Comme une barque flottant sur l'eau, il est immédiatement entraîné là où souffle le vent, ou dans le sens de la moindre déclivité. Sa conduite s'apparente donc au pilotage d'un savon sur un bord de lavabo, et seules les forces aérodynamiques des hélices et des gouvernes lui assurent quelque maniabilité.

On vérifiera d'ailleurs cette mo-

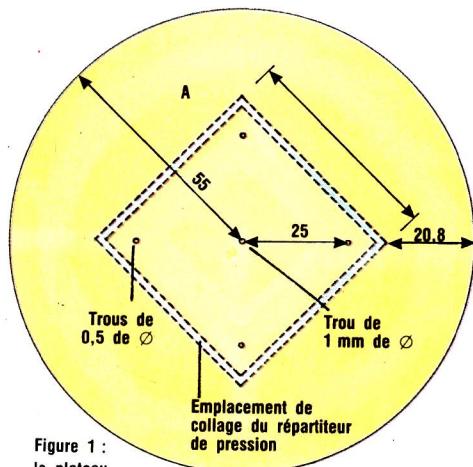


Figure 1 :
le plateau

transport pour franchir la Manche sous le nom d'Hovercraft, mais ils sont restés pratiquement les seuls à exploiter le procédé de manière commerciale. En URSS, il semblerait que des transporteurs de ce type, de grosse capacité, aient été mis au point par l'armée : ils ont l'avantage de franchir le terrain même quand celui-ci est détrempé et transformé en véritable marais. Pour certaines régions, où l'expérience de la Seconde Guerre a montré que les véhicules conventionnels, même à chenilles, s'embourbaient complètement, c'est là un atout considérable. La même chose reste valable pour le franchissement de zones inondées où alternent gel et dégel. Enfin, le véhicule à coussin d'air est le seul

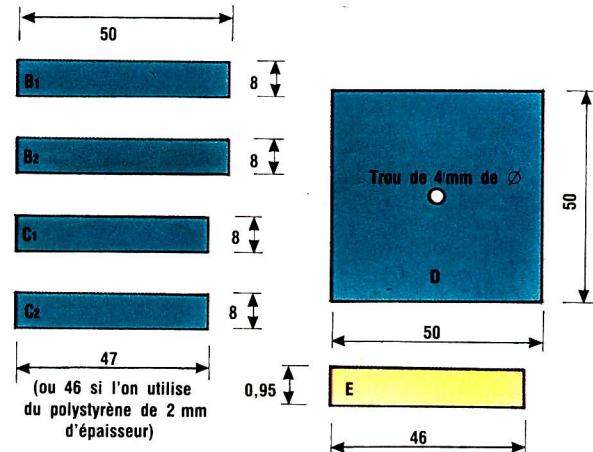


Figure 2 : le répartiteur de pression

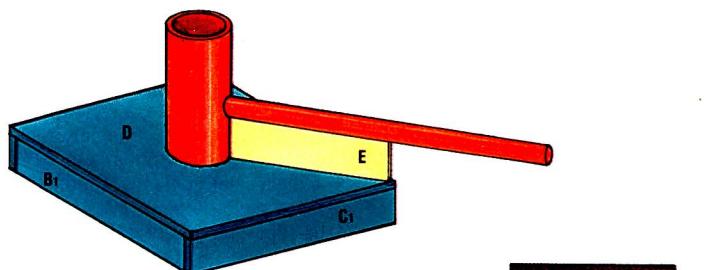


Figure 3 : assemblage du répartiteur et de la tuyère

Bouchon de tuyère
(gaine thermorétractable)

Tube plastique Ø ext. 15
intér. 12. Long. 30 mm

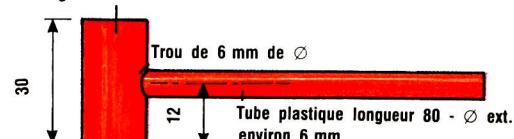


Figure 4 :
détail de la tuyère

bilité avec le modèle réduit que nous proposons de construire. Très simple, il est destiné à circuler sur des surfaces lisses et n'a pas besoin de jupe ; la source d'air sous pression se réduit à un ballon en latex préalablement gonflé.

Certes, il eut été possible de fabriquer un modèle avec turbine intégrée et moteur thermique ou électrique de modèle réduit, mais la difficulté de construction aurait largement excédé la limite que nous nous sommes fixée dans cette rubrique. Toutefois, si un de nos lecteurs modéliste réalisait un engin autonome à moteur, nous ne manquerions pas de le publier.

Notre exemplaire, qui a été conçu par Pierre Courbier, ne réclame qu'un minimum de matériel :

- polystyrène-choc de 1,5 ou 2 mm d'épaisseur ;
- 1 tube plastique de 3 cm, diamètres intérieur et extérieur 12 et 15 mm ;
- 3 cm de gaine thermorétractable, diamètre 8 mm ;
- 1 tube plastique de 8 cm, diamètre extérieur 8 mm ;
- ballons gonflables comme on en trouve chez les marchands de jouets ou dans les supermarchés.

A part le polystyrène, qu'on peut se procurer directement ou par correspondance, soit aux Ets Pierron Entreprise, 4 rue Gutenberg, 57206 Sarreguemines, soit chez Adam Montparnasse, 11 bd Edgar-Quinet, 75014 Paris, tous les autres éléments sont faciles à trouver.

Le modèle illustré a été réalisé en polystyrène de 1,5 mm, mais le 2 mm conviendrait aussi bien. On commence la construction par le socle, qui est formé d'un disque de polystyrène de 110 mm de diamètre, pièce A, **figure 1** ; il sera marqué selon la méthode du compas de découpe maintenant familière à nos lecteurs. On le tracera soigneusement, y compris les emplacements de collage du boîtier répartiteur de pression dont les cotes sont indiquées **figure 2**.

Cinq trous y seront percés ; l'un, au centre, a un diamètre de 1 mm, les quatre autres de 0,5 mm. Pour percer ces trous, des aiguilles légèrement chauffées sur le gaz, ou avec un briquet, conviendront.

On veillera seulement à ce qu'ils débouchent bien, et à enlever avec un cutter les bavures de polystyrène fondu qui risqueraient de

nuire au contact avec le sol : le dessous de la pièce A doit être parfaitement plat. C'est en effet entre cette surface et celle du sol que doit se produire un effet de lame d'air très mince.

Pour que ce coussin d'air soit bien régulier, et pour compenser d'éventuelles irrégularités de la pièce A, nous avons prévu plusieurs trous d'échappement. Ils sont alimentés par l'air comprimé provenant d'un ballon via un répartiteur de pression composé des pièces B₁, B₂, C₁, C₂ et D dont les dimensions sont données **figure 2**.

Ce boîtier devra être étanche ; on veillera donc à le tracer, le marquer, le découper et le poncer le mieux possible. On percera au centre de la pièce D un trou de 4 mm de diamètre.

On assemblera le tout avec de la colle Uhu-Plast. Avant de le coller sur la pièce A, on déposera avec l'embout du tube un filet de colle dans les angles internes du boîtier répartiteur afin de garantir une parfaite étanchéité. On attendra le séchage complet, soit environ 1 heure, avant de poursuivre la construction. Les quatre tranches inférieures, celles qui doivent être collées sur A, seront poncées sur une feuille de papier abrasif disposé à plat sur une surface plane, côté abrasif sur le dessus. Ainsi, on obtiendra un excellent assemblage, sans fuite possible entre le boîtier et la pièce A.

Dans un tube en plastique d'un diamètre extérieur de 15 mm, on sciera une longueur de 30 mm dont les tranches seront perpendiculaires à l'axe du tube comme indiqué **figures 3** et **4**. Nous avons utilisé un tube de ce diamètre destiné aux canalisations électriques, mais il est fait en PVC et non en

polystyrène : la colle Uhu-Plast ne prend pas sur le PVC. Donc, pour assembler les tubes entre eux et pour les coller sur la pièce D, on emploiera une colle cyanocrylate.

Ce tube est destiné à la fois à servir d'embout au ballon et à dériver une partie du flux d'air dans un autre tube qui servira à la fois de tuyère de propulsion et d'embout de gonflage. Cette tuyère aura une longueur d'environ 8 cm. Son diamètre dépendra de l'approvisionnement ; un chalumeau de 6 à 7 mm de diamètre peut convenir.

A 12 mm de la base du tube de 15 mm, on percera un trou d'un diamètre correspondant à celui de la tuyère. Il ne restera plus qu'à assembler les deux tubes et à les coller sur la pièce D en intercalant la pièce E destinée à consolider le tout lors du collage sur la pièce E — toujours à la cyanocrylate. Si on veut juste expérimenter le glissement parfait du coussin d'air, on peut boucher la tuyère afin que sa poussée n'interfère pas. Pour cela, une bonne solution consiste à la munir d'un capuchon confectionné avec un morceau de gaine thermorétractable.

Ce type de plastique, comme son nom l'indique, a la propriété de se rétracter lorsqu'on le chauffe avec prudence sur une flamme. En serrant avec les deux doigts l'extrémité dépassante — **figure 4** — alors qu'elle est encore chaude, on la fermera et il sera facile de la manipuler par la suite. Il restera à mettre en place le ballon, choisi parmi les modèles qui, non gonflés, ont une longueur de 8 à 9 cm. En effet, on ne gagne rien à utiliser un trop gros ballon.

Les meilleurs résultats seront obtenus sur une table plaquée de Formica, ou Célamine, ou autre matériau stratifié très lisse ; un linoléum état neuf fait également un bon terrain d'expérience. Le mobile étant posé sur cette surface

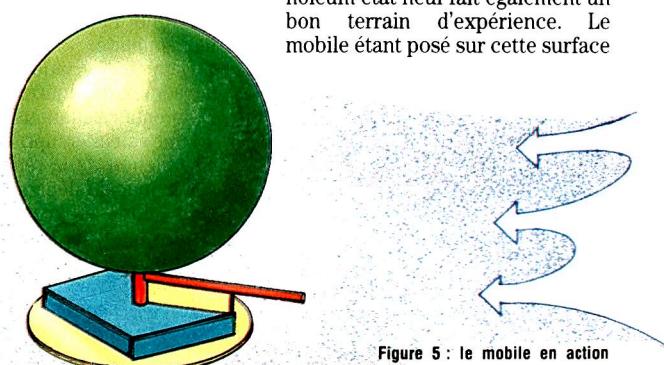


Figure 5 : le mobile en action

plane, on gonflera le ballon en soufflant dans le petit tube ; dès qu'on relâchera l'engin, il partira dans le sens opposé à celui du jet d'air ; il s'agit bien d'un appareil à réaction.

On observe alors que si le prolongement vers l'avant de l'axe de poussée ne passe pas par le centre du disque, il aura tendance à pivoter. En effet, le très faible frottement met en évidence le fait que la trajectoire réelle d'un tel engin est celle que parcourt son centre de gravité. Etant donné qu'il ne peut se mouvoir que dans un plan, toute irrégularité de construction provoquera une rotation autour de l'axe passant par la verticale de son centre de gravité.

Si un mur l'empêche de continuer, le choc provoquera la rotation de la tuyère : le sens de la poussée sera modifié aléatoirement. C'est pourquoi nous avons prévu un obturateur qui permet de supprimer la composante horizontale. Si l'on gonfle le ballon et que l'on bouche la tuyère, le mobile restera immobile si le plan sur lequel il repose est horizontal. Dans le cas contraire, il aura tendance à glisser dans le sens de la pente.

On constatera aussi la parfaite fluidité du coussin d'air : un souffle suffit à déplacer le mobile quand il est en lévitation. On pourra aussi vérifier les lois du choc élastique : quand le mobile heurte un mur, il repart avec un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence. On pourra aussi, vu la simplicité du montage, expérimenter avec deux mobiles, et voir au ralenti les modifications du rebond quand on donne une rotation un peu vive à l'engin. Après, rien n'empêche de construire une maquette à coussins d'air de taille supérieure, alimentée par deux ou trois ballons, ou un seul plus grand, et vérifier qu'on peut charger le véhicule sans arrêter pour autant l'effet coussin d'air.

Renaud de La Taille

N.B. Les expériences les plus marquantes publiées dans cette rubrique depuis 1977 ont été rassemblées dans un premier volume *La physique amusante*, collection Savoir et Comprendre, Edition *Science & Vie-Pierron*, qui donne en plus tous les détails de la méthode hobbystryne que nous ne pouvons répéter à chaque fois pour nos nouveaux lecteurs. Cet ouvrage est en vente à nos bureaux au prix de 75 F.

Bonne route !

INFORMATIQUE AMUSANTE

En cette période de départs en vacances, nous vous proposons un programme permettant de calculer d'avance la durée d'un trajet en voiture. Notons que, celui-ci prenant en compte les limitations de vitesse en vigueur, les conditions météo sur l'ensemble du parcours et le type de route empruntée, le nombre d'heures qu'il indiquera sera souvent à prendre comme un maximum raisonnable. Néanmoins en lui proposant de calculer différentes fois la durée d'un même trajet, mais à un horaire différent, il pourra vous conduire à modifier l'horaire de votre départ afin de vous éviter une crise de nerf, immobilisé sur la file de gauche de l'autoroute, sous un soleil de plomb ou, si vous le réutilisez pour partir aux sports d'hiver, coincé entre deux camions enlisés dans la neige.

Passons donc à l'écriture de notre programme. Sa majeure partie ne sera, en fait, que l'initialisation de variables en fonction des réponses fournies à une batterie de questions.

Une page d'accueil sera affichée sur l'écran, des lignes 10 à 50. Ceci terminé, dès qu'une touche du clavier sera frappée, l'ensemble des variables correspondant aux réponses posées sera initialisé à 0. Nous trouverons, dans l'ordre, J correspondant au jour du départ, M aux conditions météo, H à la tranche horaire, T aux lieux de départ et d'arrivée, A, N et V au type de route empruntée et, enfin, PD, PR et PA aux différentes phases du voyage ; PD pour le départ du domicile, PR pour le trajet sur route et PA pour l'arrivée au lieu souhaité.

Cette initialisation terminée, le questionnaire pourra commencer. En premier lieu, nous attribuerons à J une valeur comprise entre 1 et 3 en fonction de la réponse fournie sur le jour du départ. Cette valeur sera entrée en mémoire grâce à l'ordre input de la ligne 230 puis contrôlée par la ligne 240. Si la réponse fournie ne correspond pas à l'un des choix proposés, la question sera de nouveau posée.

De même, le questionnaire concernant les conditions météo sera proposé des lignes 260 à 310. La valeur de M sera mémorisée par la ligne 320 puis contrôlée, comme précédemment, en ligne 330.

Viennent les questions concernant la tranche horaire du départ dont le but sera d'attirer une valeur à H en ligne 410 et contrôlée en 420, puis, sur le même principe, celle visant le lieu de départ et d'arrivée, la réponse étant mémorisée par T.

Pour le type de route utilisé, le principe sera légèrement différent dans le sens où l'ordinateur demandera directement le nombre de kilomètres (approximatif) parcouru sur chacun d'entre eux.

La valeur respective de ces kilométrages sera donc attristée à trois variables différentes. En ligne 530, nous mémoriserons le nombre de kilomètres d'autoroute, en 540 celui de route nationale et en 550 celui de départementale.

L'ensemble de ces valeurs déterminées, grâce aux réponses fournies aux diverses questions posées, le calcul de la durée du voyage pourra commencer. Elle sera entièrement calculée en minutes, puis traduite en heures et minutes à la fin du programme, et comportera trois phases principales.

La première phase, occupant les lignes 560 à 570 du programme, calculera le temps nécessaire pour quitter le lieu de départ en fonction de l'endroit, du jour du départ et de la tranche horaire choisie.

La seconde concernera le trajet sur route. Ici, nous utiliserons trois variables complémentaires PW, PX et PY chargées respectivement de calculer la durée sur autoroute, et départementale, du trajet en fonction du jour et de ses conditions météo. Ce calcul sera effectué par les lignes 580 à 610 du programme. Le total du temps de parcours sera attitré à PR en ligne 620.

Enfin vient le calcul du temps nécessaire pour rejoindre la résidence du lieu de vos vacances en fonction de sa situation ; grande

- 1: ENTRE 0 H ET 6 H.
- 2: ENTRE 18 H ET 24 H.
- 3: ENTRE 6 H ET 12 H.
- 4: ENTRE 12 H ET 18 H.

VOTRE CHOIX, PUIS 'ENTER'?

ville ou petit village.

En premier lieu, un calcul de la tranche horaire d'arrivée sera effectué par les lignes 630 à 670. Ici nous utiliserons, de nouveau, deux variables auxiliaires HA et HV. La tranche horaire de l'arrivée sera déterminée par la valeur prise par HA. La durée totale de la phase d'arrivée sera mémorisée par PA, en fonction du jour et de l'heure d'arrivée, en ligne 690.

Ceci terminé, nous connaîtrons donc précisément, en minutes, la durée totale du voyage ; il nous suffira d'additionner PD, PR et PA. Cependant, afin de présenter ce résultat de manière plus agréable donc en heures et minutes, nous effectuerons une conversion du nombre obtenu à l'issue de cette addition. Pour cela, trois variables

auxiliaires seront encore utilisées ; DH correspondra à la durée du parcours en heures, DM à celle en minutes et SM à la somme totale des minutes précédemment calculée.

La valeur de DH et DM sera déduite de SM par les lignes 730 et 740 et, enfin, le résultat sera affiché sur l'écran, sous une forme claire, par les lignes 750 à 780.

Notons que, grâce à la ligne 790, si, une fois le résultat obtenu, une touche est frappée au clavier, le programme sera prêt pour entamer le calcul de la durée d'un nouvel itinéraire ou du même, sous d'autres conditions horaires, de météo ou de jour de départ.

La frappe de ce programme ne doit pas poser de problème particulier ; nous avons, en effet, évité

l'utilisation du basic abrégé afin de simplifier son adaptation sur d'autres appareils, ou même sa compréhension.

Son utilisation est également des plus simples. Après l'avoir entièrement frappé, RUN sera demandé. La page d'accueil devra alors apparaître puis, après avoir tapé une touche, il suffira de répondre, avec soin, aux questions posées par l'ordinateur, pour que le résultat soit affiché.

Henri-Pierre Penel

```

5 REM ****
6 REM * PAGE D'ACCUEIL
7 REM ****
10 MODE 0
20 LOCATE 5,5: PRINT "BONJOUR;"
30 LOCATE 3,10: PRINT "JE VOUS SOUHAITE"
40 LOCATE 3,15: PRINT "BONNE ROUTE..."
50 LOCATE 1,20: PRINT "TAPER UNE TOUCHÉ SVP"
60 IF INKEY$="" THEN GOTO 60
70 MODE 1
75 REM ****
76 REM * INITIALISATION VARIABLES PRINCIPALES*
77 REM ****
80 LET J=0
90 LET M=0
100 LET H=0
110 LET T=0
120 LET A=0
130 LET N=0
140 LET V=0
150 LET PD=0
160 LET PR=0
170 LET PA=0
180 CLS
185 REM ****
186 REM * PRISE EN COMPTE DU JOUR DE DEPART *
187 REM ****
190 PRINT "LE JOUR DE VOTRE DEPART EST-IL ?"
200 LOCATE 5,5:PRINT"1: UN JOUR DE SEMAINE."
210 LOCATE 5,10:PRINT"2: UN WEEK END."
220 LOCATE 5,15:PRINT"3: UN JOUR DE GRANDS DEPARTS."
230 LOCATE 5,20:INPUT"VOTRE CHOIX, PUIS 'ENTER'";J
240 IF J<1 OR J>3 THEN GOTO 230
250 CLS
255 REM ****
256 REM * PRISE EN COMPTE CONDITIONS METEO *
257 REM ****
260 PRINT "PARLONS UN PEU METEO."
270 LOCATE 5,3:PRINT"PEPOSEZ-VOUS TROUVER UN TEMPS: "
280 LOCATE 5,10:PRINT"1: SEC"
290 LOCATE 5,12:PRINT"2: PLUIEUX."
300 LOCATE 5,14:PRINT"3: AVEC RISQUE DE VERGLAS."
310 LOCATE 5,16:PRINT"4: A LA NEIGE."
320 LOCATE 5,20:INPUT"VOTRE CHOIX, PUIS 'ENTER'";M
330 IF M<1 OR M>4 THEN GOTO 320
340 CLS
345 REM ****
346 REM * PRISE EN COMPTE DE L'HEURE DE DEPART *
347 REM ****
350 PRINT "VERS QUELLE HEURE PENSEZ-VOUS"
360 LOCATE 5,3:PRINT"PRENDRE LA ROUTE: "
370 LOCATE 5,10:PRINT"1: ENTRE 0 H ET 6 H."
380 LOCATE 5,12:PRINT"2: ENTRE 18 H ET 24 H."
390 LOCATE 5,14:PRINT"3: ENTRE 6 H ET 12 H."
400 LOCATE 5,16:PRINT"4: ENTRE 12 H ET 18 H."
410 LOCATE 5,20:INPUT"VOTRE CHOIX, PUIS 'ENTER'";H
420 IF H<1 OR H>4 THEN GOTO 410
430 CLS
435 REM ****
436 REM * LIEU DE DEPART ET D'ARRIVEE *
437 REM ****
440 PRINT "VOTRE TRAJET S'EFFECTUERA:"
450 LOCATE 5,10:PRINT"1: DE GRANDE VILLE A GRANDE VILLE"

```

```

460 LOCATE 5,12:PRINT"2: DE GRENADILLE A PROVINCE."
470 LOCATE 5,14:PRINT"3: DE PROVINCE A GRANDE VILLE."
480 LOCATE 5,16:PRINT"4: DE PROVINCE A PROVINCE."
490 LOCATE 5,20:INPUT"VOTRE CHOIX, PUIS 'ENTER'";T
500 IF T<1 OR T>4 THEN GOTO 490
510 CLS
515 REM ****
516 REM * PRISE EN COMPTE DU TYPE DES ROUTES *
517 REM ****
520 PRINT "COMBIEN VOTRE TRAJET COMPORTERA-T-IL?"
530 LOCATE 1,10: INPUT "DE Km D'AUTOROUTE ";A
540 LOCATE 1,10: INPUT "DE Km ROUTE NATIONALE ";N
550 LOCATE 1,10: INPUT "DE Km ROUTE DEPARTEMENTALE ";V
555 REM ****
556 REM * CALCUL DE LA DUREE NECESSAIRE *
557 REM * POUR QUITTER LE LIEU DE DEPART *
558 REM ****
560 IF T=1 OR T=2 THEN LET PD= 15*J*H
567 REM *
570 IF T=3 OR T=4 THEN LET PD= 5*J*H
575 REM ****
576 REM * CALCUL DE LA DUREE DU PARCOURS *
577 REM ****
580 LET PW=0: LET PX=0: LET PY=0
590 LET PW=205*(1+(J/2))*1+(M/2))
600 LET PX=N*0.41*(1+(J/2))*(1+(M/2))
610 LET PY=N*0.5*(1+(J/2))*(1+(M/2))
620 LET PR=PW+PX+PY
625 REM ****
626 REM * CALCUL DE LA TRANCHE HORAIRE *
627 REM * D'ARRIVEE EN FONCTION DUREE PARCOURS *
628 REM ****
630 LET HA=0:LET HV=0
640 LET HV=INT((PD+PR)/360)
650 IF HV>3 THEN LET HV=HV-4
660 LET HA=HV
670 IF HA>4 THEN LET HA=HA-4
675 REM *
676 REM * CALCUL DE LA DUREE NECESSAIRE *
677 REM * POUR ATTEINDRE LE LIEU D'ARRIVEE *
678 REM ****
680 IF T=1 OR T=3 THEN LET PA= 15*J*HA
690 IF T=2 OR T=4 THEN LET PA= 5*J*HA
700 CLS
705 REM ****
706 REM * CALCUL DE LA DUREE TOTALE DU VOYAGE *
707 REM ****
710 LET DH=0:LET DM=0:LET SM=0
720 LET SM=INT((PD+PR+PA))
725 REM ****
726 REM * CONVERSION EN HEURES ET MINUTES *
727 REM ****
730 LET DH=INT(SM/60)
740 LET DM=SM-(DH*60)
745 REM ****
746 REM * AFFICHAGE DU RESULTAT *
747 REM ****
750 LOCATE 1,5:PRINT"VOTRE VOYAGE DEVRAIT DURER ENVIRON:
"
760 LOCATE 1,10:PRINT DH;"Heures";DM;"Minutes."
770 LOCATE 1,20:PRINT"TAPER UNE TOUCHÉ S.V.P."
780 IF INKEY$="" THEN GOTO 780
790 GOTO 80

```

Un stroboscope électronique

ELECTRONIQUE AMUSANTE

Comme chacun sait, un éclairage stroboscopique, lumière constituée d'éclairs très brefs, permet de décomposer les mouvements. Cette particularité a souvent été exploitée pour l'étude "au ralenti" du comportement de pièces mécaniques en mouvement. De même, des stroboscopes sont souvent utilisés pour l'animation lumineuse de nombreuses discothèques pour donner aux danseurs l'illusion de mouvements figés et saccadés, rappelant les balbutiements du cinéma.

