

SCIENCE & VIE

MENSUEL - N° 901

OCTOBRE 1992

● L'URSS a eu
sa bombe
par les espions !

● Les sous-marins
débusqués
par le laser

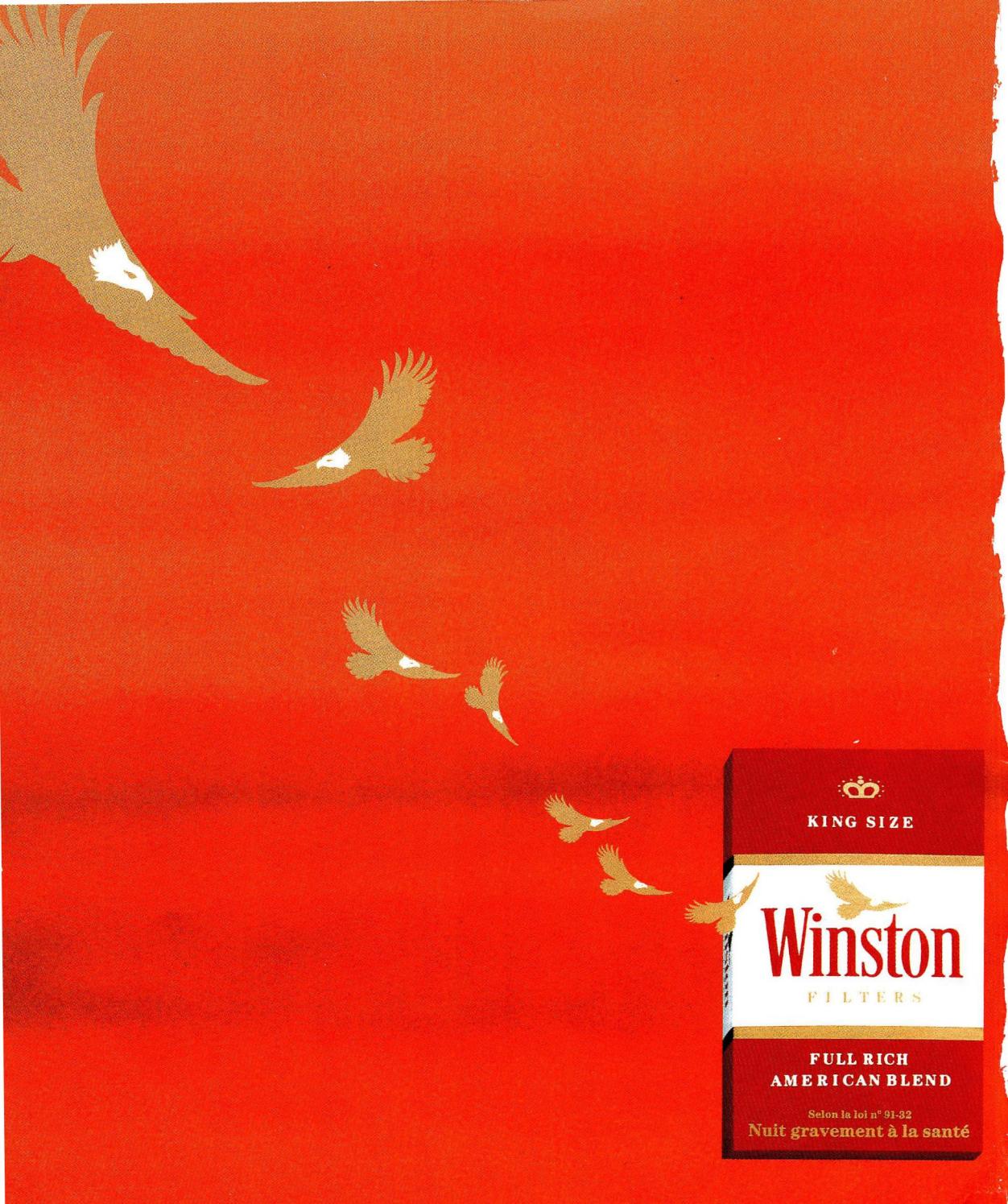
SETI : LA TERRE APPELLE LES AUTRES TERRES

● Le sida
transmis
par un
dentiste

160 FB - 6,50 FS - \$ can 3,75 - 750 Ptas - 625 Esc - 3000 Dt - 5500 L - 4,75 \$US NYC - RCI: 1595 FCFA - 1035 CFP

M 2578 - 901 - 22,00 F





SELON LA LOI N° 91-32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES

SCIENCE & VIE

Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.
Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans
1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15
Tél. : (1) 46 48 48 48. Fax : (1) 46 48 48 67
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS
Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY, PAUL DUPUY

● DIRECTION, ADMINISTRATION

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

● RÉDACTION

Rédacteur en chef : PHILIPPE COUSIN
Rédacteur en chef adjoint : GERALD MESSADIÉ
Chef des informations,
rédacteur en chef adjoint : JEAN-RENÉ GERMAIN
Rédacteur en chef adjoint : GÉRARD MORICE,
assisté de MONIQUE VOGT
Rédacteur en chef édition : ÉLIAS AWAD
Secrétaires de rédaction : FRANÇOISE SERGENT,
NADINE RAGUET, CHANTAL MASSON, ANNE-MARIE GETTEN
Rédacteurs : RENAUD DE LA TAILLE, ALEXANDRE DOROZYNSKI,
PIERRE ROSSION, JACQUES MARSAULT, PIERRE COURBIER,
CHRISTINE MERCIER, JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR,
MARIE-LAURE MOINET, ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER,
DIDIER BURANA, HENRI-PIERRE PENEL, MARC MENNESSIER,
ISABELLE BOURDIL, THIERRY PILORGE
Secrétaires : MARIE-ANNE GUFFROY, PAULE DARCONNAT

● ILLUSTRATION

ANNE LÉVY.
Photographe : MILTON TOSCAS

● DOCUMENTATION
EMMANUELLE BILLON-BERNHEIM

● CONCEPTION GRAPHIQUE
CHRISTINE VAN DAELE

● MAQUETTE

LIONEL CROOSON, ELISABETH DE GARRIGUES

● RELATIONS EXTÉRIEURES

MICHELINE HILLING, assistée de NATHALIE HAPILLON

● SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements et marketing direct : PATRICK-ALEXANDRE SARRADEIL
Vente au numéro : PIERRE BIEURON, assisté de MARIE CIBRIER
Téléphone vert : 05 43 42 08 (réservé aux dépositaires)
Belgique : A.M.P., 1 rue de la Petite-Isle, 10.70 Bruxelles

● CORRESPONDANTS

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

● PUBLICITÉ

EXCELSIOR PUBLICITÉ INTERDECO

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

Directeur de la publicité : RICHARD TZIPINE-BERGER

Chef de publicité : KARINE PARENT

● À NOS LECTEURS

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

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

● ABONNEMENT

Relations abonnés : Service abonnements,

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

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

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

Canada H2V 4R6

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

● À NOS ABONNÉS

Pour toute question relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,50 F en timbres-poste français ou réglement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués 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 les cas légitimes.

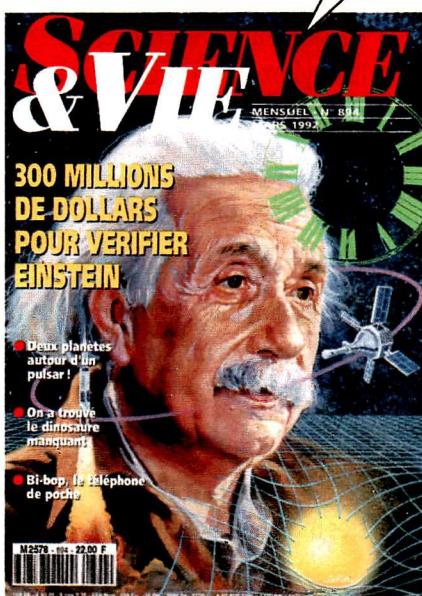
LES MANUSCRITS NEUFS INSÉRÉS NE SONT PAS RENDUS

COPYRIGHT 1989 SCIENCE & VIE



BVP

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



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

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

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

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

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

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

Cochez SVP *Prix de vente chez votre marchand de journaux

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

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

OFFRE VALABLE JUSQU'A FIN 1992.