Nous vous proposerons donc de réaliser ce mois-ci un stroboscope électronique. Cependant il s'agit à nouveau d'un montage directement relié au secteur. Nous ne saurions donc trop vous recommander une grande prudence lors de sa mise en service. De même, une fois le montage terminé et testé, il sera indispensable de l'habiller d'un boîtier en plastique afin de pouvoir l'utiliser sans risque ; chose que nous n'avons pas faite pour les besoins de notre photographie.

Ces quelques précisions apportées, passons à l'étude de notre réalisation. Sa pièce-maitresse sera un tube à éclats. Il s'agit d'un petit tube de verre contenant un gaz raréfié, un peu comme un tube fluorescent. Cependant, une telle lampe a été étudiée pour pouvoir fournir un éclair très intense mais

de durée très brève ; cas idéal pour nous, mais n'étant en aucun cas utilisable comme moyen d'éclairage. De plus, afin que notre tube à éclats veuille fonctionner correctement, il nous faudra céder à ses caprices, à savoir l'alimenter sous environ 350 volts, et commander son déclenchement à l'aide d'une impulsion de plusieurs milliers de volts. A l'électronique donc de résoudre ces problèmes.

Pour l'alimentation en 350 volts, il nous suffira de redresser le courant alternatif du secteur puis de le filtrer à l'aide d'un condensateur pour que le tour soit joué. En effet, dans ce cas, le condensateur se chargera à la tension crête du secteur (soit 250 volts multipliés par racine de 2, soit encore $250 \times 1,4$), soit 350 volts.

Néanmoins un condensateur n'étant, en fait, dans notre cas, qu'une minibatterie, il serait utopique de lui demander de se charger à 350 volts si nous lui demandions de fournir sans arrêt du courant. Heureusement le fonctionnement du tube à éclats vient ici nous aider.

En effet il ne consommera de l'énergie que pendant la durée de l'éclair et laissera, entre deux flashes, tout loisir au condensateur de se recharger. Mais vient se greffer ici un nouveau problème ; la puissance admissible par le tube. En effet, rien ne nous empêcherait, sauf notre disjoncteur peut-être, de lui fournir une puissance énorme de manière à obtenir de superbes flashes. Cependant, lorsqu'il est amorcé, le tube ne supporte pas de dissiper plus de 40 joules et ce en 1/2000 de seconde au maximum. De là, nous pourrons facilement calculer la valeur limite du condensateur à utiliser, grâce à la loi : $Q = C.U$, où Q est exprimé en coulombs, et où donc l'unité de temps est la seconde, C en farads et U en volts.

Pour fournir une énergie de 40 joules durant 1/2000 de seconde il nous faudrait donc un condensateur, sous 350 volts, de 570 microfarads. Mais notre tube ne supporte une telle impulsion qu'une

fois par seconde. Si, comme dans notre cas, nous désirons envoyer plusieurs éclairs chaque seconde, nous devrons diminuer l'énergie envoyée à chaque impulsion et, par voie de conséquence, la valeur du condensateur. Pour nous, si nous voulons obtenir 10 éclairs par seconde, il sera donc prudent de diviser la valeur du condensateur par 10 et, pour tomber sur une valeur normalisée, de se limiter à 47 microfarads.

L'impulsion d'amorçage sera obtenue à partir d'un petit transformateur. Son primaire, ici encore, sera attaqué par la décharge d'un condensateur et son secondaire sera directement relié à l'électrode d'amorçage du tube à éclats.

Etant donné la valeur élevée des tensions mises en jeu dans ce montage, la commande des impulsions délivrées au primaire du transformateur sera assurée par un triac. Leur cadence sera réalisée par un oscillateur rudimentaire, réalisé à l'aide d'un condensateur, d'un diac et d'un potentiomètre permettant de faire varier la durée les séparant.

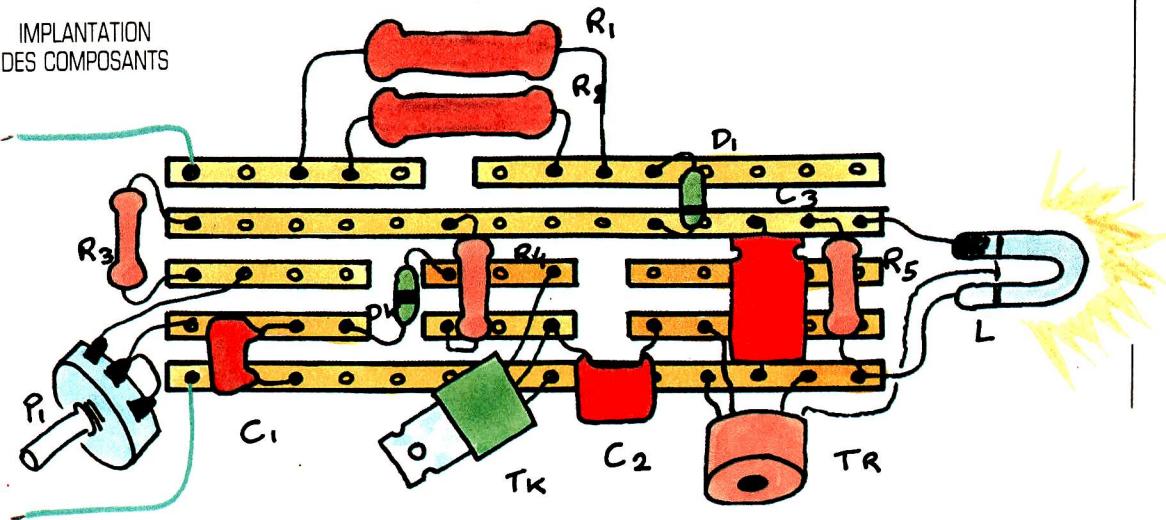
Pour terminer, notons que deux résistances de puissance, montées en parallèle, seront intercalées entre le secteur et le condensateur

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
- △ **ELECTRONIC AT HOME**, rue des Philosophes, 51, 1400 Yverdon, Suisse
- △ Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.



IMPLANTATION DES COMPOSANTS



de 47 microfarads; ceci afin de limiter le courant ponctuellement demandé au secteur et, par voie de conséquence, d'éviter le déclenchement du disjoncteur, voire la destruction des bandes de cuivre de la plaquette de câblage.

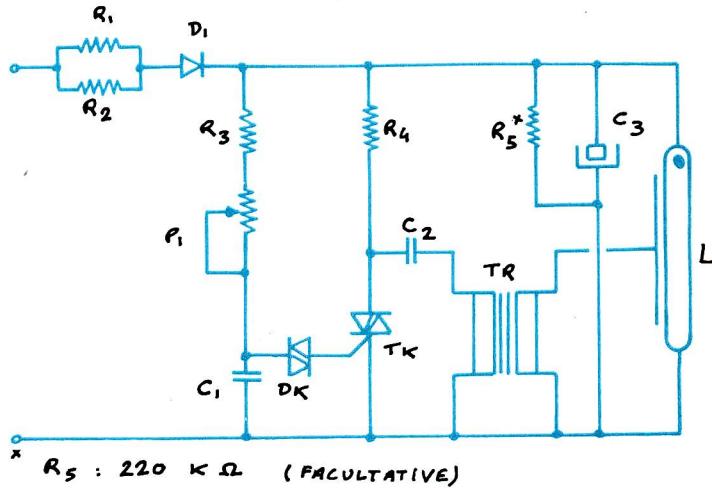
Hormis les problèmes liés à la présence du secteur, ce montage ne présente pas de difficultés de réalisation.

Il faudra cependant prendre soin de respecter le brochage du triac, la polarité du condensateur de 47 microfarads, celle du tube et les bobinages du transformateur d'impulsions.

En ce qui concerne le tube, l'électrode correspondant à son extrémité noire devra être connectée au + du condensateur.

Pour les transformateur, les contacts portant les fils de plus forte section devront être câblés côté triac et ceux correspondants aux fils les plus fins, côté électrode d'amorçage du tube à éclats.

La mise en route de cette réalisation est des plus simple. En effet, dès son raccordement au secteur, des flashes successifs doivent être observés. Rappelons qu'il ne faudra en aucun cas toucher à la plaquette de câblage lorsque le montage est sous tension et que, bien qu'une résistance de décharge et de mise hors tension du montage soit prévue, il faudra respecter une durée de 9 secondes entre le moment où la fiche secteur aura été déconnectée et toute intervention sur la plaquette sur



NOMENCLATURE

- R₁ = 2,2 kilohms 10 watts
- R₂ = 2,2 kilohms 10 watts
- R₃ = 470 kilohms (jaune, violet, jaune, or)
- R₄ = 22 kilohms (rouge, rouge, orange, or)
- P₁ = potentiomètre 1 mégohm

- C₁ = 220 nanofarads 400 volts
- C₂ = 470 nanofarads 400 volts
- C₃ = 47 microfarads 350 volts
- TR = transformateur d'amorçage
- DK = diac 32 volts
- TK = triac
- L = tube à éclats 40 joules

laquelle a été fait le câblage.

Pour terminer, et afin que ce stroboscope vous donne toutes satisfactions, nous vous conseillons vivement d'équiper la plaquette de

câblage d'un boîtier en plastique dont seul l'axe du potentiomètre dépassera et, enfin, de ne pas l'utiliser plus de 30 secondes d'affilée.

Henri-Pierre Penel 121

Une alimentation programmable

INFORMATIQUE PRATIQUE

Nous vous proposons de réaliser ce mois-ci une alimentation programmable. Elle intéressera, bien entendu, en premier lieu les passionnés de montages électroniques. Ici l'ordinateur aura une double fonction. D'une part, il vous permettra de fixer la tension continue délivrée par l'alimentation entre 0 et + 15 volts et, d'autre part, il sera chargé de la mesure du courant électrique consommé. Il sera donc possible, par programme, de fixer un seuil de disjonction ou de connaître à tout moment le courant consommé par le montage alimenté. Cette alimentation délivre une tension continue filtrée et régulée ; elle pourra donc être directement utilisée pour tester des montages demandant une tension comprise entre 0 et 15 volts et dont la consommation en courant n'excédera pas l'ampère.

Ces quelques points précisés, voyons rapidement le principe de fonctionnement.

La commande de la tension de sortie sera effectuée très simplement en utilisant les bits issus de notre interface principale pour générer une tension de référence ; nous ferons une conversion digitale-analogique du nombre binaire présenté par l'interface. Cette tension de référence sera alors comparée à la tension effectivement présente en sortie de l'alimentation par la première cellule d'un amplificateur opérationnel et sa sortie viendra commander la base d'un transistor de puissance chargé d'assurer la stabilisation de la tension choisie. Il est donc visible que toute modification du nombre binaire présenté par l'interface provoquera une variation de la tension délivrée par notre montage. Ceci nous permettra de choisir, directement depuis l'ordinateur, la valeur de la tension à délivrer.

La mesure du courant consommé est également assurée de manière simple. A cet effet nous avons inséré en série, entre le

condensateur de filtrage et le transistor de régulation, une résistance de 1 ohm. Le passage d'un courant de 1 ampère à travers celle-ci provoquera donc une différence de potentiel de 1 volt à ses bornes. De même, le passage d'un courant de 0,5 ampère provoquerait une différence de potentiel de 0,5 volt. Si nous savons donc "faire lire" à l'ordinateur l'évolution de cette variation de potentiel nous serons en mesure de lui faire mesurer le courant consommé ; c'est ce que nous ferons en utilisant, cette fois-ci, un convertisseur analogique-numérique. Ce dernier doit cependant recevoir, pour effectuer sa conversion, une tension comprise entre 0 et 5 volts. Ceci est loin d'être le cas

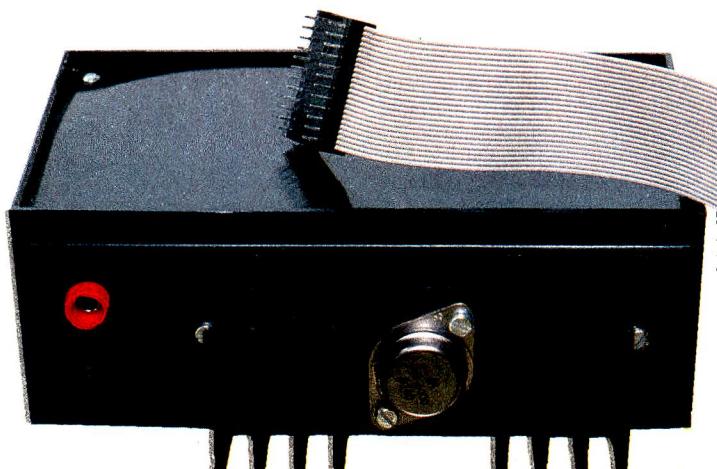
puisque d'une part notre variation de potentiel n'est que de 1 volt et que, d'autre part, elle se trouve "portée" par une tension continue d'environ 18 volts ; tension présente sur le condensateur de filtrage. Nous nous libérerons de ces deux contraintes en utilisant la seconde cellule de notre amplificateur opérationnel. Nous le chargerais de l'amplification par cinq de la variation de tension issue de la résistance de 1 ohm et de l'élimination du 18 volts ; parasite pour cette mesure. Le signal issu de la deuxième sortie de l'amplificateur opérationnel sera donc appliqué au convertisseur analogique-numérique, un ADC 0804, composant qui nous est maintenant familier. Les données issues de cette conversion seront transmises à l'ordinateur par l'intermédiaire de l'interface principale.

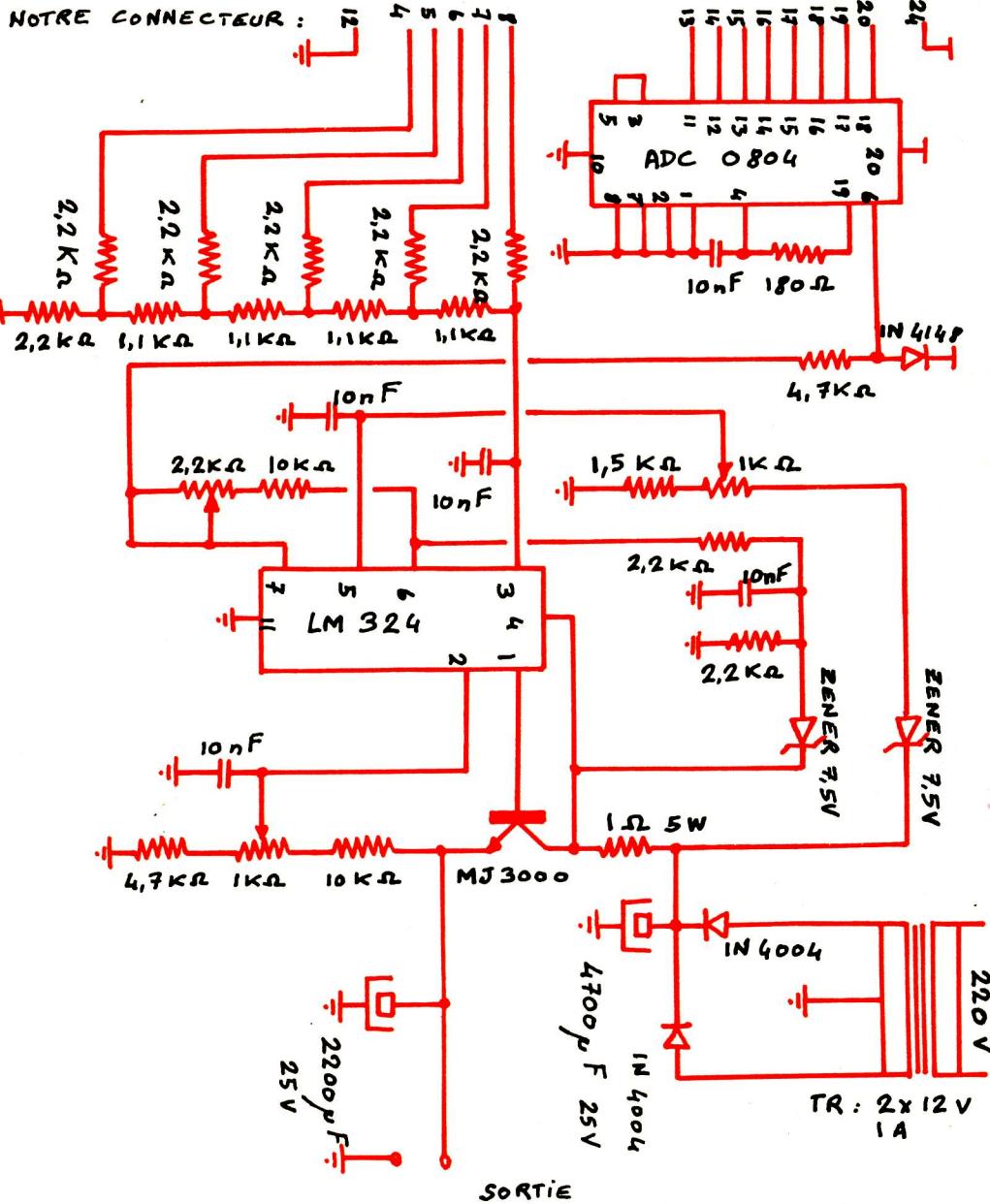
Le câblage de cette alimentation ne doit pas poser de problème. Il faudra seulement prendre soin de bien isoler les cosses du transformateur reliées au secteur. Une fois

```

10 CLS: LET V=0: LET VS=0: LET A=0: LET AM=0
20 PRINT "TENSION CHOISIE ?"
30 INPUT V
40 CLS
50 PRINT "SEUIL DE DISJONCTION EN mA ?"
60 INPUT D
70 LET VS= 2*V: LET DS=D/3.95
80 LET A=INT (A*3.95)
90 LET AM=INT (A*3.95)
100 CLS: PRINT AT 5,0;"TENSION CHOISIE: ";V;" VOLTS"
110 PRINT AT 10,0;"COURANT CONSUMME: ";AM;" mA"
120 IF A>=DS THEN GOSUB 500
140 GOTO 80
500 OUT 255,0: CLS
510 PRINT AT 10,0;"ALIMENTATION DISJONCTEE"
520 PRINT AT 15,0;"TAPER UNE TOUCHE POUR REARMER."
530 IF INKEY="" THEN GOTO 530
540 OUT 255,VS
550 RETURN

```





cette opération terminée, il pourra être nécessaire d'ajuster les deux petits potentiomètres de réglage de la tension de sortie et de mesure du courant afin que les résultats présentés par l'ordinateur soient conformes à la réalité.

Cette opération s'effectuera par comparaison des valeurs affichées avec celles fournies par un voltmètre puis par un ampèremètre

monté en série sur une charge quelconque. Précisons que ces réglages ne sont pas indispensables si une erreur de 10 à 15 pour 100 sur les valeurs affichées ne sont pas pénalisantes pour vos essais.

Le programme que nous vous proposons est également très simple et pourra être modifié au goût de chacun. La tension désirée

sera demandée, puis affichée pour mémoire. De même un seuil de disjonction sera demandé puis également affiché. Ensuite le courant consommé sera indiqué en permanence et son dépassement, par rapport à la valeur précédemment déterminée, provoquera la disjonction du système. Son réarmement sera obtenu en tapant "R" au clavier.