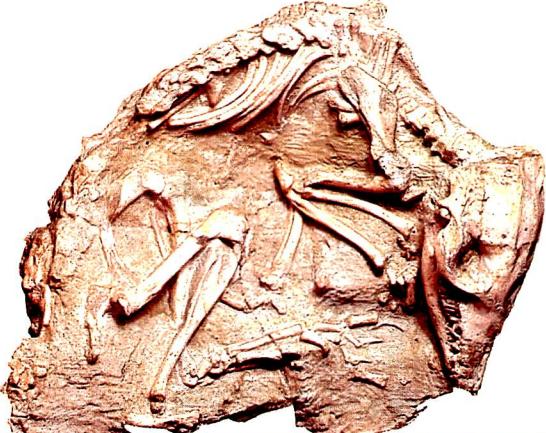
ET RESERVÉE A LA FRANCE METROPOLITaine.

ETRANGER: NOUS CONSULTER

RC PARIS B 572 134 773

S&V oct 901

SOMMAIRE



Le loup n'est plus un parent de l'agneau.

Grâce à la biologie moléculaire et à la découverte de nouveaux fossiles (comme cet insectivore américain, vieux de 35 millions d'années), l'arbre généalogique des mammifères vient d'être refait.

p.58



Des champignons contaminés.

Plus de 200 morts dues aux champignons en Russie. S'agirait-il de pollution ?

p. 54

SCIENCE & VIE N° 901 – OCTOBRE 1992

SAVOIR

Forum

La voix photographiée

Dr Elisabeth Frenel-Elbaz et Dr Jeanne Cousin

Lorsque l'ADN bégaye

Marie-Françoise Lantieri

Des toxines transformées en médicaments

François Boissier

Electrochoc sur le cancer

Marie-Françoise Lantieri

Transmission du sida : le virus trahi par sa signature

Jacques Happa

Champignons : intoxications en série dans l'ex-URSS

Guy Fourré

L'arbre généalogique des mammifères revu et corrigé

Pierre Rossion

L'île au diabète

Jean Ferrara

Hibernatus, l'éénigme venue du froid

Jean-Michel Bader et Michael Heim

68

6 Carbone 14 : la pendule du passé remise à l'heure

Hélène Guillermot

80

28 SETI : à la recherche des extraterrestres

Philippe Richard

86

36 Echos de la recherche

Dirigés par Gerald Messadié

91

POUVOIR

Un siècle après la France, le phylloxéra ravage l'Amérique

Marc Mennessier

98

Des sous-marins débusqués par le laser bleu-vert

Serge Brosselin

106

Les espions avaient donné les plans de la bombe aux Russes

Jean-René Germain

116

Echos de l'industrie

Dirigés par Gérard Morice

123

Des marchés à saisir

128



L'espion et la bombe. Révélation d'un physicien soviétique : c'est l'espion Fuchs qui a livré à l'URSS les plans de la bombe atomique américaine. **p.116**



La voix photographiée. Support de la parole et du chant, la voix est un phénomène physiologique complexe dont on n'a pas encore élucidé les mécanismes les plus fins. Des laboratoires de haute technologie vont combler ces lacunes.

p. 28

Un revenant en chair et en os. Après cinq mille ans de séjour dans un glacier autrichien, le corps intact d'un homme (ici ressuscité par le dessinateur) divise les savants. Certains croient à une supercherie.

p. 68



UTILISER

Le dôme IMAX, une bulle à images

Henri-Pierre Penel **130**

Photographie à bout portant

Roger Bellone **134**

Le nez électronique

Christine Tréguier **136**

Bâtiment : un secteur dans l'ornière

Hervé Lhuissier **140**

Science & Jeux

Yves Delaye, Renaud de La Taille et

Henri-Pierre Penel **146**

Science & Vie a lu pour vous **160**

Echos de la vie pratique

Dirigés par Roger

Bellone **166**



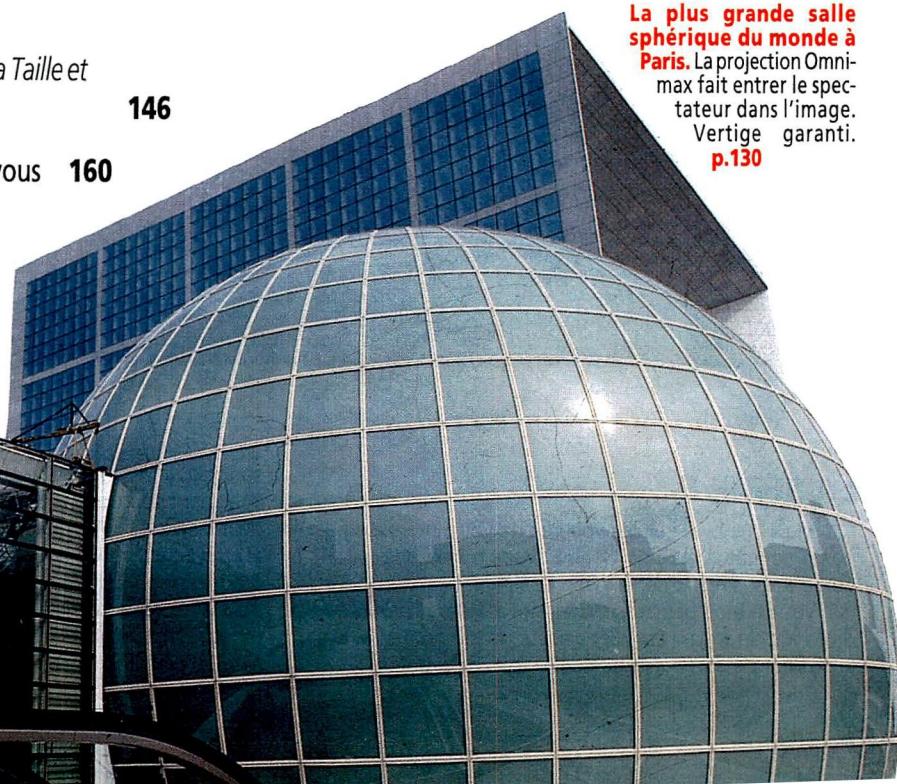
Un reflex pour les photos très rapprochées