Henri-Pierre Penel

L'influence de la Terre sur les orbites des satellites

LE "MICRO" DE L'INGENIEUR

Notre planète Terre n'a pas fini de lever le voile sur tous ses secrets, on s'en doute bien. Les surprises qu'elle nous a livrées ne sont pas cependant si bien connues de monsieur Tout-le-Monde.

Non, nous ne faisons pas allusion aux 30 % de Français qui croient encore que c'est le Soleil qui tourne autour de la Terre !

le centre de la Terre et joignant les deux pôles. Cet axe est perpendiculaire à l'écliptique, c'est-à-dire que l'équateur (dont le plan est perpendiculaire à l'axe polaire) est incliné d'une vingtaine de degrés, $23^{\circ} 27'$ pour être précis. C'est cette inclinaison qui modifie l'ensoleillement moyen d'une région au cours de l'année et qui est donc responsable :

rotation propre de la Terre c'est précisément le mouvement apparent du Soleil sur le ciel, qui semble tourner autour de nous en 24 heures. Seulement, ce n'est pas en mesurant ce mouvement apparent que l'on peut en déduire avec précision celui de la Terre.

En effet le mouvement apparent du Soleil est le résultat d'autres phénomènes supplémentaires. L'ellipse parcourue par la Terre n'étant pas un cercle, la deuxième loi de Kepler (voir notre rubrique dans *Science & Vie* n° 832 de janvier dernier) stipule que sa vitesse de translation autour du Soleil varie au cours de l'année. Ceci fait que la durée du jour, déjà variable par suite de l'inclinaison de l'équateur, subisse encore des modifications annuelles (**figure 2**).

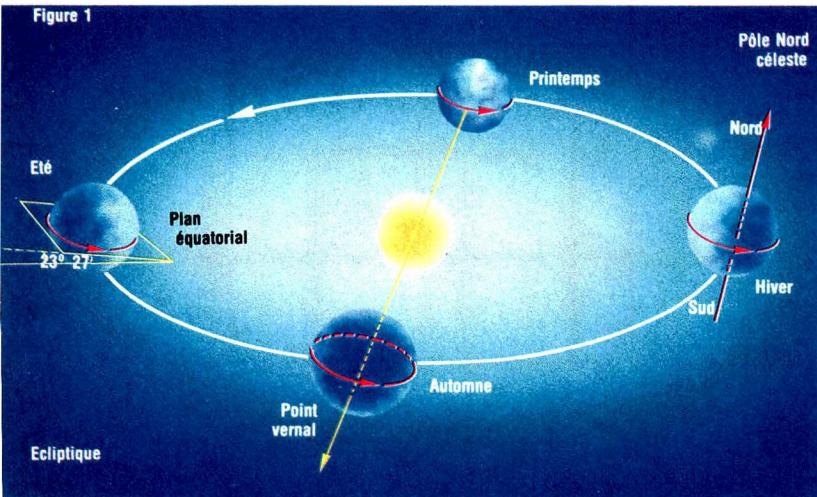
Délaissant le Soleil, référence trop imprécise, les astronomes ont cherché ailleurs et ont trouvé dans les étoiles les plus éloignées le référentiel quasiment immuable qui manquait à leurs calculs. Le mouvement apparent des étoiles n'est lié qu'à la rotation propre de la Terre, indépendamment de sa révolution autour de l'astre du jour. Et on s'est aperçu, après que des générations d'astronomes aient patiemment usé leurs yeux au bout de leurs lunettes et télescopes, que la Terre est un gigantesque gyroscope, son axe de rotation étant quasiment fixe dans l'espace.

Pas tout à fait fixe car, comme tout gyroscope imparfaitement construit et soumis à une attraction gravitationnelle extérieure (ici, celle en provenance du Soleil et de la Lune), notre planète est soumise à des mouvements parasites de précession et de nutation.

En gros, le mouvement de précession fait décrire à l'axe nord-sud un cône de 47° , parcouru en 25 786 ans. Première conséquence, le point de la voûte céleste visé par l'axe polaire (actuellement proche de l'étoile polaire, dans la petite Ourse) se déplace en effectuant une rotation de 47° dans le même temps. Dans 12 000 ans, c'est la lumineuse Vega, dans la constellation de la Lyre, qui sera l'*« étoile polaire »* des astronomes, navigateurs (s'il en reste) et spationautes.

Deuxième conséquence, l'orientation de l'axe polaire par rapport

Figure 1



Notre planète décrit une ellipse en tournant autour du Soleil. Le plan équatorial (perpendiculaire à l'axe de rotation de la Terre) fait avec l'écliptique un angle de $23^{\circ} 27'$, les deux plans se coupant toujours suivant une droite. Celle-ci passe par le centre du Soleil pendant les équinoxes de printemps et d'automne. La droite Terre-Soleil, au moment de l'équinoxe de printemps, est orientée vers la constellation d'Aries, en un point fictif appelé *y* ou point vernal. Le point *y* est quasiment fixe dans l'espace, et sa position au premier janvier 1950 sert de référence aux astronomes, en attendant de définir une nouvelle référence en l'an 2000.

Nous pensons aux autres, parmi lesquels se trouvent fatalement nos lecteurs.

C'est vrai, la Terre se déplace autour du Soleil en décrivant une ellipse (dans un plan nommé écliptique, tel que le montre la **figure 1**), mais la réalité n'est pas si simple.

D'abord, notre planète tourne sur elle-même, l'axe de rotation de cette gigantesque toupie étant constitué par la droite passant par

- des saisons ;
- du Soleil de minuit au-delà du cercle polaire arctique (tout comme du cercle polaire antarctique, mais y aller pour le voir coûte nettement plus cher) ;
- des jours et des nuits de 6 mois aux pôles ;
- de l'allongement des jours à partir de l'hiver et de leur raccourcissement à partir de l'été.

La preuve la plus éclatante de la

à l'écliptique varie à un rythme voisin, ce qui a pour effet de déplacer les saisons dans le temps. Dans près de 13 000 ans, la date du printemps sera celle de l'actuel automne, on récoltera les premiers épis de blé à Noël et ainsi de suite, l'expression "autres temps, autres mœurs" s'avérant ici particulièrement appropriée. C'est ce phénomène qui est appelé précession des équinoxes.

Les astronomes, astronautes, ingénieurs de l'espace et en règle générale tous ceux dont la profession s'attache à calculer ou déterminer des orbites autour de la Terre, ont besoin d'un référentiel, système d'axes "Oxyz" le plus immuable possible, mais également commode à utiliser.

Ils ont tout naturellement choisi le référentiel inertiel équatorial, défini à la **figure 3**. Ce référentiel est d'une grande stabilité. A l'échelle humaine, il peut être considéré comme étant fixe. A l'échelle astronomique il en va autrement car, comme nous l'avons vu, l'axe de rotation polaire qui constitue un de ses axes, se déplace lentement.

Les astronomes ont également besoin d'une unité de temps et, là encore, ce n'est pas la durée d'un jour, même moyennée sur une année, qui assure une précision suffisante. L'unité retenue, qui est à l'origine des secondes que battent nos montres, est le temps que met la Terre à traverser l'axe Soleil-point vernal (voir **figure 1**). Cette durée vaut 365.2421988 de nos jours civils, est appelée année tropique et le fait qu'elle ne contienne pas un nombre entier de jours est à l'origine des années bissextiles. On le voit, le tumultueux ballet giratoire de notre planète explique beaucoup de choses.

La Terre ne se contente pas de tourner imparfaitement sur elle-même : elle n'est pas parfaitement sphérique. Schématiquement, on peut la rapprocher d'une boule légèrement aplatie dans le sens nord-sud, phénomène dû à la force centrifuge engendrée — encore elle — par la rotation terrestre.

En exagérant beaucoup, on pourrait comparer notre planète à une lentille. Le modèle mathématique simple qui s'en rapproche le mieux (avec moins de 100 m

d'erreur) est celui d'un ellipsoïde de révolution (voir **figure 5**), sur lequel on peut mesurer le rayon équatorial, de 6 378 km, et le rayon polaire (6 357 km). La différence entre les deux est faible, puisqu'elle ne dépasse guère 20 km. Cependant, associée à la différence de densité d'une partie à l'autre du globe, elle est responsable d'un phénomène intéressant, même s'il complique les calculs astronautiques : la précession nodale et absidale des satellites artificiels.

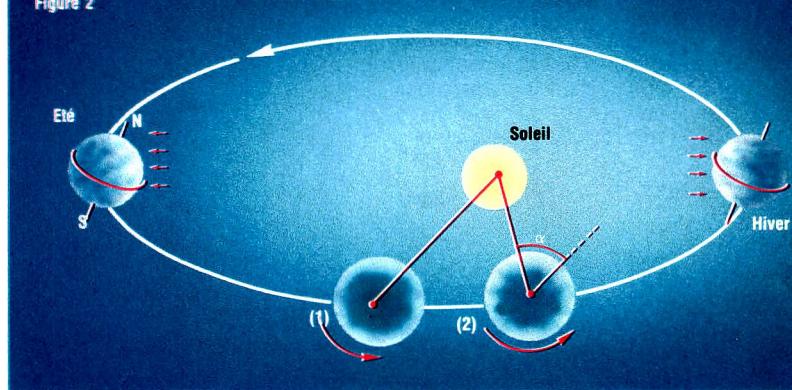
Un satellite terrestre décrit une orbite plane, dont le plan passe par le centre de la Terre, et qui est caractérisée par son inclinaison i , son excentricité e , son demi-grand

planète créent un champ gravitationnel variable dont les conséquences sont :

- un déplacement du noeud de l'orbite, la plupart du temps en direction de l'ouest, donc dans le sens rétrograde ;
- un déplacement du périhélie dans le plan orbital, dans le sens du mouvement du satellite cette fois ;
- un léger raccourcissement de la période par rapport à celle qui résulterait d'une orbite parfaite-ment képlerienne.

Les autres paramètres a , e et i , demeurent inchangés (car nous ne tenons pas compte de l'atmosphère, des perturbations solaire et lunaire ...).

Figure 2



Dans sa course autour du Soleil, la Terre n'est pas éclairée tous les jours de la même façon, du fait de l'inclinaison de son axe de rotation. L'hémisphère nord est plus éclairé en été et moins en hiver (c'est le contraire pour l'hémisphère sud). Lorsque la Terre effectue un tour sur elle-même, en passant de la position (1) à la position (2), elle parcourt une fraction de son orbite héliocentrique (cette fraction a été exagérée sur le schéma). Ce faisant, elle ne trouve pas le Soleil exactement en face, et doit tourner d'un angle α supplémentaire pour qu'un observateur revoie le Soleil exactement en face de lui. Ceci explique que le jour solaire vrai soit légèrement plus long (4 minutes environ) que la période de rotation de la Terre (23 h 56'). Par ailleurs, l'astre radieux n'étant pas situé exactement au centre de l'ellipse, l'angle α varie un peu au cours de l'année, entraînant de légères fluctuations de la durée du jour vrai.

axe a , la longitude de son noeud ascendant Ω , l'argument du périhélie ω et enfin par sa période T . Si la Terre était une boule parfaitement homogène et sphérique, cette orbite ne se déplacerait pas par rapport au référentiel inertiel équatorial défini à la **figure 3** (par contre elle se déplacerait pour un observateur terrestre, puisque la Terre tourne). Les imperfections géométriques et massiques de notre

Cependant, ces phénomènes de précession compliquent les calculs de position des satellites, et le programme ci-après aidera à y voir un peu plus clair, par exemple pour observer un satellite quelques mois après son lancement, et ce avec une très grande précision.

Les paramètres d'entrée sont les caractéristiques de l'orbite à une date de passage au périhélie, ainsi que la position de l'observateur

(longitude, latitude et altitude) et la date de l'observation. En sortie de programme nous trouverons les nouvelles caractéristiques de l'orbite puis les coordonnées d'observation (azimut, hauteur).

Formulation

1. Entrer les paramètres orbitaux
 a = demi-grand axe de l'orbite (en mètres),

e = excentricité, i = inclinaison
 T_p = date de passage au périhélie
 H_p = heure de passage T.U. (Temps Universel)

Ω = longitude du noeud ascendant comptée depuis le point γ , en degrés

ω = argument du périhélie en degrés

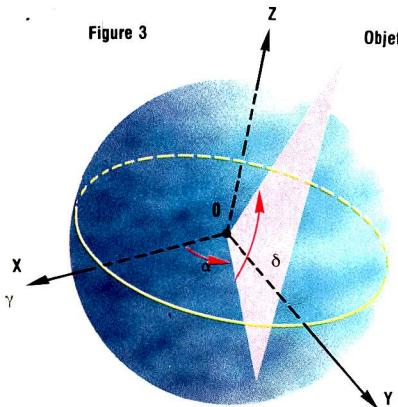
2. Entrer les coordonnées de l'observateur :

φ = latitude (positive vers le nord) en degrés,

λ = longitude en degrés comptée depuis le méridien de Greenwich, H = altitude du lieu d'observation en mètres.

3. Entrer l'instant d'observation

Figure 3



Le référentiel inertiel équatorial est constitué de 3 axes perpendiculaires dont l'origine est le centre de la Terre. Le premier, Ox , est orienté vers la position qu'avait le point γ le 1/1/1950. Le deuxième axe, Oz , est parallèle à l'axe de rotation de la Terre à cette même date. Le dernier, Oy , est défini de sorte que (Oxy) forme un trièdre orthonormé direct.

Par rapport à ce référentiel inertiel, tout objet (satellite ou autre) est repéré par son ascension droite α et sa déclinaison δ . Rappelons que l'axe Oz est très proche de l'axe de rotation terrestre actuel et que le plan Oxy est quasiment confondu avec celui de l'équateur (les écarts dépassent à peine le demi-degré).

```

10 REM PROGRAMME DE CALCUL DES TRAJECTOIRES DE SATELLITES TERRESTRES
20 REM CE PROGRAMME TIENT COMpte DU PREMIER HARMONIQUE ZONAL J2 MAIS PAS DE L'ATMOSPHÈRE NI DU SOLEIL OU DE LA LUNE
30 REM
40 HOME : VTAB 10: PRINT "*** PROGRAMME DE CALCUL ***"
50 PRINT "*** D'ORBITES TERRESTRES ***": PRINT : PRINT
60 GM = 3.986E + 14; J2 = 1.0823E - 3; RE = 6378100; F = 3.3528E - 3; PI = 3.141593
70 PRINT "A PARTIR DES CARACTÉRISTIQUES D'UNE ORBITE A UNE DATE DONNÉE, CE PROGRAMME CALCULE LES NOUVEAUX";
80 PRINT "PARAMÈTRES POUR UNE NOUVELLE DATE AINSI QUE L'AZIMUT ET LA HAUTEUR D'OBSESSION DEPUIS UN POINT DU GLOBE"
90 PRINT : PRINT : PRINT "ENTREZ LES PARAMÈTRES DE L'ORBITE DE DÉPART A UNE DATE A LAQUELLE VOUS CONNAISSEZ LA POSITION DU PERIGEE"
100 REM ENTRÉE DES DONNÉES INVARIANTES DE L'ORBITE
110 GOSUB 400
120 INPUT "DATE T.U. DE PASSAGE AU PERIGEE= ? (JJ/MM/AAAA) "; DTE$
130 GOSUB 500: REM CALCUL DU JOUR JULIEN
140 D1J = JJ
150 INPUT "HEURE T.U. DE PASSAGE AU PERIGEE= ? (HH/MM/SS) "; HRE$
160 GOSUB 800: REM CONVERSION EN DÉCIMAL
170 HP = HE
180 PRINT : PRINT : INPUT "DONNEZ LA LONGITUDE DU POINT D'OBSESSION (COMPTÉE POSITIVEMENT VERS L'EST) EN DEGRÉS DÉCIMAUX"; LO
190 PRINT : PRINT : INPUT "DONNEZ LA LATITUDE (COMPTÉE POSITIVEMENT VERS LE NORD), ÉGALEMENT EN DEGRÉS"; LA: LA = LA * PI / 180
200 PRINT : PRINT : INPUT "QUELLE EST L'ALTITUDE DU LIEU ? (M) "; ALT
210 PRINT : PRINT : INPUT "QUELLE EST LA DATE T.U. D'OBSESSION ? (JJ/MM/AAAA) "; DTE$
220 GOSUB 500
230 D2J = JJ
240 GOSUB 1000
250 PRINT : PRINT : INPUT "HEURE T.U. D'OBSESSION ? (HH/MM/SS) "; HRE$
260 GOSUB 800: HP = HE
270 GOSUB 1000: REM CALCUL DE L'ANOMALIE MOYENNE
280 GOSUB 1300: REM CALCUL DES COORDONNÉES D'OBSESSION
290 REM ÉDITION DES RÉSULTATS
300 REM
310 HOME : VTAB 5: PRINT "VOICI LES COORDONNÉES D'OBSESSION: "; PRINT
320 PRINT : PRINT "AZIMUT= "; AZ; PRINT "HAUTEUR= "; HA; PRINT
330 PRINT : PRINT "DISTANCE= "; RH / 1000; KM: PRINT
340 PRINT : PRINT : RAPPEL: SI LA HAUTEUR EST NÉGATIVE, LE SATELLITE EST EN DESSOUS DE L'HORIZON (INVISIBLE): PRINT
350 PRINT : PRINT "1 POUR MODIFIER LE LIEU D'OBSESSION"
360 PRINT "2 POUR MODIFIER LA DATE OU L'HEURE"
370 PRINT "3 POUR ARRETER: PRINT : PRINT : INPUT R
380 ON R GOTO 190, 220, 390
390 END
400 REM ENTRÉE DES CARACTÉRISTIQUES DE L'ORBITE
410 PRINT : INPUT "DEMI-GRAND AXE= ? (KM) "; A: A = A * 1000
420 PRINT : INPUT "EXCENTRICITÉ= ? "; E
430 PRINT : INPUT "INCLINAISON= ? (°) "; I: I = I / 180 * PI
440 PRINT : INPUT "DONNEZ LA LONGITUDE DU NOEUD ASCENDANT COMPTÉE À PARTIR DU POINT VERNAL (°) "; L1: L1 = L1 * PI / 180
450 PRINT : INPUT "DONNEZ L'ARGUMENT DU PERIGEE (°) "; W1: W1 = W1 * PI / 180
460 PRINT : PRINT : PRINT
470 RETURN
500 REM
510 REM CALCUL DU JOUR JULIEN D'UNE DATE
520 J = VAL ( LEFT$ ( DTE$, 2) ) MM = VAL ( MID$ ( DTE$, 4, 2) ) AA = VAL ( MID$ ( DTE$, 7, 4) ) : REM EXTRACTION DE LA DATE À PARTIR DE LA CHAÎNE DTE$
530 IF J > 0 AND J < 32 AND MM > 0 AND MM < 13 AND AA > 1000 THEN GOTO 550
540 PRINT "FORMAT INCORRECT: RECOMMENCEZ": PRINT : INPUT "DATE = ? (JJ/MM/AAAA) "; DTE$: GOTO 520
550 JJ = 1721060 + 365 * AA + J + 31 * (MM - 1): IF MM > 2 GOTO 570
560 JJ = JJ + INT ((AA - 1) / 4) - INT (0.75 * INT ((AA - 1) / 100 + 1)): RETURN
570 JJ = JJ - INT (0.4 * MM + 2.3) + INT (AA / 4) - INT (0.75 * INT (AA / 100 + 1))
580 RETURN

```

T_o = date d'observation

H_o = heure T.U. d'observation

4. Convertir tous les angles en radian, en multipliant par $\pi/180$

5. Convertir les dates en jours julien (voir point n°23)

JJ_1 = jour julien associé à T_p ,

JJ_2 = jour julien associé à T_o ,

6. Initialisation des constantes :

GM = produit de la masse de la Terre par la constante d'attraction universelle = 3.986×10^{14}

J_2 = premier harmonique zonal = 1.0823×10^{-3}

R_e = rayon équatorial terrestre = 6 378 000 m

f = aplatissement de la Terre = 3.3528×10^{-3}

7. Calculer :

$$n = \sqrt{\frac{GM}{a^3}} (1 + 1.5 J_2 R_e^2 - \sqrt{1 - e^2} (a(1 - e^2)^{1/2}) (1 - 1.5 \sin^2 i))$$

période réelle = $2\pi/n = P$

$$8. \text{ Ecart de temps} = ((JJ_2 - JJ_1) \times 24 + H_o - H_p) \times 3600 = \Delta t, \\ \text{nombre d'orbites parcourues} = N$$

```

600 REM
610 REM CALCUL DE L'ANOMALIE EXCENTRIQUE EE A PARTIR DE L'ANOMALIE MOY
ENNE M
620 REM
630 EE = M
640 FF = EE - E * SIN(EE) - M
650 EE = EE - FF / (1 - E * COS(EE))
660 IF ABS(FF) > 0.0001 GOTO 640
670 RETURN
800 REM
810 REM CONVERSION EN DECIMAL DE L'HEURE"HH/MM/SS"
820 REM
830 HH = VAL(LEFT$(HRE$,2)):MX = VAL(MID$(HRE$,4,2)):SS = VAL(MID$(HRE$,7,2))
840 HE = HH + (SS / 60 + MX) / 60
850 RETURN
970 REM
980 REM CALCUL DE L'ANOMALIE MOYENNE ACTUELLE
990 REM
1000 N = SQR(GM / A * 3) * (1 + RE * RE * 1.5 * J2 * SQR(1 - E * E) /
(A * (1 - E * E)) ^ 2 * (1 - 1.5 * SIN(I) * SIN(I)))
1010 P = 2 * PI / N
1020 DT = ((D2J - D1J) * 24 + HO - HP) * 3600: REM ECRAT DE TEMPS
1030 NP = INT(DT / P): REM NOMBRE D'ORBITES PARCOURUES
1040 JA2 = J2 / A / A / (1 - E * E) ^ 2 * RE * RE
1050 W1 = W1 + NP * P * 1.5 * JA2 * (2 - 2.5 * SIN(I) * SIN(I)) * N
1060 L2 = L1 - 1.5 * JA2 * COS(I) * N * NP * P
1070 M = N * DT: M = M - 2 * PI * INT(M / 2 / PI): REM ANOMALIE MOYENNE
1080 GOSUB 600: REM CALCUL DE L'ANOMALIE EXCENTRIQUE EE
1090 XW = A * (1 - E * COS(EE)):YW = A * SQR(1 - E * E) * SIN(EE)
1100 PX = COS(W2) * COS(L2) - SIN(W2) * SIN(L2) * COS(I)
1110 PY = COS(W2) * SIN(L2) + SIN(W2) * COS(L2) * COS(I)
1120 PZ = SIN(W2) * SIN(I)
1130 QX = - SIN(W2) * COS(L2) - COS(W2) * SIN(L2) * COS(I)
1140 QY = - SIN(W2) * SIN(L2) + COS(W2) * COS(L2) * COS(I)
1150 QZ = COS(W2) * SIN(I)
1160 X = PX * XW + QX * YW: Y = PY * XW + QY * YW: Z = PZ * XW + QZ * YW
1170 R = SQR(X * X + Y * Y + Z * Z)
1180 DEC = Z / R
1190 DEC = ATN(DEC / SQR(1 - DEC * DEC)): REM CALCUL DE L'ARCSIN EN
PASSANT PAR L'ARCTAN
1200 AD = X / SQR(X * X + Y * Y):AD = (PI / 2 - ATN(AD / SQR(1 - A
D * AD))) * SGN(Y)
1210 RETURN
1280 REM
1290 REM CALCUL DES COORDONNEES D'OBSERVATION
1300 REM
1310 TU = (D2J - 2415020) / 36525
1320 T0G = 99.69098 + 36000.7689 * TU + 0.00038708 * TU * TU
1330 TG = T0G + 4.17807E - 3 * (HO - 12) * 3600
1340 TS = (TG + LD) * PI / 180:TS = TS - 2 * PI * INT(TS / 2 / PI)
1350 G1 = RE / SQR(1 - (2 * F - F * F) * SIN(LA) * SIN(LA))
1360 G2 = G1 * (1 - F) ^ 2 + ALT:G1 = G1 + ALT
1370 A1 = COS(LA) * COS(TS) * A2 = COS(LA) * SIN(TS)
1380 XX = - G1 * A1:YY = - G1 * A2:ZZ = - G2 * SIN(LA)
1390 UX = COS(DEC) * COS(AD)
1400 UY = COS(DEC) * SIN(AD)
1410 UZ = SIN(DEC)
1420 RX = R * UX + XX:RY = R * UY + YY:RZ = R * UZ + ZZ
1430 RH = SQR(RX * RX + RY * RY + RZ * RZ)
1440 LX = RX / RH:LY = RY / RH:LZ = RZ / RH
1450 SX = SIN(LA) * COS(TS)
1460 SY = SIN(LA) * SIN(TS):SZ = - COS(LA)
1470 EX = - SIN(TS):EY = - COS(TS):EZ = 0
1480 Z1 = A1:Z2 = A2:Z3 = - SIN(LA)
1490 MXH = SX * LX + SY * LY + SZ * LZ
1500 MYH = EX * LX + EY * LY + EZ * LZ
1510 MZH = Z1 * LX + Z2 * LY + Z3 * LZ
1520 HA = ATN(MZH / SQR(1 - MZH * MZH))
1530 AZ = - MXH / COS(HA):AZ = (90 - 180 / PI * ATN(AZ / SQR(1 - A
Z * AZ))) * SGN(MYH * COS(HA))
1540 HA = HA * 180 / PI
1550 RETURN

```

= INT($\Delta t / P$)

9. Argument du périhélie actuel = ω
 $\omega = \omega + N P (1.5 \frac{J_2 R e^2}{(a(1 - e^2))^2} (2 - 2.5 \sin^2 i) n)$

10. Longitude du nœud ascendant = Ω :

$\Omega = \Omega - (1.5 \frac{J_2 R e^2}{(a(1 - e^2))^2} (\cos i) n) P$

11. $M = N X (\Delta t)$

ramener M entre 0 et 2π

12. Calcul de l'anomalie excentrique (définie par $E - e \sin E = M$)

poser $E = M$.

13. Faire $E = E - \frac{E - e \sin E - M}{1 - e \cos E}$,
répéter le calcul tant que $|E - e \sin E - M| > 0.0001$

14. Calcul des coordonnées du satellite dans le plan de l'orbite

$x_0 = a (1 - e \cos E)$

$y_0 = a \sqrt{1 - e^2} \sin E$

15. $P_x = \cos \omega \cos \Omega - \sin \omega \sin \Omega \cos i$

$P_y = \cos \omega \sin \Omega + \sin \omega \cos \Omega \cos i$

$P_z = \sin \omega \sin i$

$Q_x = - \sin \omega \cos \Omega - \cos \omega \sin \Omega \cos i$

$\cos i$

$Q_y = - \sin \omega \sin \Omega + \cos \omega \cos \Omega$

$\cos i$

$Q_z = \cos \omega \sin i$

16. Coordonnées du satellite dans le référentiel inertiel équatorial

$x = P_x x \omega + Q_x y \omega$

$y = P_y x \omega + Q_y y \omega$

$z = P_z x \omega + Q_z y \omega$

17. Distance du satellite au centre de la Terre :

$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

déclinaison = $\delta = \arcsin(z/r)$

ascension droite = $\alpha = \arccos$

$$\left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right)$$

si $y < 0$, faire $\alpha = - \alpha$

18. Calcul du temps sidéral local à Greenwich

$T_u = \frac{JJ2 - 2415020}{36525}$

$T_{k0} = 99.69098 + 36000.7689 T_u + 0.00038708 T_u^2$

$T_g = T_{k0} + 4.17807 \cdot 10^{-3} (H_0 - 12) X 3600$

19. Temps sidéral local de l'observateur

$T_s = T_g + \lambda$

$T_s = T_s (\pi/180)$ pour conversion en radians

20. Calculs des coordonnées observateur

$G_1 = \frac{R_e}{\sqrt{1 - (2f - f^2) \sin^2 \varphi}}$

$G_2 = G_1(1 - f)^2 + H$

$G_1 = G_1 + H$

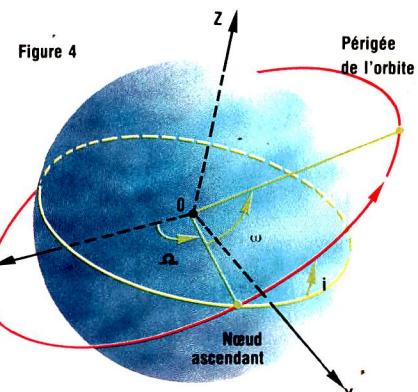


Figure 4

Définition des paramètres d'une orbite terrestre. La longitude du nœud ascendant (intersection de l'orbite avec le plan Oxy dans le sens montant) est comptée à partir du point vernal γ , et l'argument du périhélie (point de l'orbite le plus proche de la Terre) à partir de ce nœud. Pour les autres paramètres, voir *Science & Vie* n° 832, p. 132

$A_1 = \cos\varphi \cos Ts$
 $A_2 = \cos\varphi \sin Ts$
 $X = -G_1 A_1$
 $Y = -G_1 A_2$
 $Z = -G_2 \sin\varphi$
 $Ux = \cos\delta \cos\alpha$
 $Uy = \cos\delta \sin\alpha$
 $Uz = \sin\delta$
 $rx = r Ux + X$
 $ry = r Uy + Y$
 $rz = r Uz + Z$
 $rh = \sqrt{rx^2 + ry^2 + rz^2}$
 $Lx = rx/rh$
 $Ly = ry/rh$
 $Lz = rz/rh$

$Sx = + \sin\varphi \cos Ts$

$Sy = \sin\varphi \sin Ts$

$Sz = - \cos\varphi$

$Ex = - \sin Ts$

$Ey = \cos Ts$

$Ez = 0$

$Zx = A_1$

$Zy = A_2$

$Zz = \sin\varphi$

$Lxh = Sx Lx + Sy Ly + Sz Lz$

$Lyh = Ex Lx + Ey Ly + Ez Lz$

$Lzh = Zx Lx + Zy Ly + Zz Lz$

hauteur d'observation = $h = \text{Arccsin}(Lzh)$

azimut = $Az = \text{Arcos}\left(\frac{-Lxh}{\cos h}\right)$

$Az = Az X \text{ signe}(Lyh / \cos h)$

21. Afficher les résultats : Az, h, rh

22. Aller éventuellement en 2. ou 3. pour modifier la position de l'observateur ou l'instant d'observation

23. Calcul du jour julien JJ à partir d'une date T.U.

AA = année (4 chiffres)

MM = mois (1 à 12)

J = quartième du mois

faire $JJ = 1721060 + 365 \times AA + J + 31(MM - 1)$; si $MM < 2$ aller en 25.

24. $JJ = JJ + \text{INT}((AA - 1)/4) - \text{INT}(0.75 \text{ INT}((AA - 1)/100 + 1))$. fin du calcul (retourner au point précédent d'appel (23))

25. $JJ = JJ - \text{INT}(0.4 MM + 2.3) + \text{INT}(AA/4) - \text{INT}(0.75 \text{ INT}(AA/100))$. fin du calcul de JJ : retourner au point d'appel (23).

Description du programme pour Apple IIc

Les entrées, peu nombreuses, sont détaillées dans les points 1, 2 et 3 de la formulation.

La structure du programme est modulaire, car certains modules seront utilisés dans de futures applications.

Ainsi, le sous-programme débu-

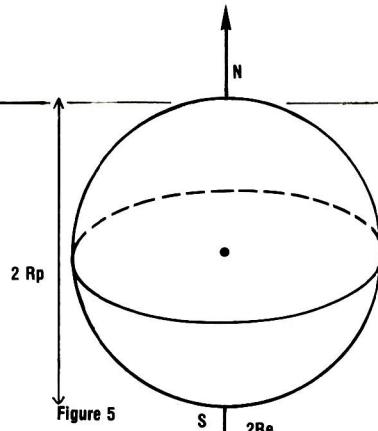


Figure 5

Re = rayon équatorial Rp = rayon polaire

$$f = \frac{Re - Rp}{Re} = \text{aplatissement}$$

La Terre peut être assimilée à un ellipsoïde de révolution autour de l'axe polaire. Son aplatissement (différence relative de ses rayons équatorial et polaire) est cependant très faible et vaut $\approx 1/298,26$

tant à la ligne 500 est-il chargé du calcul du jour julien. Celui débutant à la ligne 600 effectue l'itération de Newton pour la détermination de l'anomalie excentrique (points 12 et 13 de la formulation).

A la ligne 1000 ont lieu les calculs des points 7 à 11 (calcul de la nouvelle orbite et de l'anomalie moyenne M), suivis des calculs de l'ascension droite et de la déclinaison (étapes 14 à 17).

Enfin le sous-programme débutant ligne 1300 effectue les derniers calculs conduisant aux paramètres d'observation, temps sidéral local y compris.

Exemple

Satellite soviétique Molnya passant à son périgée le 17-05-87 à 6 h 04 T.U., les caractéristiques de l'orbite étant à cet instant-là :

— demi-grand axe = 26 554 km

— excentricité = 0,7389

— inclinaison = 63,52°

— longitude du nœud ascendant = 32°,84 (comptée depuis le point γ)

— argument du périgée = 298,7°

— Coordonnées de l'observateur : 43°30' nord, 1°20' est (ville de Toulouse), hauteur 150 m

— date d'observation = 20-6-1987 à 23 h T.U.

Résultat

— Ascension droite = $h = -50,9^\circ$

— azimut = $Az = -135^\circ$

— altitude du satellite =

Daniel Ferro

Championnat de France des jeux mathématiques

CONCOURS

Dans cette dernière rubrique avant la finale de Parthenay, je voudrais m'adresser aux lecteurs de *Science & Vie*, et leur dire un grand merci : pour les centaines de lettres d'encouragement, de suggestions, de réponses, de propositions. Et même pour les critiques, dans la mesure où elles sont constructives. Bien sûr, il y a le monsieur qui a renvoyé sa convocation à la demi-finale, comme on refuse la légion d'honneur ! Et celui qui a laissé sur le répondeur de l'Agence France Jeu un message agressif où il traite l'organisation de "lamentable", car elle ne l'a pas qualifié pour les demi-finales !

Mais ce sont là des exceptions, et la plupart d'entre vous sont ravis de cette grande aventure que nous tentons cette année, et qui, vu son immense succès, sera régulièrement rééditée ! Nous pourrons alors, avec une expérience et des moyens accrus, gommer les quelques imperfections.

Je ne peux, bien sûr, répondre personnellement à chacun d'entre vous, une équipe à temps plein n'y suffirait pas. Mais sachez que vos lettres sont toutes lues, et que les réponses aux questions que vous posez alimenteront un jour ou l'autre cette rubrique.

Et puis, si vous voulez qu'on en parle de vive voix, venez à Parthenay les 10 et 11 juillet prochains "jouer" le concours "open" de jeux mathématiques parallèle à la finale du Championnat (renseignements à l'Office du Tourisme de Parthenay au (16) 49 94 03 77, postes 508 ou 509).

A propos de finalistes, vous trouverez plus loin la liste des "repêchés" pour la finale. Il fallait obtenir 4 points en catégorie "colleges", 5 points en catégorie

"lycées", et 5 points + 14 coefficients en "tous publics".

Les prix à Parthenay :

- 10 ordinateurs Tandy et autres,
- 4 collections Encyclopaedia Universalis,
- 10 Atlas,
- plusieurs centaines de livres offerts par Hatier.
- des abonnements à *Science & Vie* et *Jeux & Stratégie*.

Revenons à votre correspondance : elle portait souvent sur "la racine" et plusieurs d'entre vous ont réussi à montrer sans l'aide d'une calculatrice que le plus petit nombre dont la racine carrée admettait 1987 comme premiers chiffres après la virgule est 8686. Fin donc de cet épisode, mais je voudrais distinguer, parmi ces lecteurs, Monsieur Jean Gouzy, de Chevilly-Larue, pour la clarté des lettres qu'il nous a envoyées. A tel point que c'est en s'inspirant de sa présentation qu'a été rédigée, dans les annales du Championnat de France des Jeux Mathématiques et Logiques, à paraître chez Hatier à la rentrée, la solution du problème intitulé "Tirez le premier". Voici son énoncé :

Tirez le premier ! Antoine et Bernard jouent au jeu suivant : ils étaillent les quatre as, les quatre 2, les quatre 3 et les quatre 4 d'un jeu de cartes et tirent chacun une carte à tour de rôle, carte qui est écartée du jeu.

On additionne la valeur de toutes les cartes tirées (l'as vaut un point, le 2 deux points, le 3 trois points, etc.). Le premier à avoir atteint vingt et un points, exactement, ou le premier qui a obligé son adversaire à dépasser les vingt et un points a gagné.

Antoine a le choix pour la première partie : laisser Bernard commencer ou jouer le premier, en levant une carte.

Précisez son meilleur choix en inscrivant dans la case prévue à cet effet la hauteur de sa carte, s'il joue, ou 0 s'il laisse jouer Bernard.

Choix d'Antoine : (de 0 à 4)

Ce problème a été posé en éliminatoires dans *Jeux & Stratégie*, et avait donné lieu à une solution erronée de son auteur (corrigée à temps, heureusement). Une solution a également été contestée dans les éliminatoires de *Science & Vie*, mais là, les protestataires n'ont pas raisons.

Il s'agit du problème intitulé "la boîte à cubes", où seule une coquille, qui a transformé $\sqrt{4^3}$ en $\sqrt{3^3}$ méritait vos reproches. Mais sur le fond, pas de doute. Rappelons en effet la phrase qui fait litige : "on obtient au mieux 40 %". Elle signifie en français :

1. qu'on ne peut pas faire mieux que 40 %
2. qu'on peut obtenir 40 % de remplissage.

C'est cette deuxième affirmation que nos contestataires refusent

d'admettre, en demandant pourquoi est écrit "au mieux". Tout simplement parce que 40 % est le score réalisé en disposant les cubes "au mieux", et que selon le principe "qui peut le plus, peut le moins", on pourrait disposer les cubes sans atteindre ce remplissage optimal.

Sur d'autres problèmes, plusieurs lecteurs nous ont proposé des généralisations. Nous vous les soumettrons dans nos rubriques à venir...

QUALIFIÉS SUPPLÉMENTAIRES POUR LA FINALE DE PARTHENAY

TOUS PUBLICS : 23

- BERNOU Jean-Louis, Fresnes 5 14 0
SERES Philippe, Gentilly 5 14 0
GREMAUD Benoît, Joinville-le-Pont 5 14 0
LEGUILLER Jean-Michel, St-Germain-en-Laye 5 19 0
AIGUILLEIRA Daniel, La Courneuve 5 14 0
SERVAL Franck, Paris 5 14 0
LEROY Hervé, Paris 5 19 0
PENNETIER Alain, Versailles 5 18 0
LALIGAND Jean-Philippe, Paris 5 15 0
GAIGE Yves, Muret 5 15 0
FOURNEAUX Marc, Toulouse 5 15 0
BARJAUD Philippe, Saint-Julien-D'Olargues 6 19 0
KERJAN Loïc, Alençon 5 14 0
FRAISSE Emmanuel, Bony-la-Reine 6 19 0
CHAUGNE Rémy, Issy-les-Moulineaux 5 15 0
POISSON Christian, Plesse 5 14 0
VOISIN Rémi, Nantes 5 14 0
VINCENT Eric, Angers 5 14 0
CREZE Gérard, St-Michel-en-l'Herm 5 14 0
BENARD Vincent, Poitiers 5 14 0
BONNAUDET Jean-Marc, St-Maixent-l'Ecole 5 14 0

- LIEBEAUX Eric, Charleville-Mézières 5 15 0
CHAPELIER Bernard, Vouziers 5 14 0

COLLEGES : 6

- SLOOPE Fabrice, Epinay-sur-Orge 4 10 C
BAUDY Benoît, Epinay-sur-Orge 4 10 C
GENEST Franck, Noisy-le-Grand 4 11 C
BEAULIEU Yves, Guyancourt 4 11 C
MANERU Emmanuel, Sens 4 10 C
FOURNEAUX Sophie, Vireux Molhain 4 11 C

LYCÉES : 11

- GASALHO Pédro, Dourdon 5 13 L
LAMBLIN Emmanuel, Breuillet 5 13 L
DESNOGUES Pascal, Nice 5 13 L
DECKERT Thierry, Autun 5 13 L
JAILLET Christophe, Château-Thierry 5 13 L
BAUMANN Pierre, Sèvres 5 15 L
MEUNIER Bertrand, Suresnes 5 13 L
MARZOLIN Christian, Marly 5 13 L
DUHEILLE Frédérique, Villers-les-Nancy 5 13 L
DEFOUG Sandrine, Commercy 5 13 L
GODON Alain, Cholet 5 15 L

Tirez le premier ! (solution).

Ce jeu ressemble au "piquet à cheval" où chaque joueur, à tour de rôle, choisit un nombre compris entre 1 et 4, et l'ajoute au total précédent. Le premier à atteindre 21 points a gagné. La stratégie du 1^{er} joueur est simple : il commence par 1, et, quoi que joue son adversaire entre 1 et 4, il joue le complément à 5. Il atteindra ainsi forcément 21.

La différence, ici, est qu'il n'y a en tout que 4 cartes de chaque valeur. Si Antoine adopte la tactique précédente, et qu'il com-

mence par 1, Bernard répliquera 4. Antoine jouera alors le complément à 5, soit 1, Bernard 4, Antoine 1, Bernard 4, et Antoine ne disposerait plus de 1 pour conclure, devra dépasser 21, et perdra.

Il a néanmoins une stratégie gagnante, en commençant par 3. Dans le diagramme qui suit, on indique de gauche à droite les cartes jouées successivement par Antoine (en caractères italiques), et toutes les répliques possibles de Bernard (en caractères romains).

Gilles Cohen

3	1 2	puis Antoine peut toujours tirer le complément à 5 de Bernard
2	1	on est ramené au cas précédent : stratégie du "piquet"
4	4	puis stratégie du piquet toujours possible
3	2	1 2 la stratégie du piquet est à nouveau possible
	2 1	même cas
4	4	Antoine pourra tirer le complément à 5 pour atteindre 21
3	2	1 2 puis stratégie du piquet
	2 1	idem
4	4	fin du jeu. Antoine a atteint 21
3	2	1 2 Antoine a atteint 21
	2 1	idem
4	4	Bernard a perdu, ayant dépassé 21 (total 22) aucun 3 n'était plus disponible pour Bernard

La 7^e planète

JOURNAL DE L'ASTRONOME

Depuis l'Antiquité, les hommes avaient repéré dans le ciel cinq planètes : Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne. On crut pendant des siècles que c'était là les seuls membres du système solaire, en plus de la Terre et de la Lune. Comme seules ces cinq planètes sont facilement observables à l'œil nu, il était bien difficile, avant l'invention des lunettes et des télescopes, d'en découvrir d'autres. Pourtant, lorsque les premiers instruments firent leur apparition en 1610, le cortège planétaire du Soleil ne s'accrut pas plus rapidement.

Certes, des découvertes importantes furent faites ; les cratères de la Lune, les satellites de Jupiter, des comètes et bien d'autres choses encore, mais toujours pas de planète nouvelle ; ce qui peut paraître étonnant, surtout lorsqu'on sait qu'Uranus, la septième planète en partant du Soleil, est à la limite de la visibilité, à l'œil nu. Mais il y a peut-être deux explications à cela. D'abord, la qualité des instruments de l'époque était bien loin de valoir le degré de précision que nous connaissons aujourd'hui. Or, pour identifier une planète nouvelle parmi les étoiles, il faut déjà observer son disque et, pour cela, avoir un télescope suffisamment précis. Ce ne fut pas le cas pendant quelques décennies. Et puis, fallait-il encore avoir l'idée qu'une planète nouvelle puisse exister ; nous allons voir que ce n'était pas du tout évident jusqu'à une époque pas très reculée.