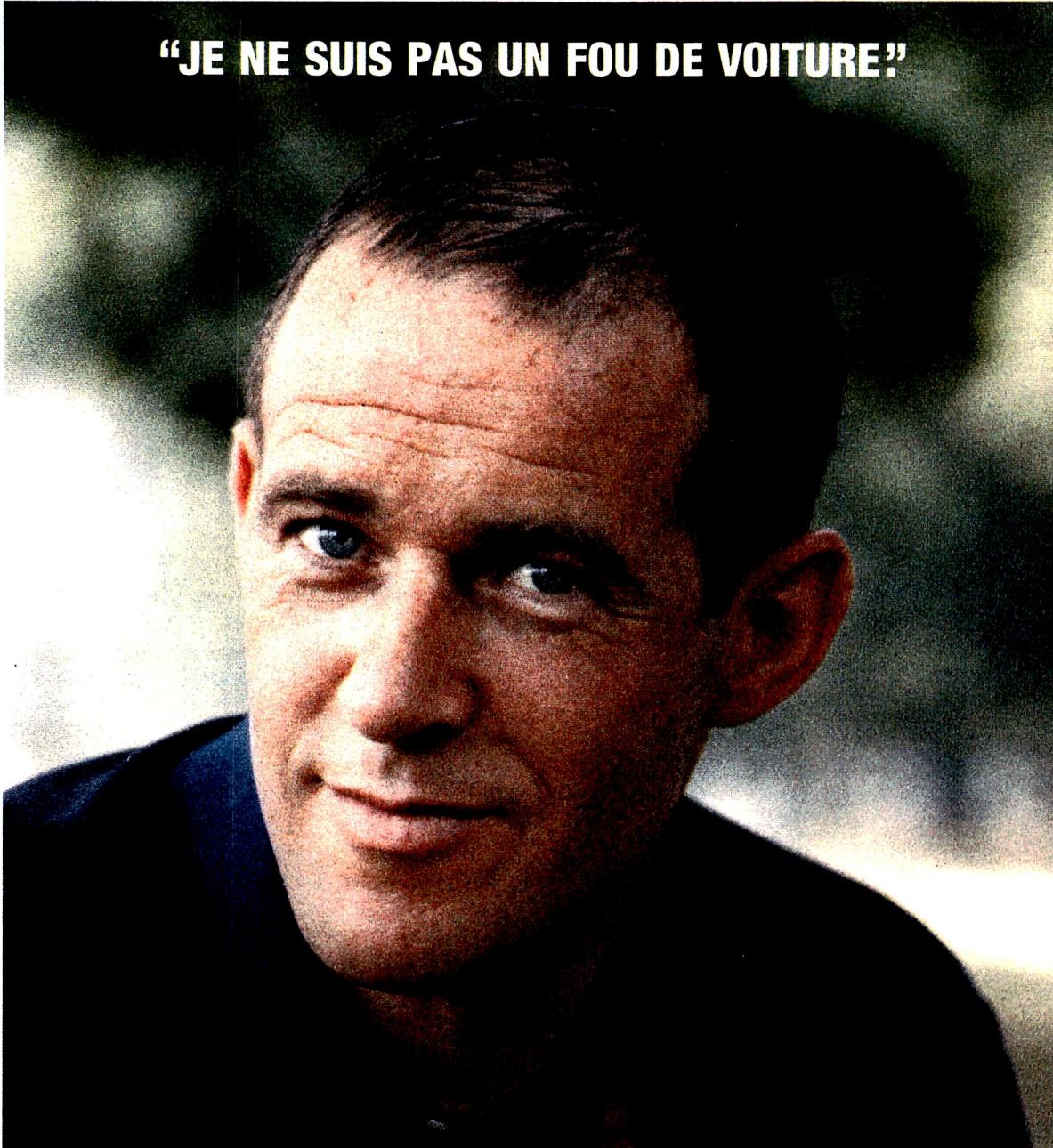
p. 134

Encart abonnement *Science & Vie* entre la 2ème de couverture et la page 1. Diffusion : vente au numéro France métropolitaine.

La plus grande salle sphérique du monde à Paris. La projection Omnimax fait entrer le spectateur dans l'image. Vertige garanti.

p. 130





“JE NE SUIS PAS UN FOU DE VOITURE”

LA SERIE 5

Mais oui, bien sûr, les voitures ne vous intéressent pas. Pas même la BMW Série 5. Vous n'êtes pas du genre à vous retourner sur son passage, bien sûr...

Vous n'êtes pas irrésistiblement attiré par ses profonds sièges en cuir, l'épaisseur de sa moquette, la chaleur de son habillage bois*. Vous n'éprouvez

sans doute aucune impression particulière en imaginant son confort de conduite, pas le moindre petit frisson à l'idée de la précision de sa boîte automatique*, de la souplesse du nouveau système d'admission VANOS. Vous pouvez apercevoir sa ligne pure et élégante sans vous émouvoir le moins du monde. Non, vous n'êtes pas de ceux qui prendraient la route pour ressentir le plaisir de voir défiler les

“HUM, HUM.”



kilomètres, confortablement assis, dans un silence rassurant. Vous n'avez pas cette faiblesse. C'est donc tout à fait par hasard que vous avez lu en entier ce texte écrit en très petits caractères. Bien sûr.

*En option sur le modèle présenté : Touring 525ix Pack, A.M. 93. Consultez le 36 15 BMW. BMW Finance, votre partenaire financier. **MOTUL** partenaire de BMW.



**LES HOMMES N'ONT PAS FINI
D'AIMER LES VOITURES.**

FORUM

Maastricht et les phares automobiles

«Il y a du bon dans le futur traité de Maastricht», écrit M. M.D., de Himeling, «mais pas que cela ; nous avons de justesse sauvé nos excellents fromages au lait



cru, mais nous sommes menacés d'être obligés de rouler de jour en feux de croisement, ce qui est idiot (...). Cela entraîne une consommation de produits pétroliers raffinés que j'estime à plus de 400 000 tonnes par an, selon les bases de calcul que voici : 2 lampes de 45 W + 4 lampes de 5 W = 110 W. Or il y a 26 millions d'automobilistes faisant une moyenne de 15 000 km/an à 60 km/h de moyenne, 75 % du temps de jour. Etant donné que 1 kWh produit par un moteur à combustion interne demande environ 200 g/kWh, cela donne 400 000 tonnes de pétrole raffiné.

»Les gens s'imaginent que, le moteur tournant, on peut les lui demander ; or c'est faux, il n'y a pas d'énergie gratuite et la batterie ne produit pas d'énergie : c'est

une banque, elle ne peut rendre que ce qu'on lui donne. Et c'est l'alternateur, donc le moteur, qui fournit cette énergie...»