Le musicien astronome. Au milieu du XVIII^e siècle, une famille de musiciens allemands émigra en Angleterre avec l'espoir d'une vie meilleure. L'un des dix enfants de la famille, William Herschell, né en 1738, se retrouva organiste à la chapelle de Bath. Travailleur acharné, l'étude de la musique l'avait conduit à celle des mathématiques puis, de là, à celle de l'optique. Il en vint rapidement à expérimenter un télescope et fut émerveillé du spectacle qu'il dé-

couvrit en regardant le ciel étoilé. Ses moyens ne lui permettait pas d'acheter un instrument puissant, il se lança dans la fabrication des miroirs de télescopes de plus en plus importants. Cette activité deviendra par la suite l'une de ses spécialités, puisqu'il construira

Georgium Sidus. La nouvelle se répand aussitôt dans toute l'Europe mais, Herschell étant alors parfaitement inconnu, on retrouve dans les écrits de l'époque son nom orthographié des façons les plus fantaisistes. Ainsi en France, on parla de Monsieur "Horochelle". La célébrité va venir un peu plus tard. En attendant, les astronomes se penchent sur cette nouvelle comète et essayent de calculer son orbite. Les résultats obtenus par les grands mathématiciens ne sont pas

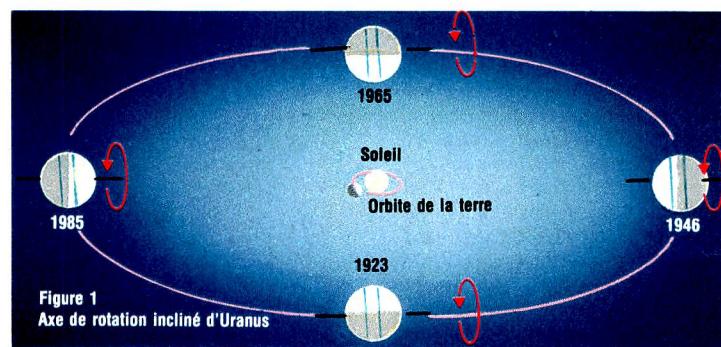


Figure 1
Axe de rotation incliné d'Uranus

même un télescope de 1,47 mètre de diamètre et de 12 mètres de long, qui sera longtemps l'un des plus grands du monde.

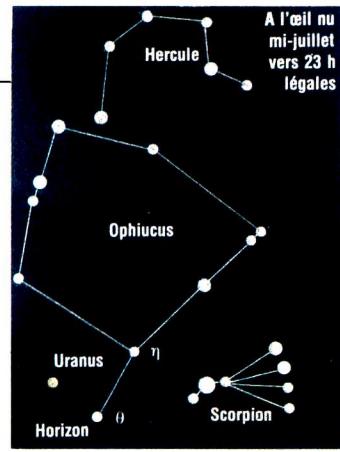
Le 13 mars 1781, entre dix et onze heures du soir, William Herschell observe le ciel avec un télescope de 157 millimètres de diamètre et 2,13 mètres de focale. Il étudie un amas d'étoiles de la constellation des Gémeaux avec un grossissement de 227 fois. Mais son attention est attirée par une étoile du groupe qui, au lieu de rester ponctuelle comme les autres, présente un petit disque. Changeant de grossissement, il s'aperçoit que le diamètre du disque augmente dans les mêmes proportions ! Herschell est intrigué mais il ne pense pas à une planète ; il note dans son registre d'observation la position de l'objet avec la mention : "étrange étoile nébuleuse".

Quatre jours plus tard, il observe à nouveau cet objet et s'aperçoit que sa position a changé. Le doute n'est plus permis : il s'agit d'une comète ! Le 27 avril 1781, il fait un rapport en ce sens et le soumet à la Société royale de Londres.

brillants ! Aucun n'arrive à rendre compte des positions successives de l'objet ! Il faut dire que personne ne songe à la découverte d'une planète ; aussi, chacun calcule une orbite parabolique ou elliptique, forme habituelle des trajectoires des astres chevelus.

Ce n'est que plusieurs mois plus tard qu'un astronome, du nom de Saron, a l'idée de calculer une orbite circulaire, située à plus de 19 fois la distance Terre — Soleil. Les calculateurs se remettent au travail et l'évidence se fait jour : il ne s'agit pas d'une comète mais d'une planète ! Deux années s'étaient écoulées depuis la dernière observation de Herschell lorsque la découverte fut officialisée. On hésita longtemps sur le nom à lui donner. Herschell proposa Georgium Sidus en l'honneur du roi Georges III d'Angleterre ; c'était la moindre des choses puisque celui-ci venait de lui attribuer une rente annuelle et une demeure près de Windsor.

En France, Lalande demanda avec vivacité pendant plusieurs années que la nouvelle planète portât le nom de son découvreur. On hésita aussi avec Astrée, Cybèle et



bien d'autres. Chose curieuse et prémonitoire, un nommé Prospérin suggéra le nom de Neptune ; ainsi, disait-il, Saturne trônerait entre ses deux enfants : Jupiter et Neptune. Ce fut finalement le mathématicien Bode qui, pour honorer le plus ancien des dieux et lui confier la garde des profondeurs du système solaire, fit l'unanimité en proposant Uranus en 1850.

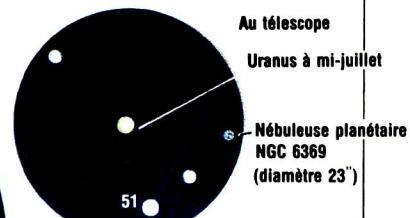
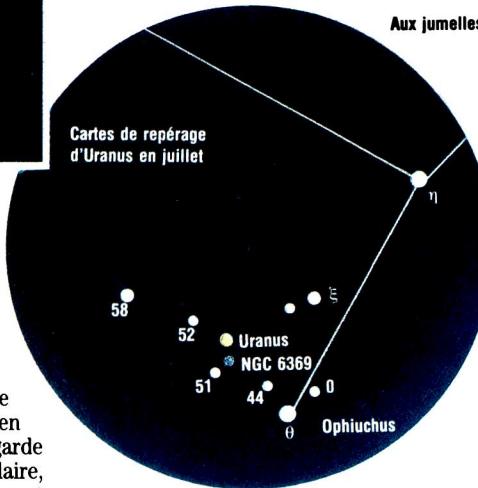
On peut s'étonner qu'une planète à la limite de visibilité à l'œil nu, c'est-à-dire bien visible dans un télescope, n'ait pas été découverte plus tôt. En fait, parcourant attentivement les observations antérieures, on s'est aperçu qu'Uranus avait déjà été vue. Ainsi, Mayer la nota comme une étoile de magnitude 6, en 1756 ; plus tôt, en 1690, Flamsteed l'inscrivit comme une étoile zodiacale. De même, Le Monnier fut observer une étoile à trois reprises, entre 1763 et 1769, et s'apercevoir qu'entre chaque observation l'"étoile" s'était déplacée ; mais ses notes étaient un tel fouillis qu'il ne fit jamais le rapprochement. Ce désordre le priva d'une découverte capitale.

La planète couchée. La découverte d'Uranus doubla le diamètre du système solaire. Alors que Saturne gravite à 1,427 milliard de kilomètres du Soleil, Uranus se trouve en moyenne à 2,869 milliards de kilomètres. En réalité, l'orbite d'Uranus est excentrique et sa distance à l'astre central varie entre 2,742 et 3,007 milliards de kilomètres. Le plan de cette orbite est facilement incliné par rapport au plan de l'orbite de la Terre, moins de 0,8 degré. La planète parcourt son orbite en 84 ans à la vitesse

moyenne de 24 500 km/heure, ce qui est très lent à l'échelle des planètes.

La première surprise viendra de la mesure de son axe de rotation. Rappelons que toutes les planètes

Tout au long de l'année uranienne qui dure, rappelons-le, 84 ans, les pôles sont tournés alternativement vers le Soleil. Ainsi, l'un des pôles a vu le Soleil se lever pour la dernière fois en 1965 et il



tournent sur elles-mêmes autour d'un axe de rotation dont l'intersection avec le globe définit les pôles. L'équateur est la ligne qui définit l'intersection d'un plan perpendiculaire au milieu de l'axe des pôles avec la surface de la planète.

Dans le système solaire, les axes de rotation des planètes ne sont que faiblement inclinés par rapport à la perpendiculaire au plan de l'orbite ; les valeurs vont de 2°,10 pour Vénus à 29° pour Neptune. Dans le cas d'Uranus, l'axe de rotation est incliné de 98° ! Autrement dit, la planète est quasiment couchée sur sa trajectoire (fig. 1). Cela se traduit par des saisons insolites.

ne s'est jamais recouché depuis ; dans cette région, il faudra attendre 2006 pour le voir se coucher. A l'inverse, dans les régions équatoriales, le Soleil se lève toutes les 18 heures ! Cette climatologie très inhabituelle doit provoquer une circulation atmosphérique pour le moins compliquée. Mais ce n'est pas là l'aspect le plus spectaculaire d'Uranus.

Les anneaux. Le 10 mars 1977, la planète devait occulter une petite étoile de la constellation de la Balance ; c'est-à-dire que, par un effet de perspective, le disque d'Uranus allait passer devant l'étoile. Le phénomène est suffisamment rare pour qu'une équipe d'astronome l'ait observé avec attention. Alors qu'on aurait du voir l'étoile disparaître au bord de la planète, puis réapparaître de l'autre côté, l'étoile subit une succession d'apparitions et de disparitions avant de toucher le bord du disque ; on venait, de façon indirecte, de découvrir les

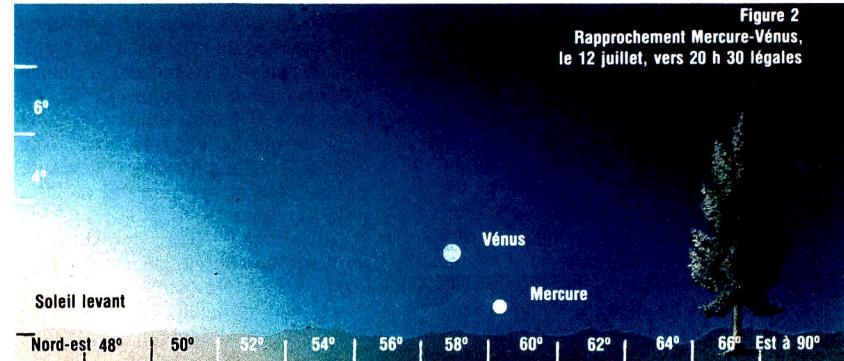


Figure 2

Rapprochement Mercure-Vénus, le 12 juillet, vers 20 h 30 légales

Figure 3
Elongation de Mercure,
le 25 juillet, vers 5 h 30 légales



anneaux d'Uranus. C'est en effet un cortège d'anneaux qui était responsable de ces disparitions. La confirmation de cette découverte sera apportée en janvier 1986, lorsque la sonde *Voyager 2* survolera la planète.

Rien de comparable cependant avec les anneaux de Saturne. Ceux d'Uranus sont au nombre de 11 ; ils sont très sombres, leur largeur moyenne est de quelques kilomètres, exception faite de l'anneau epsilon, le plus large avec 50 km. Tous sont situés entre 41 850 et 51 160 kilomètres du centre de l'astre. Comme ceux de Saturne, ils sont probablement constitués d'une myriade de blocs et de particules rocheuses et leur épaisseur est très faible, de l'ordre de quelques dizaines de mètres.

A la recherche d'Uranus. Habituellement, les amateurs observent principalement les cinq premières planètes et délaissent les plus lointaines : Uranus, Neptune et Pluton, réputées difficiles. C'est bien dommage car, si la vision d'Uranus ou Neptune dans un télescope est beaucoup moins spectaculaire que celle de Jupiter ou Saturne, elle est néanmoins possible.

Nous allons, donc, ce mois-ci, essayer de repérer Uranus et retrouver l'émotion qu'a ressenti Hershell, il y a deux siècles.

Ceux qui n'ont pas de lunette ni de télescope pourront tenter un repérage simple avec une paire de jumelles. La technique consiste, par une nuit sans Lune et loin de toute lumière parasite, à observer attentivement le champ d'étoiles où se situe actuellement la planète. La carte page 135 vous indiquera

lequel des points lumineux visibles dans l'instrument est Uranus. Il sera intéressant de refaire soi-même ce dessin, l'œil à l'oculaire, puis de recommencer l'opération quelques temps plus tard. On pourra ainsi constater le déplacement de la planète par rapport aux étoiles.

Avec une lunette ou un télescope, Uranus n'aura plus un aspect ponctuel et présentera un petit disque. Mais attention, bien que son diamètre réel soit de 50 800 kilomètres, en raison de son éloignement le diamètre apparent, c'est-à-dire l'angle sous lequel on l'observe, n'est que de 3,7 secondes d'arc ; 500 fois plus petit que la Lune, 11 fois moins que Jupiter. C'est dire s'il ne faut pas s'attendre au même spectacle. Le processus consistera, avec un télescope, à repérer la zone en s'aidant de la carte et cela avec le plus faible grossissement disponible sur l'appareil, de façon à avoir un grand champ de vision. Ensuite, on augmentera le grossissement pour distinguer le disque planétaire caractéristique. A 100 fois, on deviendra la couleur bleu verdâtre d'Uranus que nous ont confirmée les photos de la sonde *Voyager*.

Si l'on veut avoir quelque chance d'apercevoir de vagues détails en surface, il faudra utiliser un grossissement de 300 à 400 fois ; mais une telle amplification nécessite un diamètre instrumental de 20 à 30 centimètres.

De toute façon, toujours en raison de son éloignement, même les grands télescopes ne montrent que peu de détails en surface. De ce côté-là, il faut bien dire que, jusqu'à l'exploration directe

d'Uranus par *Voyager*, nous ne savions que très peu de choses sur la lointaine planète.

Pas question, bien sûr, d'observer les anneaux depuis la Terre ; ils sont fins et trop peu lumineux. Remarque identique pour les satellites d'Uranus. La planète en possède une quinzaine, dont cinq seulement sont visibles depuis la Terre. Mais leur éclat, magnitude 14 à 19, les réserve aux télescopes très puissants, voire professionnels.

Ces difficultés ne doivent cependant pas rebuter les amateurs qui se doivent, de temps en temps, de "rendre visite" à tous les membres de la famille solaire.

Les rendez-vous du mois. La Lune occultera en juillet deux étoiles particulièrement brillantes. Ces occultations n'étant pas visibles en France, il se peut qu'en cette période de vacances quelques lecteurs aient la chance d'être au bon endroit ce jour-là. Signalons donc l'occultation de Spica de la Vierge qui aura lieu au matin du 5 juillet, visible depuis le nord est de l'Asie et le Japon. Trois jours plus tard, le 8, ce sera le tour d'Antarès, la plus brillante étoile du Scorpion ; l'observation sera possible depuis l'Inde jusqu'à l'Australie.

Le 12 juillet, rapprochement de Mercure et de Vénus, à observer aux jumelles quelques instants avant le lever du Soleil sur l'horizon est (fig. 2). Mercure s'écartera progressivement du Soleil les jours suivants pour atteindre son élongation le 25 du mois. C'est ce jour-là qu'elle sera le mieux située pour ceux que son observation intéresse (fig. 3).

Saturne, toujours bien visible, est observable dès la tombée de la nuit ; elle passe au méridien vers 23 heures (légales). Jupiter et son cortège de satellites redeviennent faciles à observer ; la planète géante se lève à une heure du matin et, presque toutes les nuits, ses quatre satellites galiléens offrent un phénomène observable dans un petit instrument. On se reporterà aux Ephémérides du Bureau des Longitudes pour en connaître la liste (1).

Yves Delaey ▲

LIVRES

Le grand regard

A ceux que les spectacles terrestres lassent parfois, la science offre un recours immémorial, qui est de porter leurs regards vers les macrocosmes, ou tout au moins des phénomènes plus aptes à engendrer la rêverie ou l'exaltation.

Le premier que l'on conseillera est intitulé *Ces soleils qui explosent*, d'Isaac Asimov (1).

C'est bien le moment de s'instruire sur les supernovae, avec l'un des plus brillants écrivains américains de vulgarisation scientifique. Le lecteur de *Science & Vie* sait, en effet, que l'on a récemment vu un phénomène céleste d'une grande rareté : l'apparition dans le Grand Nuage de Magellan d'une supernova, fin février dernier. Un phénomène exceptionnel puisqu'il ne se produit que deux ou trois fois par millénaire. Inutile de dire qu'il a été intensivement étudié par les astrophysiciens, qui ne tarderont pas à publier les résultats de leurs travaux. L'ouvrage d'Isaac Asimov aidera le lecteur à savoir ce qu'est au juste une supernova, comment une étoile peut exploser soudainement et se mettre en quelques heures à briller des millions de fois plus qu'auparavant, et surtout si notre Soleil court ce risque. Etoiles de mort, les supernovae enrichissent les nuages interstellaires en éléments lourds à partir desquels se forment de nouvelles étoiles. Isaac Asimov nous conte tout cela avec aisance et clarté.

Les ouvrages d'astrophysique écrits directement dans notre langue sont suffisamment rares pour que l'on se réjouisse de la publication de *L'Astrophysique du Système Solaire*, de Thérèse Encenaz et Jean-Pierre Bibring (2). Après avoir été prépondé-

rante au siècle passé, l'étude du système solaire (c'est-à-dire de tous les corps célestes soumis à l'attraction du Soleil) a subi une pause au milieu de notre siècle, alors que se développaient l'astronomie solaire, stellaire galactique et extra-galactique. Le développement de la recherche spatiale devait lui faire connaître un essor extraordinaire en permettant pour la première fois dans l'histoire de mesurer *in situ* des objets relativement proches de la Terre.

L'avènement de nouvelles techniques, et notamment de l'observation dans l'infrarouge convenant particulièrement bien aux corps froids que sont les planètes, allait permettre d'accroître considérablement nos connaissances sur les planètes et leurs satellites. L'abondance des investigations eut pour conséquence de rapprocher des disciplines qui étaient jusqu'alors indépendantes : ainsi pour étudier la surface des planètes, les planétologues se rapprochèrent des géophysiciens. La découverte de molécules sur Titan, renforça leurs liens avec les chimistes et les biologistes.

L'ouvrage présente donc sous une forme systématique la synthèse des découvertes physico-chimiques effectuées ces dernières années dans le système solaire. Les quatre premiers chapitres présentent le système solaire dans son ensemble. Ses différents objets (les planètes intérieures et leurs

satellites, les astéroïdes, les planètes géantes, les corps dénus d'atmosphère, les satellites entourés d'une atmosphère, les comètes, les poussières et météorites) font l'objet des sept chapitres qui suivent, alors que le dernier traite des tendances actuelles de la planétologie.

Pour en revenir à la Terre, passons à la météo, avec *La météorologie* d'André Berroir (3).

Depuis longtemps, la météo a abandonné le statut de pure science pour s'intéresser à l'étude et à l'explication rationnelle des processus mécaniques et physiques qui animent l'atmosphère terrestre. Pour y parvenir, elle a été obligée d'intégrer les différents acquis de la mécanique des fluides (l'air est un fluide), ou de la thermodynamique. Naturellement, son but ultime est et reste la prévision. C'est pourquoi, elle met en œuvre un réseau de moyens exceptionnels : calculateurs superpuissants, maillage de stations de mesures, réseaux de satellites, etc...

Pour mieux comprendre cette science passionnante, et aller au-delà des simples bulletins météo que l'on peut voir à la télévision, le mieux reste encore de se plonger dans ce petit ouvrage qui offre une bonne synthèse des éléments de base nécessaires à la compréhension des phénomènes qui animent notre atmosphère.

Jean-René Germain

(1) Payot, Espace des Sciences, 272 p., 140 F

(2) Inter Editions/CNRS, 390 p., 210 F

(3) Que sais-je ?PUF, 128 p., 22,40 F

Alain Vertadier
DÉBATTRE AVEC SUCCÈS
Les Editions d'organisation, 114 p., 128 F.

Mises à part quelques cérémonies qui tiennent plus du rituel que de la volonté de communiquer, aujourd'hui on ne discourt plus, on débat. Finis les monologues littéraires, le ton "ampoulé" (*dixit* l'auteur), l'anaphore, la litote et, en un certain sens, le style, faits du choix des mots et du souci de la syntaxe. Au rencart les orateurs : nous sommes à l'ère de l'efficacité et du pragmatisme et cela impose un mode d'expression radicalement différent pour présenter son

dossier, défendre son opinion, faire accepter son projet, exposer ses idées en public.

C'est le point de vue, la constatation d'Alain Vertadier qui est, avant tout, soucieux du message à faire passer et nous propose pour cela un certain nombre de techniques oratoires. Et il faut bien le croire, puisqu'il se prévaut d'une double formation — technique d'expression et sciences humaines — et qu'il intervient à titre de conseil auprès des cadres d'entreprises et, adoptons son langage, des "leaders d'opinion". Son idée est incontestable : l'auditoire compte davantage que l'orateur et cet auditoire est de plus en plus critique, de moins en moins passif. Il pose des questions en retour, exprime des remarques, fait valoir ses droits.

Face à cette situation, l'auteur propose quelques "trucs" dont certains sont connus ou évidents (mais que l'on ne pense pas toujours à appliquer). D'abord sur le plan de la relaxation physique : proscrire les attitudes de repli sur soi, rigides, favorisant la crispation musculaire, bloquant la respiration et la communication, au profit des attitudes ouvertes, regard droit, torse dégagé, bras et mains libres, permettant à la personnalité de l'orateur de s'affirmer plus facilement et de le disposer à la communication, au dialogue, à l'écoute.

Ensuite sur le plan de la relaxation psychologique : éviter de penser au trac qui se manifeste dès qu'on y songe, mais se dissipe généralement dès qu'on agit.

Enfin et enfin seulement, sur le plan oratoire : ar-ti-cu-ler, avoir un débit de parole régulier, tracer le parcours logique, la structure de ce que l'on va dire, soit par une série de mots-clefs, soit par un plan.

D'autres conseils sont plus originaux, ou moins connus. Par exemple poser des "questions-ricochets" pour inviter l'interlocuteur à réagir. Raconter et décrire parce que, pour transmettre une information ou une impression, la présentation est aussi importante que le contenu du propos. Bannir la forme impersonnelle, les "il" et les "on" au profit des "vous" qui s'adressent directement à l'auditoire. Structurer son discours dans l'ordre fait → analyse → action. Savoir écouter pour mieux être entendu et reformuler en quelques

mots ce que vient de dire son interlocuteur soit pour amortir son agressivité, soit pour l'entraîner à s'exprimer davantage, soit pour enchaîner sur son intervention.

Chacune de ces techniques, c'est l'intérêt principal du livre, est illustrée d'exercices, souvent très simples, qui ont tous été testés et ont fait la preuve de leur efficacité. Ainsi le "projecteur pectoral" qui consiste, si l'on n'a pas de présence physique devant son auditoire, à s'imaginer que l'on a un projecteur sur le torse, en dessous du cou, légèrement au-dessus des deux seins et que son faisceau éclaire ses interlocuteurs. Si vous êtes trop penché en avant, vous éclairez les pieds, trop repliés sur vous-même la lumière est trop faible, trop mobile vous éclairez n'importe où... L'autre intérêt majeur de ce petit manuel est de s'adapter à la personnalité de chacun en l'a aidant à découvrir ses points forts pour s'appuyer sur telle ou telle facette de sa personnalité en fonction d'une situation ou d'un objectif donné.

Gérard Morice

Frans de Waal
LA POLITIQUE DU CHIMPANZÉ

Le Rocher, 217 p., 85 F

Tous les temples ont leurs marchands, ceux de la science ne font pas exception et l'éthologie est spécialement gâtée en ce domaine. Étudiant au zoo d'Anvers une troupe de chimpanzés, Fans de Waal a fait de nombreuses et intéressantes observations sur leur vie sociale. Mais au lieu de nous livrer une simple description, précise et objective des faits, il nous donne à penser que nous allons trouver dans le comportement simiesque les clefs de nos mœurs politiques. Pour ceux qui seraient lents à comprendre, l'éditeur offre d'ailleurs une couverture où Chirac et Mitterand se serrent la main par singe interposé... Le livre peut se lire et vaut mieux que sa couverture, et les observations relatées sont loin d'être sans intérêt. De là à comparer l'auteur à Machiavel et à lui attribuer la découverte du fait que « les racines de la politique sont plus anciennes que l'humanité », il y a un grand pas à franchir. De même, on ne voit pas pourquoi le lecteur serait "choqué" ou "troublé" en apprenant que les chimpanzés basent leur société sur la dominance, la hiérar-

chie et les luttes conséquentes. Il semble que tout cela soit bien connu du grand public. Les mêmes causes produisant les mêmes effets, il est naturel que les similitudes de comportement apparaissent chez l'homme et le singe dès qu'ils vivent en groupes.

L'ouvrage, encore une fois intéressant, ne méritait pas cette recherche d'un "scandale" sans objet.

Jacques Lecomte

Jean-François Noblet
LES CHAUVE-SOURIS

Atlas visuels - Payot, 64 p., 64 photos, 16 dessins, 89 F.

Jean-François Noblet, qui est bien connu de tous ceux qui militent pour la protection de la nature, s'intéresse particulièrement aux chauves-souris. Dans ce livre, il plaide avec chaleur et compétence la cause de ces animaux qui, *a priori*, n'attirent ni l'intérêt, ni la sympathie. Pourtant leur biologie est remarquable. Leur système de repérage des proies et des obstacles grâce à l'émission d'ultrasons, leur capacité à voyager sur de longues distances, les particularités de leur reproduction, leur vie ralentie pendant l'hiver, constituent autant de raisons d'étudier avec sympathie les chauves-souris.

On ne saurait, de plus, oublier qu'il s'agit de mammifères volants dont l'origine précise est tout à fait inconnue. Sur toutes ces questions, l'auteur nous apporte une information très précise et très sûre. Jean-François Noblet insiste aussi, on s'en doute, sur la protection des chauves-souris. Sur les 900 espèces connues dans le monde, dont une trentaine en France, beaucoup sont menacées. Les destructions volontaires sont peut-être moins fréquentes que dans le passé, mais les raisons d'inquiétude ne manquent pas : crise du logement, qu'il s'agisse de gîtes pour passer l'hiver ou pour la reproduction, problème du dérangement occasionné par les visiteurs de grottes, dangers des pesticides, en particulier des charpentes traitées.

Il est certainement possible d'agir, en particulier en fournissant des nichoirs peu coûteux susceptibles de rendre de grands services. On peut également prendre quelques précautions pour protéger les

charpentes d'édifices anciens.

Grâce aux excellentes illustrations de l'ouvrage, on peut constater que beaucoup d'espèces ont finalement une physionomie assez avantageuse. Et, même si nous n'avons pas souvent l'occasion d'observer de près les chauves-souris, nous pouvons les voir évoluer le soir, dans le ciel. Le livre à la main, il sera possible d'identifier enfin ces "objets volants".

Tous ceux qui aiment mieux connaître ce qui les entoure pourront utiliser ce livre avec beaucoup de plaisir et de profit.

J. L.

Dr Charles Buttigieg
RÉPONSE À TOUTES LES
QUESTIONS QUE VOUS VOUS
POSEZ SUR L'ANESTHÉSIE

Retz, 128 p., 59 F.

Ce petit livre a été écrit par un anesthésiste professionnel pour les patients : les 130 questions qu'il pose (et auxquelles il répond) sont les interrogations véritables des malades, de ceux qui doivent, pour la chirurgie, subir une anesthésie.

Le lecteur découvrira qu'il est (statistiquement) plus dangereux de faire un vol transcontinental, ou de vivre aux côtés d'un fumeur que de subir une anesthésie générale, il saura pourquoi on utilise des curares, et les lectrices apprendront pourquoi il est dangereux de se maquiller avant de descendre au bloc. Non, on ne peut pas induire une anesthésie dans une chambre d'hôpital. Non, vous ne vous réveillerez pas brutalement au cours de l'opération. Mais oui, vous risquez de révéler des secrets de retour du bloc, en salle de réveil (évitez les visites !)

Bref, 59 F ce n'est pas beaucoup plus cher qu'une boîte de Valium et l'avantage de cet anxiolytique de papier, c'est qu'il peut servir à plusieurs patients successifs !

Jean-Michel Bader

MERVEILLES ET SECRETS
DU CORPS HUMAIN

Sélection du Reader's Digest, Album n. / coul., 352 p., 199 F

Habile dosage entre le scientifique et le pratique. Complète bien un dictionnaire médical familial.

Gerald Messadié

Edouard Bonnefous
AVANT L'OUBLI
La vie de 1940 à 1970

Nathan, 592 p., 140 F.

Rien, on le mesure tous les jours, n'est aussi fragile que les souvenirs récents. A lire le récent ouvrage d'un homme d'Etat tel qu'Edouard Bonnefous, chancelier de l'Institut, on mesure encore mieux comment trois décennies peuvent créer des perspectives vertigineuses pour un observateur.

En 1945, on discute encore de la structure de l'atome alors que la bombe d'Hiroshima a changé — mais pour combien de temps ? — le destin de l'humanité. Et Maurice — pas Louis — de Broglie estime que bientôt la construction des grands barrages sera inutile ! En 1951, déjà, est ébauchée la CEE avec la Communauté charbon-acier. Laborieuse naissance, qui fait dire à l'auteur que « Strasbourg apparaît de plus en plus la nécropole des projets européens ». Comme le temps passe ! En 1960, il n'y a pas encore de satellites d'espionnage, et c'est la ridicule affaire de l'U-2 américain. Aujourd'hui, l'univers entier est espionné sans arrêt par les engins spatiaux. En 1949, 63 % des ménages français n'avaient pas l'eau courante chez eux ; vingt ans plus tard, 75 % d'entre eux disposent d'un réfrigérateur. La révolution des arts ménagers a commencé. On commence aussi à parler de minceur, et la cuisine au lever n'est plus loin. On se marie plus et l'on divorce davantage. La natalité baisse. Le tourisme aussi. Un cinquième seulement des chambres d'hôtel en France sont équipées d'une salle de bains en 1965... Aussi les Français commencent-ils à franchir les frontières en nombres de plus en plus grands. Le 20 juillet 1969, des Américains mettent pied sur la Lune...

Le regard d'Edouard Bonnefous est — qui s'en étonnerait ? — surtout politique. Mais il est également sociologique et comme tel, fatallement scientifique, ne fût-ce que parce que la science modifie les sociétés au moins autant que les discours. Il écrit en tous cas comme peu d'hommes politiques et de savants : clairement. Notes concises, repères, commentaires critiques... et le vertige est irrésistible ! Un livre de référence.

G.M.

Cicely Saunders
LAVIE
AILANT LA MORT

Meds, 102 p., 70 F.

Cicely Saunders est une grande dame pratiquement inconnue en France. Seuls quelques médecins (des cancérologues, des anesthésiologues et des responsables de centres anti-douleurs) savent qui est cette Anglaise, créatrice voici vingt ans de la première institution de recherche et d'enseignement dans le domaine de l'aide aux mourants.

Le St-Christopher Hospice a reçu des centaines de patients cancéreux, au stade terminal de leur maladie, enfermés dans des douleurs horribles et incessantes, confrontés à la réalité de leur mort prochaine, à la peur de mourir et abandonnés très souvent par une médecine qui se dit démunie.

La vie aidant la mort est un ouvrage très utile en ce qu'il nous dit simplement des choses qui semblent parfaitement évidentes à la lecture, mais dont l'écho retentit pourtant dans un désert médical : de nombreuses maladies ont une phase terminale parfois longue, et ceux qui en souffrent ont besoin de traitements adaptés à leur état. Mais nombre de médecins ne sont pas disposés à adopter un tel point de vue. C'est pour pallier ce manque que Cicely Saunders et son équipe ont inventé une nouvelle discipline médicale, les soins palliatifs et les thérapeutiques antalgiques aux malades mourants.

Il y a des décisions à prendre, comme le moment exact de mettre en œuvre une stratégie thérapeutique, de donner aux malades les antalgiques majeurs dont ils ont besoin (ce qui nécessite, de la part des équipes, de savoir manier la morphine et les morphiniques), la radiothérapie adjuvante, les médicaments efficaces contre les nausées et les vomissements, les antibiotiques, les tranquillisants...

A l'équipe soignante de savoir analyser (pour tenter de la vaincre) la douleur mentale du sujet, la douleur sociale des proches, la douleur spirituelle, mais aussi, sa propre douleur.

Il reste à écrire maintenant l'histoire passionnante de la vie de C. Saunders.

J.-M. B. ▲

ECHOS DE LA VIE PRATIQUE

AUDIOVISUEL

Un matériel pour show d'images électroniques

Avec le système Datashow, Kodak a utilisé l'ordinateur et les cristaux liquides comme auxiliaires audiovisuels. Ce système permet la projection directe d'images générées par un micro-ordinateur du type IBM-PC. Le Datashow est modulaire et comporte tout d'abord un équipement de rétroprojection.

L'ordinateur est connecté à une tablette constituée d'une couche de cristaux liquides où s'affichent textes et images. Cette tablette, d'une définition de 640×200 cellules (points d'images) est simplement posée sur le plateau de verre d'un rétroprojecteur où elle remplace les transparents. Un logiciel spécifique Kodak Showmaker, faisant partie du système, permet en outre de mémoriser, sur une simple disquette, une certaine d'images et de programmer leur succession dans le cadre d'une communication. Une télécommande à infrarouge à 18 fonctions offre la possibilité de diriger la présentation de ces transparents électroniques.

Le système de visualisation Kodak Datashow — tablette à cristaux liquides, kit de raccordement et d'alimentation, commande à distance infrarouge et logiciel Showmaker — trouve facilement place dans un attaché-case



et coûte environ 16 600 F.

L'équipement compte ensuite un projecteur Datashow qui permet de projeter directement sur grand écran toute image générée par un ordinateur de type PC. A cet effet, la luminosité et la définition de l'appareil sont plus de quatre fois supérieures à celles des projecteurs vidéo conventionnels. Au cœur du projecteur on trouve une plaquette à cristaux liquides miniature de 96×72 mm dont la définition est également de 640×200 points. Le projecteur peut être branché sur n'importe quel ordinateur IBM-PC ou compatible équipé d'une carte graphique couleur CGA, et projeter aussi bien des textes que des graphiques issus de n'importe quel logiciel.

Le logiciel Showmaker et une commande à distance à infrarouge, livrés avec le projecteur, autorisent une très grande souplesse d'utilisation : accès rapide à une image déterminée ou projection automatique, contrôle du contraste de l'image, inversion, comparaison de deux images sur le même écran, fléchage, etc.

Le projecteur Kodak Datashow accepte une gamme d'optiques allant de l'objectif standard (pour une distance de projection de 3 à 15 m) à la courte focale (projection à 90 cm) en passant par les zones à focales variables. L'inversion électronique de l'image offre aussi la possibilité de rétroprojecter sur un écran translucide. Sa puissance lumineuse (lampe de 400 W halogène) ne nécessite pas l'obscurité dans la salle de réunion. Prix : environ 30 000 F.

VIDÉO

Camescope 8 mm grand public

Les amateurs recherchent un matériel simple, compact, automatique certes, mais facile d'emploi. Pour un appareil de prise de vues, cela suppose un zoom de faible amplitude car les longues focales doivent s'utiliser avec un pied. Et les dispositifs incorporés d'effets spéciaux sont inutiles. Fuji vient de lancer un camescope 8 mm, le Fujix P 300 AF, qui répond à ces souhaits.



L'objectif est un zoom 1,6/12-30 mm avec position macro à mise au point automatique (débrayable pour un réglage manuel). L'image est analysée par un capteur DTC de 290 000 cellules. L'appareil est utilisable directement pour la lecture de la cassette sur téléviseur. Enregistrement et lecture en PAL. Un téléviseur PAL ou PAL/SECAM est donc nécessaire, à moins d'acquérir un convertisseur SECAM. La durée maximale d'enregistrement est de 90 min en vitesse normale et de 3 h à demi-vitesse. Le Fujix P 300 AF est doté d'un viseur électronique orientable, d'un microphone électrostatique omnidirectionnel, de la recherche rapide d'une séquence et d'une batterie 8,5 V. Dimensions : 130 x 155 x 237 mm. Poids : 1,4 kg. Prix : 13 000 F environ.

Un 24 X 36 compact avec auto-correction du flash

L'automatisme du flash d'un appareil de prise de vue n'assure pas toujours de bonnes images. En photo rapprochée le sujet peut être surexposé par un éclair trop intense (image excessivement claire). Nikon vient de lancer un compact 24 x 36, le Nikon AF-3, équipé d'un circuit électrique capable d'apporter certaines corrections automatiques au fonctionnement du flash incorporé. Ce flash est utilisable en photomacrographie à 45 cm du sujet. Dans ce cas, l'intensité de l'éclair diminue afin d'obtenir une exposition correcte, le réglage de la distance étant assuré automatiquement. D'autre part, lorsqu'on fait une photo en contre-jour en lumière naturelle, un système détecte, toujours automatiquement, le contraste excessif et met en service le flash afin d'éclairer les ombres et leur donner plus de détails. Cette fonction est assurée jusqu'à 5 m de distance. Un réglage manuel est toujours possible par débrayage du flash.

Le Nikon AF-3 est par ailleurs un appareil tout automatique : mise au point (mémorisable), exposition (programme de 1/10 à 1/500 s), affichage de sensibilité (64 à 1600 ISO), chargement, entraînement et rebobinage du film. Il possède un objectif 2,8/35 mm à 4 lentilles, un retardateur (pour se photographe soi-même) et un déclencheur électromagnétique. Une pile au lithium de 6 V assure une autonomie de 5 ans à raison de 10 films de 24 vues par an dont 30 % au flash. Prix moyen : 1 690 F.



Carte-magnétophone à puce



Avec Voice-card, les Japonais mettent à leur actif, un nouveau record de miniaturisation. C'est en effet une sorte de micro-magnétophone de 7 mm d'épaisseur, de la taille d'une petite carte de visite (91 x 55 mm) pesant 45 g. Il permet d'enregistrer et de reproduire un message sonore de 8, 16 ou 24 s, la durée étant choisie au moyen d'un sélecteur. L'enregistrement d'un nouveau message efface automatiquement le précédent, mais il est aussi possible de conserver un premier message et d'utiliser l'espace d'enregistrement restant. Tout ceci doit bien sûr tenir

dans 24 s. L'enregistrement est numérique et mémorisé dans un circuit intégré LSI de type CMOS. La reproduction sonore est assurée par un haut-parleur dynamique de grand diamètre, elle est cependant de meilleure qualité pour les messages de courte durée. L'appareil est alimenté par une pile au lithium qui permet environ 500 enregistrements et une mémorisation d'environ 1 an. Voice-card qui est fabriqué en commun par les sociétés japonaises Hoshi, Design et Voice Tech, sera commercialisé d'abord dans ce pays, ce mois-ci, au prix d'environ 200 F.

Pour nettoyer les disques compacts

Spécialiste des produits d'entretien pour disques microsillons, la Sofradiam Rexon vient de lancer le Lasernet, un kit de nettoyage des disques à lecture par laser. Il se compose d'un boîtier "CD" équipé d'un disque souple en caoutchouc épais et neutre sur lequel vient reposer le disque pendant l'entretien et d'un second disque double face, l'une noir velouté pour dépoussiérer et l'autre de couleur chamois pour nettoyer. Le tout se complète d'un flacon pulvérisateur d'un liquide légèrement détergent et antistatique (un dérivé d'ammonium quaternaire : lauryl-ether sulfate de sodium, souvent utilisé dans les produits destinés au nettoyage des microsillons). Le Lasernet est lavable. Il est vendu chez les disquaires. Prix : 145 F.



AUDIO

Un émetteur radio dans une montre

Une montre, la Power TM100, qui pourrait figurer dans le micro-arsenal de James Bond, vient d'être lancée (au Japon seulement car les fréquences radio utilisables en Europe sont différentes) par Casio. Elle est dotée d'une antenne télescopique logée sur le côté du boîtier. Dès que celle-ci est déployée

(105 mm), l'émetteur est utilisable, permettant de transmettre la voix à 60 mètres. A la réception, le message est capté par un poste radio FM et peut être enregistré sur un magnétophone. Les transmissions se font dans la bande de 75-86 MHz et un sélecteur permet de choisir la meilleure longueur d'onde. La

montre qui cache cet émetteur est des plus classiques et comporte une alarme, un chronomètre et un calendrier. Deux alimentations sont prévues, l'une pour la montre (autonomie de 2 ans), l'autre pour l'émetteur (autonomie de 5 heures en continu). Prix au Japon : 1 500 F environ.

PHOTO

Premier appareil transparent

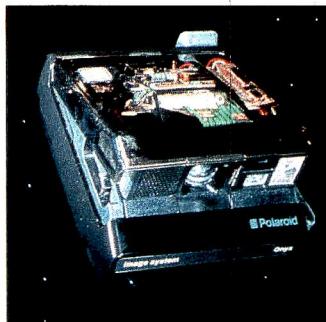
Il y a un an, Polaroid commercialisait le Système Image, procédé de photo instantanée améliorant la brillance des couleurs et la netteté par rapport aux procédés antérieurs (*Science & Vie* n° 827 d'août 1986). Aujourd'hui Polaroid lance un second appareil pour ce procédé, l'Onyx Image System. De forme identique au premier, il est doté d'un capot transparent légèrement brun fumé qui permet de découvrir tous les circuits électroniques, ces circuits qui, en l'espace d'un cinquante millième de seconde règlent les 30 opérations complexes du fonctionnement de l'appareil (mise au point automatique par ultrasons, exposition, flash, entraî-

nement du film, etc.).

Bien entendu, l'Onyx Image System n'est pas un simple gadget esthétique : il fonctionne normalement. Ses caractéristiques sont voisines de celles du premier appareil. Le système de mesure de la lumière travaille selon trois

modes : exposition automatique pour la seule lumière ambiante, exposition automatique du flash (portée 4,60 m) par variation de l'ouverture en fonction de la distance appareil-sujet et éclairage automatique des ombres dans les contre-jours. L'objectif comporte trois lentilles dont une lentille centrale mobile.

Au dos de l'appareil sont fixées les commandes de débrayage du signal sonore, du retardateur de 12 secondes qui permet à l'opérateur de venir figurer sur la photo, de débrayage du flash, de demande d'image plus claire ou plus foncée et de prise de télécommande. Prix moyen : 1 700 F.



Légère progression du marché français

En 1986 l'équipement photographique des Français a augmenté de 8 % et la consommation de pellicules de 2,5 %. Cette progression profite essentiellement au format 24 × 36. Il s'est en effet vendu durant cette année 315 000 reflex (+5 % sur 1985), 765 000 compacts (+25 %) et 74 400 000 pellicules (+2,5 %). Les ventes d'appareils à chargeur ont diminué au contraire de 4 % (695 000 vendus).

Pour les films, seuls les négatifs en couleurs ont progressé : 55 560 000 (+7 %). Les ventes d'inversibles pour diapositives ont baissé de 7 % (10 900 000) et les noir et blanc de 10 % (4 300 000).

Le parc des appareils photographiques en service a été estimé à 15 500 000 unités (+2 %). Ici encore seul le format 24 × 36 progresse (7 100 000 appareils, +9 %), les miniformats étant en régression de 1 % (6 520 000). Comme les années précédentes, les ventes de films super 8 diminuent : 3 700 000 cassettes, soit -24 % (sources : Kodak-Pathé).

Le casque haute fidélité Panasonic RF-HX-7, comme tous les casques modernes, est léger : 150 g. Ce qui n'aurait rien d'extraordinaire si cet appareil n'était qu'un écouteur. Mais il comporte aussi un tuner FM stéréophonique incorporé (bande captée de 87,5 à 108 MHz). Ce nouveau produit de la microélectronique permet soit d'écouter directement la radio, soit de raccorder le casque à n'importe quelle autre source audio, lecteur de disque compact compris.

L'appareil dispose d'une molette de syntonisation, d'un sélecteur mono/stéréo et d'un témoin d'alimentation. La bande passante est de 5 à 25 000 Hz. Il sera disponible en France au mois de septembre. Prix : 1 200 F environ.