Nous soumettons ce problème aux experts. Mais notre lecteur ne signale pas un autre inconvénient : la fatigue visuelle engendrée par une succession de feux de croisement, de jour comme de nuit. D'autres problèmes que celui des phares apparaissent aussi dans le projet de réglementation générale commune du traité de Maastricht...

Alma l'évasive

Ethnologue de formation, «passionné par le problème des hominidés inconnus», M. J.M.H., de Saint-Jean-d'Angély, s'étonne qu'à chaque fois qu'il est question de l'expédition destinée à retrouver le mystérieux "almasty" (voir *Science & Vie* n° 899, p. 70), le nom du Dr Bernard Heuvelmans, président de la Société internationale de cryptozoologie, ne soit pas cité. Que ce lecteur veuille bien n'y voir aucun fait exprès. Nous ne connaissons pas d'ouvrage de cet auteur depuis *L'Homme de Néandertal est toujours vivant*, qui remonte à 1974. Cet ouvrage était troublant parce qu'il est le seul qui ait reproduit les photos d'un animal inclassable en l'état actuel des connaissances, et qui en ait fait une analyse ration-

nelle. Cet animal était une sorte de gorille qu'on promena, congelé, d'Asie en Amérique, dans des circonstances rocambolesques, et qui disparut ensuite mystérieusement.

«Une langue neutre, n'appartenant à aucune ethnie...»

M. P.C., de Marseille, écrit : «Dans votre n° 899, vous évoquez le programme Lingua, lancé par la CEE, qui subventionne la connaissance des onze langues du Marché commun, mais ce que vous ne dites pas, c'est que ce programme coûtera un milliard quatre cents millions de francs de 1990 à 1994. On dit aussi que la CEE dépensera deux cent cinquante millions de francs par an pour la traduction de ses documents, sans parvenir à satisfaire tous les besoins en temps utile. (...) Qu'attend-on pour adopter une langue commune ? (...) Bâtissons une langue neutre, n'appartenant à aucune ethnie, construite scientifiquement», propose ce lecteur, qui joint à sa suggestion une brochure en faveur de l'espéranto.



Rappelons à ce lecteur qu'il n'est pas du pouvoir de quelques-uns de prendre la décision d'imposer une langue commune, mais de celle des peuples intéressés, qui représentent quelque 360 millions de gens... Par ailleurs, l'histoire enseigne que les langues communes finissent toujours par se différencier. Le latin, qui fut parlé dans tout l'Empire romain, finit par donner naissance à l'italien, au roumain, au français, à l'espagnol, au portugais... Même l'anglais a fini par diverger, ce qui a inspiré à Oscar Wilde le paradoxe humoristique suivant : «Les Anglais et les Américains se ressemblent à presque tous les égards, excepté, bien sûr, la langue.»

Combien d'acides aminés ?

Après nous avoir félicité pour notre qualité, M. T.S., de Paris, en vient à l'objet de sa lettre : «Une information parue dans votre n° 898, à propos de l'ADN et des protéines, me pose un problème. L'auteur y précise qu'il existe 20 acides aminés. Or voici une liste de 24 acides aminés telle qu'elle est parue dans le livre du docteur américain Sheldon Handler, *The Purification Prescription* (William Morrow, 1990) : isoleucine, méthionine, tryptophane, acide glutamique, asparagine, cystine, histidine, sérine, leucine, phénylalanine, valine, alanine, carnitine, glutamine, ornithine, taurine, lysine, thréonine, acide apartique, arginine, cystéine, glycine, proline et tyrosine. Où est l'erreur ?»

Redisons-le donc : seuls vingt acides aminés entrent

(suite du texte page 8)

GRANT'S

des racines profondément écossaises.



L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION.

dans la composition des protéines ; les quatre autres, cystine, ornithine, taurine et carnitine, sont exceptionnels.

Haroun Tazieff et les glaciers

M. J.L.S., de Paris, nous demande de nous intéresser à un article de Haroun Tazieff, paru le 2 juin dernier dans un quotidien du soir. «*M. Tazieff y explique [à propos de l'effet de serre] que le risque de fonte des glaciers procède d'un scénario qui "ignore la physique élémentaire", étant donné qu'une élévation de température de trois à six degrés est inapte à faire fondre une glace à -20 °C ou -60 °C.*

»*Bien sûr, il n'est pas imaginable que l'homme de la rue que je représente puisse contredire un savant d'une telle envergure. Pourtant, comme il existe de l'eau d'une température supérieure à 0 °C, je ne peux m'empêcher de penser qu'il doit exister, au voisinage de cette eau, de la glace à une température légèrement inférieure à 0 °C, comprise par exemple entre 0 °C et -3 °C.*

»*Il est dès lors envisageable qu'une élévation de température de 3 à 6 degrés soit à même de faire fondre l'adie glace. N'est-ce pas d'ailleurs ce que semblent penser d'autres scientifiques d'un niveau comparable à celui de M. Tazieff ?*

Nous portons à Haroun Tazieff une estime que les affaires du volcan de La Soufrière, à la Martinique, et des solfatares de Naples n'ont fait que renforcer. Dans les deux cas, ses analyses et ses conclusions ont fait la preuve de sa compétence, à l'encontre de ses

adversaires. Il semble bien que, une fois de plus, il dispose d'arguments de poids. En effet, le raisonnement de notre lecteur est valable pour l'eau douce, non pour l'eau salée, qui en principe, gèle à une température inférieure à zéro, selon le degré de salinité. Pour un degré de salinité d'environ 33 g/l, la température de gel atteint environ -10 °C. Là, les calculs évoqués plus haut sont bien aléatoires.

En ce qui touche aux pôles, Tazieff évite avec raison les spéculations, car il n'existe actuellement pas de modèle fiable des interactions mer-atmosphère-banquise. Le modèle est particulièrement difficile à établir, car une mécanique thermique bien plus complexe que pour le reste de la Terre gouverne ces régions. On distingue, en effet, dans les océans des pôles, trois niveaux : l'eau superficielle, à degré de salinité relativement moindre (33 g/l) et à température négative ; dessous, une couche d'eau de salinité plus élevée et à température positive ; et, à partir de 1 000 m, une troisième couche à forte salinité et à température à nouveau négative. Cette mécanique engendre des courants d'échanges très mal connus pour le moment.

De plus, il faut, quand on évoque une élévation de la température globale, se référer aux quantités de calories supplémentaires qui se déverseraient alors sur les pôles plutôt qu'aux unités décimales de degrés. Or, on est d'autant moins en mesure de calculer ces quantités qu'il se produit un effet de correction, déjà pris en compte : une élévation de la température entraînerait une plus grande évapora-

tion des océans, donc la formation accrue de nuages, donc une réduction de la quantité de rayons solaires atteignant la Terre et, enfin de compte, un nouveau refroidissement.

Le "catastrophisme" vitupéré par Tazieff présente donc le vice d'être infondé. Rien ne permet de dire actuellement que la Terre risque de se réchauffer durablement. Il y a vingt ans, on annonçait un «nouvel âge glaciaire». Que dira-t-on dans vingt autres années ?

Vernis et peintures

Notre article "Faudra-t-il renvoyer les peintres à l'école ?", de juin dernier, nous a valu une lettre de la maison Lefranc & Bourgeois, fabricants de produits et matériel pour artistes ; nous en extrayons les passages les plus importants que voici. Pour mémoire, nous faisions état de la dégradation

d'un tableau, appartenant à la Tate Gallery de Londres, d'un peintre contemporain, David Hockney, intitulé *Mr & Mrs Clark & Percy*, et réalisé à l'acrylique :

«*Nous avons nous-mêmes observé, avec les services de restauration de la Tate Gallery, que la couleur acrylique du tableau cité n'a absolument pas bougé et n'est*