Multiplicateurs de focale utilisables sur Minolta Autofocus

Le multiplicateur de focale est un complément optique qui, disposé entre l'objectif et le boîtier d'un appareil photo, allonge la distance focale de cet objectif. Cet accessoire, largement utilisé sur les 24 × 6 reflex, ne pouvait pas l'être sur les nouveaux Minolta AF sans perte des couplages objectif-boîtier (automatisme de la mise au point et de l'exposition).

Ces couplages étant complexes, un accord entre Minolta et les fabricants de multiplicateurs était nécessaire pour garantir la réalisation d'un matériel fiable. Un tel ac-

cord a été passé avec le constructeur des multiplicateurs Foca et autorise l'incorporation des mémoires ROM à circuits intégrés dans ces multiplicateurs pour obtenir les couplages nécessaires avec les reflex Minolta 5 000, 7 000 et 9 000. Deux multiplicateurs sont donc proposés aux amateurs : le Foca HR-4 Minolta AFX 1,4 (4 lentilles, multipliant la focale par 1,4, conservant tous les automatismes avec les objectifs ouverts à 1 : 4,5 ou plus, et autorisant un fonctionnement en réglage manuel avec les objectifs ouverts à 1 : 5,6 ou à 1 : 8)

et le Foca HR-7 Minolta AFX 2 (7 lentilles doublant la focale, conservant les automatismes jusqu'à 1 : 2,8 et utilisable en manuel avec les objectifs moins lumineux). Prix moyen : 540 F le HR-4 et 800 F le HR-7.

Les programmes américains représentent environ 40 % des programmes importés par les sociétés de télévision d'Europe de l'Ouest, tandis que les programmes soviétiques constituent 20 % de ceux qu'importent les pays d'Europe de l'Est.

Les objets du mois

Objets astucieux et appareils ingénieux produits par l'industrie arrivent souvent sur le marché sans tambour ni trompette : le fabricant les commercialise sans présentation à la presse ni publicité, parce que les retombées du progrès scientifique et technologique dans le quotidien se multiplient très vite et, finalement, se banalisent. Les acheteurs les découvrent alors par hasard, en flânant de boutique en boutique. Chaque mois, nous allons ainsi fouiner aux "puces" de la technologie, autant pour vous informer que pour votre plaisir.

1 DES JUMELLES POUR OBSERVER LES OISEAUX

Les jumelles qu'on destine à l'observation des oiseaux doivent être très lumineuses et relativement puissantes. Mais elles doivent aussi avoir une bonne stabilité en main et être faciles à régler, car les guets d'oiseaux sont souvent prolongés.

La marque Swift a conçu une gamme de jumelles adaptées à cet usage (et, bien sûr, utilisables pour d'autres observations). Leur corps monobloc ergonomique, une commande de mise au point cylindrique précise et une bonne répartition du poids garantissent des observations confortables. Des œillères repliables, en caoutchouc, permettent aux porteurs de lunettes de les conserver et de ne rien perdre du champ de vision. Toutes les surfaces verre-air des optiques reçoivent des traitements multicouches éliminant les réflexions internes et améliorant ainsi la transmission de lumière.

La gamme comprend quatre modèles :

- La J 134 Audubon $8,5 \times 44$ du nom du naturaliste John James Audubon qui parcourut le monde pour observer et peindre les animaux sauvages. Elle a été créée en collaboration avec des ornithologues. Prix : environ 2 040 F (**photo ci-contre**).
- La J 135 Swift Osprey $7,5 \times 42$ au

corps gainé d'un caoutchouc protecteur, convenant pour un usage intensif "tout-terrain". Un cache-pluie protège les oculaires.

- La J 136 Swift SPWA 8×36 la plus petite des jumelles Swift. Compacte et légère, elle est dotée d'oculaires à quatre lentilles et d'un grand champ de vision.
- La J 137 Swift SPWA 9×42 puissante et lumineuse, elle possède aussi un grand champ de vision.

Pour ces 3 dernières jumelles, le prix n'était pas fixé au moment de la mise sous presse.

2 UN MOTEUR À EAU... DANS UNE POMPE À EAU

En l'absence d'un robinet de vidange, ou si celui-ci ne fonctionne plus, une pompe peut être utilisée pour vider un récipient quelconque : aquarium, machine à laver le linge, baignoire, piscine, etc.

La pompe Aspir'eau a été conçue à cet effet. Efficace et peu encombrante, elle est simple car il suffit de la brancher sur n'importe quel robinet d'arrivée d'eau, de plonger son tuyau dans le récipient à vider, puis d'ouvrir le robinet. Elle fonctionne aussitôt, sans électricité, la pression de l'eau du robinet actionnant une turbine. Dès que cette pression est établie (minimum 1,6 bar), le dispositif

pompe et rejette à la fois l'eau dans laquelle il est immergé et celle qui a servi à actionner sa turbine.

Sa puissance est telle que le point d'évacuation peut être situé jusqu'à cinq mètres au-dessus du niveau de l'eau à vider. Prix : 598 F (Bazar de l'Hôtel de Ville, 14 rue du Temple, 75189 Paris Cedex 04).

3 UN DICTIONNAIRE ÉLECTRONIQUE MINIATURISÉ

La librairie Larousse et Sharp Corporation proposent une traductrice électronique bilingue (français/anglais — anglais/français) dotée de 8 000 mots sélectionnés à partir des expressions les plus employées dans la conversation courante. Pour obtenir la traduction d'un mot il suffit d'inscrire ses deux premières lettres puis de taper sur une touche qui fait défiler la liste des mots ayant les mêmes premières lettres. Quant le mot est affiché sur l'écran il ne reste qu'à taper sur la touche "traduction". Le procédé évite d'avoir à connaître l'orthographe exacte des termes à traduire. L'utilisateur du "Bilingue électronique" peut également mémoriser des couples de mots difficiles, les rappeler à tout moment et tester ses connaissances à l'aide du générateur de mots.

Cette traductrice électronique est aussi une calculatrice qui dispose des quatre opérations de base, des pourcentages, des carrés, des puissances et inverses et de la possibilité de stocker des calculs en mémoire. L'appareil fonctionne avec 3 piles alcalines ou 3 piles à l'oxyde d'argent. Il mesure $65 \times 115 \times 8,8$ mm et pèse 70 g (avec les piles). Prix : environ 700 F (Diffusion de l'Ombrière, 19 rue Mongallet, 75012 Paris. Tél. (1) 43 07 82 27).

4 UNE BICYCLETTE DANS UN SAC DE VOYAGE

Partir à pied en transportant son vélo dans un sac, cela ressemble à un gag. C'est pourtant ce que propose la société anglaise SEP International avec une série de bicyclettes pliables, les "Bickerton portables". Trois modèles sont disponibles (une, trois et cinq vitesses) d'un



encombrement très réduit (76 x 51 x 25 cm) et ne pesant que 9 kg. La bicyclette est simple à plier. Au moment de l'utilisation, le cycliste effectue, sans outil et en quelques secondes, les réglages de la selle (matelassée) et du guidon qui lui permettent de choisir la position la mieux adaptée à sa taille. Fabriquée presqu'entièrement en alliage d'aluminium, les Bickerton ne nécessitent que peu d'entretien.

Les autres caractéristiques techniques sont tout à fait classiques : pneus avec chambre à air ; valves Shraeder ; plateau en aluminium 52 dents, pédales plates, freins à câbles, chaîne nickelée et résistante à la corrosion. Livrée avec un sac de transport. Prix : 2 600 F (SEP International, 30 rue de Trévise, 75009 Paris. Tél. (1) 45 23 12 80).

5 CHAUFFE-EAU SOLAIRE DE POCHE

La miniaturisation des équipements utilisant l'énergie solaire permet aujourd'hui de construire des appareils de poche pour faire du café ou du thé en camping ou lors de randonnées en montagne. C'est ainsi que la société GBM a créé un chauffe-eau individuel, l'Aton, qui a la forme d'un disque de 23 cm de diamètre et 4,5 cm d'épaisseur, et ressemble à une gourde lorsqu'il est plié.

Pour l'utiliser, il faut naturellement que le soleil brille. Il suffit alors de déployer les réflecteurs en aluminium anodisé et d'orienter l'ensemble de telle façon que l'absorbeur soit éclairé au maximum sur ses deux faces. Un pied coulissant facilite le réglage de l'inclinaison.

Aton, comme les panneaux so-

laires de plus grande dimension, utilise l'effet de serre : les rayons infrarouges du soleil traversent facilement les parois transparentes et se trouvent "piégés" à l'intérieur, la température de l'absorbeur — un réservoir noir en polycarbonate — s'élève alors.

Cet absorbeur a une contenance d'1/3 de litre, soit environ trois tasses à thé. Il est placé à égale distance des deux flasques transparentes. La couleur d'une pastille thermique change dès qu'une température de 65° est atteinte — il faut, en été, entre 20 à 30 min. Cette température continue à monter jusqu'à 100° si l'on attend encore un quart d'heure. Aussi ne faut-il pas visser le bouchon à fond ou abandonner l'appareil ouvert en plein soleil lorsqu'il est vide... Prix : 280 F (GBM, av. de la Gare, Bouchemaine, 49000 Angers).

6 UN ROBINET À CELLULES SOLAIRES

Le plus sûr moyen pour obtenir de l'eau à bonne température avec un robinet mitigeur est de la contrôler au moyen d'un thermomètre. Pour faciliter les choses, la société Idéal Standard incorpore ce thermomètre à ses robinets Aquariane digital pour salles de bains : une sonde dans l'eau, à la base du robinet, là où le mélange vient de se faire, relève la température. Un courant électrique, proportionnel est libéré et alimente un compteur à cristaux liquides sur le robinet, l'utilisateur y lit la température.

Pour fonctionner, ce thermomètre numérique a donc besoin de courant électrique : il est fourni par des cellules photovoltaïques (situées sous la fenêtre d'affichage de la température), qui captent la lumière du jour ou celle d'un tube à néon et la transforment en énergie électrique de 2 volts. En cas d'insuffisance lumineuse (entre 10 et 80 lux), une micro-pile au lithium d'une durée de vie de 10 ans, située dans la poignée, prend le relais. En cas d'obscurité totale, le circuit se déconnecte.

La température affichée est précise à 1/2 degré près. Le temps de réaction est de 2 secondes pour une variation de 30 °C. Les mitigeurs sont fabriqués en céramique. Prix : de 1 400 à 1 600 F, selon le modèle (Idéal Standard, Les Mercuriales, 40 rue Jean Jaurès, 93176 Bagnolet Cedex).

7 LE PLASMA AU SERVICE DE LA DÉCORATION

Voici un objet simplement décoratif, l'ID Star plasma. Réalisée en borosilicate, totalement transparente, cette sphère d'un diamètre de 17 cm à 1 m suivant les modèles, contient un mélange d'une vingtaine de gaz sous faible pression, soigneusement dosés (néon, krypton, argon, azote, etc.). En son centre, on distingue une électrode noire, également sphérique reliée électriquement au circuit caché dans le socle en plexiglass noir. Dès la mise sous tension, ce circuit géré par un microprocesseur, délivre à partir du secteur un courant à fréquence variable sous une tension de 12 000 volts. Aussitôt ce cocktail de gaz

ionisés s'illumine et apparaissent des lignes sinuées qui serpentent comme des algues flottant dans l'eau.

Les couleurs pastel se modifient légèrement tout en restant dans une tonalité dominante qui dépend de la composition du mélange gazeux.

Ce mélange est différent pour chaque exemplaire qui est une pièce unique numérotée, signée par Ingo Döring, l'artiste qui a eu l'idée d'utiliser les plasmas à des fins artistiques.

Le socle est muni d'un commutateur à deux positions qui permet de faire varier les effets visuels (permanents et évolutifs). Ces effets sont silencieux et visibles dans une ambiance d'éclairage normale. Prix : environ 17 700 F le modèle de 28 cm (Future concept, 78 rue Quincampoix, 75003 Paris).

MASTIC AUTOMATIQUE

La pose d'un joint sanitaire nécessite souvent un pistolet spécial et un dosage précis du produit, ce qui n'est pas à la portée de tous les bricoleurs. Pour simplifier ce travail la société Rubson vient de mettre au point une cartouche de mastic, appelée Automastic, qui s'utilise sans pistolet ni vis car elle contient un réservoir de gaz propulseur. La simple pression d'un doigt sur le fond de la cartouche, libère la quantité de mastic suffisante.

Contrairement au système à vis ou au pistolet, ce procédé distribue le produit d'une façon égale puisque la pression reste constante. De couleur blanche, ce mastic est traité anti-moisissures.

Contenu de la cartouche : 200 ml. Prix : 65 F environ. En vente dans les grands magasins et magasins de bricolage.

MINITEL EMBARQUÉ POUR LES PLAISANCIERS

Grâce au système Faxsen, on pourra bientôt se servir du minitel à bord des bateaux ou sur tout poste mobile doté d'une radio VHF duplex (dont l'émission et la réception se font simultanément, comme pour le téléphone).

Le Service électronique de navigation (SEN, Port du Moulin-Blanc, 29281 Brest cedex, tél. (16) 98 42 10 35) a conçu à cet effet un ensemble de filtres électroniques éliminant les parasites de transmission par voie hertzienne. Partie avec l'idée de raccorder un télecopieur aux liaisons radio-maritimes VHF, cette société a appliqué sa technique au minitel. Pour l'instant, seul le raccordement du télecopieur est agréé par la Direction générale des télécommunications, car le minitel pose encore des problèmes de taxation.

Ce système va rendre divers services aux plaisanciers et aux professionnels. A l'aide du télecopieur, des cartes météorologiques marines, voire le schéma d'une pièce à réparer, pourront être transmis. Quant au minitel, il permettra de se raccorder sur le réseau national Transpac et, en pleine mer, un bateau aura accès à tous ses services. Cartes météorologiques et marines seront consultables à tout moment et les services de messageries électroniques pallieront à l'isolement des marins.

A l'aide d'un micro-ordinateur embarqué collectant toutes les données d'un bâtiment : route suivie, chargement, localisation en temps réel, niveau du carburant, etc. et du modem du minitel, un armateur pourra suivre son navire.

Fonctionnant en VHF, le dispositif Faxsen comporte une radio duplex, un clavier d'appel automatique, une alimentation, un ensemble de traitement des signaux



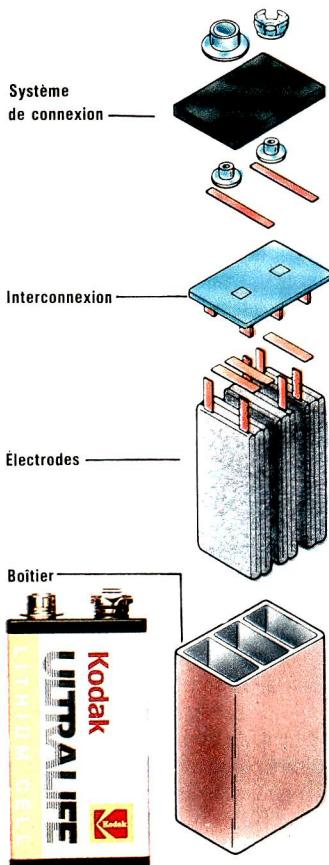
pour le télécopieur et coûte environ 33 900 F. Il faut compter 12 000 F de moins si le bateau est déjà équipé d'une radio duplex.

Une version fonctionnant en BLU (bande latérale unique) est prévue prochainement, ce qui permettra une portée quasi illimitée.

UNE PILE AU LITHIUM QUI DURE 10 ANS

Kodak lance sur le marché français une gamme de piles de hautes performances et, parmi elles, la première pile au lithium fabriquée dans son usine américaine, l'Ultralife, de 9 volts. Elle se caractérise avant tout par son prix, 29,50 F, peu élevé pour un modèle de ce type.

La décision de Kodak d'entrer sur le marché des piles date de 1984, année où fut créée la division Ultra-technologies qui avait justement pour mission de concevoir une pile au lithium. Le lithium est le métal qui s'oxyde le plus facilement en donnant un électron. Du fait de cette grande réactivité,



même en très faible quantité, il produit beaucoup plus d'énergie que les autres métaux. La pile Kodak Ultralife n'utilise qu'un peu plus d'un gramme de lithium métal.

Les ingénieurs ont notamment réglé la principale question liée à l'utilisation de ce métal, la sécurité. La cathode (en carbone et dioxyde de manganèse) et l'anode (un ruban d'acier inox recouvert d'une couche de lithium métal), doivent être placées aussi près que possible pour permettre aux ions de circuler mais doivent toutefois être séparées pour éviter tout court-circuit. Kodak utilise à cette fin comme séparation un tissu en polypropylène recouvert de cire qui forme une paroi poreuse. Si la température de l'environnement dépasse 90°, la cire fond et remplit les interstices du tissu, stoppant ainsi le flux d'ions. Ce dispositif constitue un véritable disjoncteur thermique qui assure une sécurité totale d'utilisation. Dernière grande innovation, le pliage en W du sandwich (anode, couche de sécurité, cathode) augmente au maximum le contact entre les produits réactifs.

Enfin les ingénieurs ont mis au point une nouvelle méthode de soudure du polypropylène par ultra-sons qui assure aux piles Ultralife une durée de conservation exceptionnellement longue grâce à l'étanchéité parfaite du carter ainsi obtenue (10 ans au lieu de 2 ou 3 pour les piles alcalines). La pile au lithium 9 V convient donc particulièrement aux systèmes de sécurité et d'alarme, aux émetteurs radios, aux outils à piles et à tous les appareils exigeant une alimentation fiable.

LE ROBOT-TIRELIRE

Tomy, une firme japonaise productrice de jouets robotisés, vient de commercialiser un robot-tirelire appelé Kanecooder. La main tendue, il attend qu'on lui donne une pièce de monnaie. Dès qu'il en reçoit une, il la porte à sa bouche qui s'ouvre et l'avale en roulant des yeux de plaisir, puis il vous tire la langue de contentement. Alimenté par piles, ce robot est vendu au Japon pour environ 80 de nos francs. La date d'importation n'est pas déterminée pour l'instant.

FOYER DE CHEMINÉE À COMBUSTION TOTALE

Dans une cheminée, la combustion se fait entre 400 et 600 °C. Si l'on portait cette température à 1000 °C, les bois verts ou détrempés brûleraient facilement. Mieux, la vapeur d'eau dégagée par le bois mouillé en réagissant sur le carbone se décomposerait en hydrogène et oxyde de carbone. Tous deux étant combustibles, ils participeraient à la production de chaleur.

C'est ce que tend à réaliser le foyer Hydroflam. Il comporte quatre éléments dont l'installation n'exige aucune modification des cheminées. Ces éléments vont permettre l'activation de la combustion du bois par accroissement de la température du brasier (1000 °C). Pour cela, l'air alimentant la combustion est introduit dans le foyer par une veine continue l'entourant. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que le rideau d'air ascendant isole le brasier des déperditions caloriques.

(Atelier Meusy SA, 6 rue du Canal, 2906 Boncour, Suisse). ▲

CULTURE GÉNÉRALE

LA CLÉ DE VOTRE RÉUSSITE

Une bonne culture générale est le support indispensable à la réussite de vos projets, qu'ils soient personnels ou professionnels. Contacts, rencontres, relations, examens, etc... en toute occasion, on vous juge sur votre culture.

La Méthode de l'I.C.F., claire et pratique, vous permettra en quelques mois, chez vous, à raison de quelques heures par semaine, de voir ou revoir les connaissances de base dans les principaux domaines : littératures, arts, philosophie, religions, histoire, sciences, économie, politique, cinéma, musique, etc.

Une méthode qui fait la synthèse des idées dans la chronologie des événements, des mouvements de pensée et des hommes qui ont forgé les civilisations. Une mise au point utile à tous ceux qui veulent progresser et réussir.

Documentation gratuite à l'I.C.F., service 3914
35, rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Tél. : (1) 42 70 73 63.

SUPERPHÉNIX EN FUITE

(suite de la page 76)

avant un an environ, on pouvait s'en passer pour le fonctionnement du réacteur. En effet, à supposer qu'à l'intérieur du cœur des éléments combustibles chauffent un peu trop il est possible de les placer à la périphérie du cœur, à l'abri du flux de neutrons. Des emplacements de secours, dits "de déverminage" sont prévus. En cas de rupture de gaine d'un élément, on se privait bien sûr d'un lieu de retrait idéal et on risquait de contaminer toute l'enceinte du cœur, appelée "enceinte primaire", mais on ne risquait pas pour autant l'accident. En cas de pépin plus grave, on pouvait toujours arrêter le réacteur.

Et pourtant la sécurité la plus élémentaire prônait l'arrêt. Pourquoi ? Parce que le danger rôdait sous cette cuve du barillet. Puisque fissure il y avait, pourquoi ne pas imaginer que la deuxième cuve de protection, d'un acier identique, pouvait présenter les mêmes défauts et fuir à son tour ? Or, elle constituait l'ultime barrière pour le sodium déversé. En cas de fuite de cette enceinte, le sodium se serait répandu sur le béton ; or, le béton contient de l'eau, dont le sodium capture l'oxygène, libérant ainsi de l'hydrogène qui, à partir d'une certaine concentration, explose. Et c'est là que le bâton blesse. Car si par malchance une anomalie s'était produite au même moment dans le cœur, la conjugaison des deux événements risquait d'être désastreuse !

L'une des hypothèses émises pour expliquer la fissure dans la cuve du barillet met en cause la réaction du sodium avec les oxydes de fer qui recouvrent la structure. Dans ce cas, les calculs de propagation de fissure avancent l'éventualité du percement de la cuve en 6 mois. C'est pourquoi les autorités de sûreté du ministère de l'Industrie ont demandé l'arrêt du réacteur avant la 31 mai ; toujours prudentes, elles ont préféré diviser le risque par deux et tabler sur trois mois.

On a par ailleurs quelques sérieuses raisons de douter de la solidité de ces cuves, en acier noir. Si la cuve qui contient le cœur est en acier inoxydable, appelé "qualité 1", les cuves du barillet, elles, sont en acier au carbone de "qualité 3". « Ce qui est sans doute une erreur », reconnaît aujourd'hui M. Lavérie, déjà cité. En effet, à Kalkar, sur les rives allemandes du Rhin, où a été construit un autre générateur, plus modeste puisque sa puissance ne dépasse pas 300 MWe (3), on avait déjà observé le percement d'un réservoir en même métal contenant du sodium. La fuite s'observait au niveau des soudures, ces gros chaudirons étant faits de plaques soudées.

Les responsables d'EDF, lorsqu'ils ont eu con-

CD CONTROL DATA

4 FORMATIONS A L'INFORMATIQUE

par un grand constructeur d'ordinateurs

De 15 à 27 semaines à Paris, Marseille,
Bordeaux, Lyon, Nantes, Lille et Nancy.

Admission de niveau bac à bac + 2
Tests gratuits. Prêts formation 100%
Aide au placement assurée - Début des
cours chaque semaine.
Pour documentation, retournez ce bon à
INSTITUT PRIVÉ CONTROL DATA, Bureau
120 - B.P. 154 - 75623 Paris Cedex 13 -
Téléphone (1) 45.84.15.89.

Votre nom
Votre adresse
Votre téléphone

INSTITUT PRIVÉ CONTROL DATA
Pour devenir un vrai professionnel

naissance de l'affaire, ont gardé ce même métal mais ont modifié les procédés de soudure. Par ailleurs, des problèmes similaires ont été rencontrés avec cet acier, sur d'autres installations, à Bensberg (RFA) et à Almeria (Espagne).

Il ne reste qu'à espérer que les autres stockages annexes de sodium, qui sont également en acier noir, ne sont pas de la même qualité...

L'éventualité d'une seconde fuite dans l'enveloppe, elle aussi en acier noir, n'était pas irrational, comme on le voit. Et pourtant EDF a préféré laisser fonctionner le réacteur, alors que le réseau n'avait guère besoin de ses kilowatts, poussant même le zèle jusqu'à continuer les expériences en cours, puisque Superphénix est aussi un outil de recherche. Il ne fallait pas que l'on puisse douter de la fiabilité de la superbe machine, déjà contestée sur le plan économique.

Troisième question : Que contenait exactement le bariquet ? On nous l'a répété sur tous les tons ; le sodium du bariquet n'est pas radioactif. C'est vrai, car pour l'être, il aurait fallu que le bariquet contienne un élément combustible dont la gaine fendue aurait laissé échapper des produits de fission, contaminant ainsi le sodium. Certes, il y avait bien un élément combustible douteux, puisqu'il avait dû être évacué du cœur en janvier dernier pour échauffement excessif. Son origine ? Un technicien avait tout bonnement oublié d'enlever le bouchon de caoutchouc qui protège l'embout, et la circulation de sodium ne pouvait plus s'effectuer correctement pour refroidir l'élément. Mais, à notre connaissance, l'échauffement n'a pas conduit à une rupture de gaine.

Il faut pourtant préciser que, bien qu'il n'y ait pas encore eu, à proprement parler, de décharge-ment de combustible du cœur, le bariquet contenait un certain nombre d'éléments provenant du cœur.

En effet, afin d'effectuer des essais thermiques et hydrauliques, avant la première fission, on effectue un faux chargement du cœur. Cela permet également de vérifier le bon fonctionnement des engins de manutention. Ainsi en plus des assemblages fertiles (U_{238}) qui se transformeront ultérieurement en plutonium sous l'action des neutrons dégagés par les éléments combustibles, on a donc disposé sur la périphérie du cœur les assemblages de protection neutronique en acier qui évitent que les neutrons s'échappent du cœur. Mais au lieu de placer au centre les éléments combustibles, savant mélange d'uranium et de plutonium et responsables de la réaction en chaîne, on dispose de faux assemblages en acier. Ce sont principalement ces éléments factices qui ont été évacués.

(suite du texte page 146)

(3) Ce réacteur presque achevé risque de ne jamais être mis en service devant l'opposition qu'il suscite en RFA. La fuite de Superphénix a été suivie attentivement par les autorités allemandes.



Célibataires changez vos rencontres

Il existe maintenant un moyen sérieux de rencontrer, à partir d'une véritable étude psychologique, en toute liberté, et jusqu'à votre choix définitif, des personnes pouvant répondre à votre attente et à votre personnalité.

Les élites scientifiques s'intéressent de plus en plus à ce progrès constamment perfectionné par Ion International depuis 35 ans :

- Conférence au Palais des Congrès sous l'égide du Quotidien du Médecin, le 25.4.86.
- Communication au XXI^e Congrès de l'Association Internationale de Psychologie Appliquée à Jérusalem, le 16.7.86.
- Communication au XI^e Congrès International de Psychiatrie de l'Enfant - Université Paris II, le 23.7.86.

Ion : une écoute attentive et chaleureuse...
Venez nous voir, ou écrivez.

Ion International

Institut de Psychologie fondé en 1950

opp

Veuillez m'envoyer gratuitement et sans engagement, sous pli neutre et cacheté, votre livret d'information en couleurs "Pour un couple nouveau".

SV 22

M., Mme, Mlle Age

Prénom Adresse

- PARIS (75009) 94, rue Saint-Lazare
Tél. : (1) 45.26.70.85 +
- TOULOUSE (31300) 16, rue Nungesser-et-Coli
Tél. : 61.59.48.58
- BRUXELLES (1000) rue du Marché-aux-Herbes 105 BP 21
Tél. : 511.74.30
- GENEVE (1211-II) 12, rue de la Corraterie - CP 283
Tél. : (41.22) 21.75.01

SUPERPHÉNIX EN FUITE

(suite de la page 145)

cués dans le barillet quand on a mis Superphénix en route.

Certaines imprécisions sur le contenu de ce barillet nous amènent toutefois à nous interroger.

- Selon le dossier de presse d'EDF et celui du ministère de l'Industrie, il y aurait eu dans le barillet 300 assemblages factices, et 2 assemblages combustibles, dont certains utilisés au cours des essais neutroniques, c'est-à-dire après la divergence.
- Selon le chef de la centrale, M. Labat, il y aurait eu 317 assemblages factices, dont 27 auraient été légèrement irradiés, 10 assemblages combustibles dont le fameux élément au bouchon "oublié" et 7 assemblages fertiles.
- Selon un télex interne du Commissariat à l'énergie

atomique, il y aurait eu 304 assemblages factices, 17 assemblages combustibles ou fertiles et « 13 assemblages de diverses natures : acier... ».

On retombe sur le même nombre total d'éléments pour les deux dernières déclarations, mais que signifie "diverses natures" et que remplacent les petits points ?

Ce n'est un secret pour personne que les surgénérateurs fournissent du plutonium de grande qualité pour la fabrication d'armes nucléaires modernes (voir *Science & Vie* n° 781). C'est peut-être d'ailleurs la raison principale pour laquelle la France est tellement attachée à cette filière. Or, moins longtemps l'uranium 238 (fertile) reste exposé au flux de neutrons et meilleure est sa "qualité militaire". De là à en déduire qu'il y avait dans le barillet quelques éléments destinés à la branche militaire du CEA, il n'y a qu'un pas, que nous nous garderons bien de franchir.

NOMBRES PREMIERS : 2 000 ANS DE RECHERCHE

(suite de la page 20)

d'unités vers la droite avant de tourner. Selon la distance parcourue vers la droite, et qui sert de base, les alignements sont plus ou moins réussis et celle qui donne les plus beaux résultats est 30 (ce ne doit pas être un hasard, le chiffre 30 étant important dans l'ensemble des entiers premiers entre eux). Les alignements dans la spirale d'Ulam ont été expliqués dans le cadre des formes quadratiques, et on notera qu'aucun n'est bien long : pas de quoi trouver encore une formule, mais déjà de quoi se pencher sur les formes quadratiques.

A partir du moment où l'on dispose d'une fonction test (ici un peu lourde et lente, mais très simple), on peut chercher d'autres dispositions que la spirale. La mise en ligne n'apporte pas grand chose, sauf si on prend les premiers de 6 en 6 et 2 par 2. Expliquons-nous : on vérifie facilement que tout nombre premier, à part la trinité de base 1, 2, 3, est de la forme $p = k \cdot 6 \pm 1$. Quand pour un même k , on a simultanément deux premiers, genre 17-19, 71-73, 4229-4231, etc., on parle de jumeaux. Ajoutons-y les couples de jumeaux quand deux valeurs consécutives k et $k + 1$ donnent quatre premiers, par exemple, pour $k = 32$ et $k = 33$, la suite 191-193-197-199 (mais il ne peut y avoir de triplés de jumeaux, un multiple de 5 venant obligatoirement s'intercaler).

Par contre, on peut trouver des triples jumeaux écartés chacun de 12, par exemple 4217-4219, 4229-4231, 4241-4143. Tout cela apparaît immédiatement à l'œil quand on dispose les premiers sur deux lignes, la première partant de 5 et, ajoutant 6 à chaque fois, la seconde partant de 7, juste en-dessous

du 5, en ajoutant encore 6 à chaque fois — on peut aussi, partant de 1, ajouter successivement 4 et 2 en changeant de ligne à chaque fois. Les jumeaux apparaissent comme un petit trait vertical, les doubles jumeaux comme un petit carré noir, etc.

Mais, comme nous l'avait dit M. Bernardi de la faculté des Sciences à Jussieu, avec les nombres premiers tout ce qui n'est pas évident semble aléatoire. De fait, nous n'avons pu trouver encore de répartition graphique faisant apparaître un ordre quelconque dans la suite des premiers. Ils n'apparaissent pourtant pas au hasard, puisqu'ils sont là où aucun recouvrement par une suite de multiples ne peut les atteindre (recouvrement au sens où l'on aligne des tuiles ou des briques et qui est à la base du crible d'Eratosthène). La suite des multiples est cyclique (de 2 en 2, de 3 en 3, de 5 en 5, etc.) et la suite des premiers dépend donc d'une combinaison de fonctions périodiques.

Reste à savoir si cette périodicité, ou cet ordre, peut apparaître dans un arrangement graphique particulier. Ceux que nous avons essayés n'ont pas été très convaincants. Heureusement, il reste quantité de dispositions possibles en deux dimensions, après quoi il restera à tester des arrangements en trois dimensions comme on le fait pour visualiser sur ordinateur des pièces mécaniques. Il faut pour cela une maîtrise du Macintosh que nous n'avons pas encore, mais celui qui découvrira quelque chose, ne serait-ce qu'une toute petite fonction donnant uniquement des nombres premiers (sans les donner tous et même dans le désordre), est assuré de recevoir la médaille Fields (l'équivalent du prix Nobel pour les mathématiques) et de siéger sans tarder à l'Académie des Sciences.

Renaud de La Taille

Aujourd'hui Superphénix est à l'arrêt. Le sodium contenu entre les deux cuves, une trentaine de mètres cubes au bout du compte, a été pompé les 10 et 11 mai ; pas totalement, car il en reste 5001 qu'on n'a pas réussi à déloger ! Le 22 avril, avec l'accord des autorités de sûreté, l'exploitant a commencé le déchargeur du bariquet, interrompu momentanément le 8 mai parce qu'on voulait d'abord être sûr qu'une chute d'un élément dans le fond du bariquet ne percerait pas la cuve. On s'est alors aperçu que l'installation de lavage et de stockage en piscine des assemblages irradiés, étapes obligatoires après la sortie du bariquet, mais dont la construction n'est pas terminée, manquait cruellement. En attendant leur achèvement (prévu mi-88), il faudra se débrouiller autrement. La majorité des éléments en acier, non irradiés, seront emballés dans leur caisse d'origine, dans une housse de vinyle et sous azote, puisqu'ils sont imprégnés de sodium. Les éléments d'acier légèrement irradiés seront stockés dans des conteneurs spéciaux en attendant la mise en service des installations de lavage et de stockage. L'élément le plus contaminé, celui au bouchon, sera acheminé vers une cellule d'examen et de démantèlement, au CEA. Le sort des autres éléments, combustibles et fertiles, n'est pas encore déterminé. Regagneront-ils le cœur ? Ou aboutiront-ils vers des ateliers militaires ?

Ce qui est certain, c'est qu'EDF utilisera le bariquet, avant de le vidanger complètement : en effet, on révisera l'état du cœur et en remplacera éventuellement certains éléments, afin qu'il puisse ensuite tourner le plus longtemps possible, sans bariquet. Les réparations sur ce dernier risquent en effet d'être longues. Il y a de fortes chances pour qu'on ne retrouve jamais la fameuse fissure. Il faudra alors tout casser ! On parle maintenant de trois ans de travaux. C'est pourquoi EDF met en place une stratégie pour pouvoir faire fonctionner Superphénix durant trois ans sans recharge, au lieu de 18 mois. Le réacteur tournera à mi-puissance, ce qui se traduira, au total, par le même nombre de "jours équivalents pleine puissance" (JEP). Ainsi, certaines des 24 barres de contrôle, qui permettent de piloter la réaction et d'arrêter le réacteur en cas de nécessité, seront vraisemblablement changées afin qu'elles arrivent toutes au bout des trois ans, ce qui correspond à leur durée de vie quand le réacteur fonctionne à mi-puissance.

Le redémarrage de Superphénix pourrait s'effectuer dès la fin de l'été, si les autorités de sûreté donnent leur feu vert ; EDF montre l'exemple d'un bel acharnement pour maintenir en vie un réacteur qui coûte plus cher quand il tourne que lorsqu'il est arrêté.

Jacqueline Denis-Lempereur

LES TROUS NOIRS NE SONT PLUS À LA MODE

(suite de la page 15)

puissance d'une ampoule électrique, ce qui est tout à fait conforme aux données observationnelles.

Il est clair que des ampoules toutes seules ne font pas l'affaire. Pour qu'elles éclairent, il faut les brancher sur le secteur, autrement dit les alimenter en énergie. Des centrales nucléaires sont nécessaires. Pour ne pas être trop juste en courant, elles devraient traiter dix masses solaires de combustible par an. Evidemment, à ce rythme, les pannes seraient inévitables. Le temps de changer un réacteur, ou de mettre en route une nouvelle centrale, la lumière du quasar baisserait. Des Tchernobyls en série seraient donc à l'origine des sautes de luminosité inexplicables des quasars.

La façon traditionnelle de ranger les ampoules est de les mettre en cube, une figure géométrique simple. Mais si on a le goût de la fantaisie, on peut aussi faire autrement. Les jets fréquemment observés dans les quasars, correspondraient à une disposition linéaire, en particulier des lampes à filament épais chauffant peu. On pourrait également supposer qu'elles clignotent, donnant l'illusion du mouvement, comme les enseignes lumineuses ou les guirlandes de Noël. Ce modèle présente même l'avantage d'expliquer les jets unilatéraux, ce que ne fait aucun autre modèle.

Evidemment, ranger 10^{36} lampes dans un temps aussi court que 10^{18} secondes (âge présumé de l'Univers) demande une grande dextérité. Il faut en poser 10^{18} à la seconde sans se tromper. Un sens de l'organisation est impérativement exigé.

Les raies d'émissions larges, caractéristiques des spectres des quasars, ont une raison d'être évidente : une double circulation d'air a été établie pour augmenter la durée de vie des lampes en évitant qu'elles chauffent. Certaines autres raies seraient dues à des lampes fluorescentes ajoutées aux ampoules, histoire de faire plus joli.

Car le modèle des quasars électriques a des implications philosophiques. Des ampoules et des centrales nucléaires au centre des galaxies ne révèlent-elles pas la présence d'autres civilisations techniques dans l'Univers ? Leur technicité et leur organisation doivent être même très supérieures aux nôtres. Mais pourquoi ces E.T. s'acharnent-ils à construire des machines qui gaspillent autant d'énergie. N'essaient-ils pas plutôt de nous dire quelque chose ?

Trêve de plaisanterie. Le modèle des quasars fabriqué artisanalement avec des ampoules et des centrales nucléaires, n'était qu'une bonne blague. Mais il n'y a jamais de fumée sans feu.

Anna Alter

LE BLOCAGE DES GÈNES NOCIFS

(suite de la page 41)

vanche, si la séquence est trop longue, on aura du mal à la faire pénétrer dans la cellule hôte. Il s'agit de se fixer une longueur qui, statistiquement, écarte toute chance que la séquence des nucléotides se retrouve devant son double exact dans le patrimoine génétique de l'organisme receveur, et qui puisse y être facilement introduite. Le compromis s'établit en général entre 17 et 20 nucléotides.

Les chercheurs ont déjà inventé quantité d'astuces biochimiques pour réussir ces greffes génétiques. Pour bien lier la séquence anti-ARNm à sa séquence complémentaire d'ARNm, ils ajoutent au "greffon" une molécule d'acridine, substance dérivée d'un agent anti-parasitaire, la quinacrine, et qui a comme étonnante propriété de s'insérer entre deux des barreaux de l'échelle torsadée formée par l'ARNm et l'anti-ARNm.

Ils ont aussi joint à la séquence greffée une sorte de ciseau moléculaire, en l'occurrence une matière activable chimiquement ou photochimiquement, capable de reconnaître un site spécifique de la chaîne polynucléotidique et de la couper — la lyser — à cet endroit. C'est une garantie supplémentaire que l'ARNm qu'on désire neutraliser, sera effectivement empêché de s'exprimer. Car non seulement on lui fixe un cache qui ôte toute signification à son message, mais on le cisaille en plein milieu d'une phrase, selon le principe de la coupure dans les appareils de traitement de texte.

Les biologistes ont mis au point d'autres adjutants ingénieux, entre autres pour faciliter la pénétration des anti-ARN messagers dans la cellule qu'on veut traiter, ou pour les préserver d'une éventuelle dégradation par les enzymes cellulaires. Tout un arsenal biochimique existe donc déjà pour maîtriser les gènes nocifs.

A ce jour, on est arrivé à désactiver *in vitro* les ARNm de deux espèces de trypanosome (le parasite responsable du sommeil), de ceux du virus A de la grippe et du SV 40 (*Simian virus*), un virus isolé chez le singe et qui induit des tumeurs malignes chez d'autres mammifères.

Les programmes en cours portent sur le blocage de gènes oncogènes de cellules tumorales en culture. Certains bons résultats ont déjà été obtenus. Et on espère beaucoup de cette technique dans la lutte contre le Sida.

La génétique, qui restait il n'y a pas si longtemps encore la science de l'hérédité, dont le domaine d'application ne dépassait guère les problèmes d'amélioration des espèces animales et végétales, devient maintenant une arme thérapeutique universelle et redoutable au service de la médecine.

Pierre Rossion

L'ORDINATEUR À LUMIÈRE

(suite de la page 95)

dégazage pour permettre au réfrigérant de se recon denser après avoir été transformé en vapeur par la chaleur dégagée par le système.

Ce problème omniprésent de refroidissement, oblige en permanence les concepteurs à un choix délicat entre vitesse et énergie. Si l'on réduit l'énergie de commutation pour diminuer le dégagement de chaleur, on ralentit du même coup la commutation et donc la vitesse de calcul, et nous voilà revenus aux limites des ordinateurs actuels. A l'inverse, les utilisateurs qui veulent à tout prix la vitesse, donc une grande puissance de calcul, acceptent d'y dépenser beaucoup d'énergie, comme nous venons de le voir avec les super-ordinateurs Cray 2.

Aujourd'hui, tout le monde s'accorde au moins sur un point : le proche avenir est aux machines hybrides, où l'optique se subsistera l'électronique, mais en partie seulement. Elle la remplacera dans les fonctions où elle réussit le mieux : telles les connexions aux divers niveaux d'organisation des systèmes ; ou bien les applications très gourmandes en puissance de calcul, comme la simulation en météorologie, en avionique, en recherche spatiale ; ou encore les opérations qui se font bien en "parallèle", comme le calcul matriciel, et le traitement d'images et de symboles où l'optique jouera certainement un rôle important dans la conception de systèmes d'intelligence artificielle qui assistent l'homme dans ses activités mentales.

Les plus intéressés sont encore les militaires. Le Pentagone finance libéralement — plus de 10 millions de dollars — des programmes de recherche en optique visant à réaliser des circuits à très haute vitesse de traitement d'images et de reconnaissance de formes, pour la détection de missiles, une tâche qui n'est plus à la mesure des radars même les plus perfectionnés.

Ainsi un processeur nommé Primo (pour *Programmable Real time Incoherent Matrix Optical processor*), associant l'optique à l'électronique, est en cours de développement à Hughes Aircraft pour le fameux projet IDS (communément appelé "guerre des étoiles" en français). Il serait capable d'effectuer dix milliards de multiplications à la seconde. Bientôt, sans doute, les images transmises par satellite sous forme de rayons laser seront reçues et traitées en temps réel par des processeurs optiques, puis les signaux confiés à un ordinateur traditionnel qui analysera leur contenu numérique.

Tout compte fait, il est vraisemblable que le XXI^e siècle parviendra à réaliser ce qui semble à beaucoup impossible aujourd'hui : le super-ordinateur fonctionnant intégralement à la lumière.

Anne-Marie Rouzeré et Henri-Pierre Penel

POUR ALLER DE L'AVANT...



...IL FAUT COMMENCER PAR SUIVRE.

SCIENCE & VIE MICRO

SVM

En micro-informatique, ça va vite, très vite. Matériels de plus en plus performants et de plus en plus accessibles, logiciels de plus en plus intelligents et pratiques, toujours mieux adaptés à vos propres besoins.

Pour bien suivre cette fantastique évolution, lisez SVM, SCIENCE & VIE MICRO, N° 1 de la presse informatique.

SVM vous dit chaque mois tout ce qu'il faut savoir pour aller de l'avant. Et en plus, vous verrez, SVM c'est passionnant!

N° 1 DE LA PRESSE INFORMATIQUE

**AU SOMMAIRE
DU N° DE JUILLET/AOUT :**
Parution le 3 juillet.

- Deux traitements de texte au banc d'essai : **Manuscript de Lotus et Sprint de Borland.**
- Pourquoi les ordinateurs calculent faux...
... et comment y remédier.
- La vérité sur la prostitution par Minitel.
- Banc d'essai comparatif : **IBM PS 2 modèle 80... et les autres.**

HAVANITOS

Le petit cigare n°1