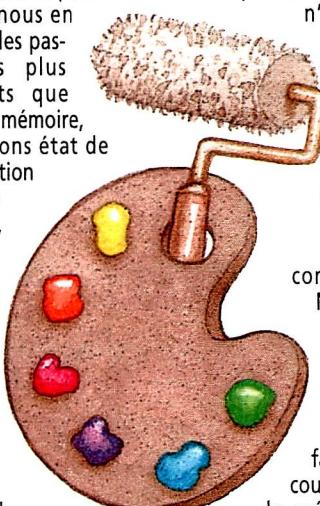
en aucun cas décolorée. D'autre part, parmi les dizaines d'autres tableaux de Hockney datant de la même époque, qui sont exposés temporairement à la Tate Gallery, aucun ne présente d'altération des couleurs. En effet, seul Mr & Mrs Clark & Percy est verni. (...) Après consultation des archives de la Tate Gallery, nous pouvons affirmer (...) que c'est le vernis, et en aucun cas la couleur, qui a coulé lors de son application au pistolet en 1971, qui a jauni, qui a collecté des poussières. Nous ne savons pas quel vernis a été appliqué. De plus, nous n'avons aucune certitude que le vernis soit un pur acrylique ou, pis encore, qu'il soit un acrylique.»

Nous accueillons avec plaisir les affirmations de la maison Lefranc & Bourgeois, puisqu'elles indiquent, donc, que ce

n'est pas toute la production artistique contemporaine à l'acrylique qui sera compromise.

Nous n'avons, précisons-le, incriminé aucun fabricant de couleurs, mais le métier d'artistes hâtifs qui ne connaissent pas les règles techniques indispensables.

«*S'il est vrai que certaines œuvres contemporaines sont actuellement en train de disparaître littéralement, nous devons rappeler que bon nombre d'œuvres sur-*





Chesfield



SELON LA LOI N° 91.32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES



605 SRI
Son moteur 2 litres, 4 cylindres
vous fera regretter
que le voyage se termine.

Peugeot 605. Conduire est un plaisir.

605 SRI. Il est bon de savoir que conduire peut encore être un plaisir. Celui de se sentir maître de la route, de vivre physiquement, presque sensuellement sa voiture, d'apprécier chaque virage, de savourer les accélérations, de ne jamais craindre les intempéries (il n'y a pas de plaisir de conduire sans sentiment de sécurité). C'est ce plaisir-là que vous offre la 605 SRI et même davantage, puisqu'elle y ajoute celui d'une véritable réussite esthétique.

Tous ces plaisirs, la 605 SRI vous les offre parce qu'elle a été conçue pour cela.

Est-il nécessaire de présenter son moteur 2 litres 4 cylindres, 130 ch DIN (94 kW CEE) ...

il a fait ses preuves et vous apprécierez sa puissance et sa souplesse.

Au chapitre de la sécurité, le bon choix a été fait. Les freins sont équipés d'un système à 4 disques dont 2 ventilés à l'avant.

Équilibre et progressivité du freinage sont garantis quel que soit l'état de la route. L'optique choisie est celle des phares à surface complexe. Cela permet une vision supérieure de 20% à celle des projecteurs classiques. Conséquence : rouler de nuit devient un plaisir.

Si vous êtes de ceux qui, très nombreux, apprécient l'esthétique de la 605, sachez que ce plaisir ne va pas s'altérer avec le temps : un traitement spécial de la carrosserie vous en garantit la pérennité. Avec une 605 SRI, vous regretterez d'arriver au terme du voyage.

Vous aurez du mal à quitter son habitacle spacieux mais chaleureux (la ronce de noyer vient encore le réchauffer). Durant le parcours, vous aurez apprécié que chaque chose y soit à sa place (plaisir de l'esthétique et du fonctionnel).

Vous aurez découvert alors que la 605 a été conçue aussi pour que vous vous y sentiez... chez vous.

Au volant de la 605,
conduire est un plaisir.



PEUGEOT

réalistes ont été travaillées à l'huile (...) et sont malheureusement aussi dans des états désastreux.

Après avoir rappelé les graves imprudences d'artistes célèbres qui peignaient à l'essence de voiture ou avec de la peinture de bâtiment, notre correspondant apporte la précision suivante, qui semble répondre aux doléances du restaurateur qui déclarait que son atelier était plein d'œuvres irrécupérables :

«Les couleurs acryliques ont, au même titre que les autres catégories de couleurs d'art comme les huiles ou les gouaches, des caractéristiques intrinsèques (temps de séchage plus ou moins long, indélébilité ou non, élasticité...).

»Le terme "acrylique" est, d'un point de vue artistique, très souvent galvaudé. On y retrouve, en effet, la résine artificielle (vinyle, polyuréthane, apoxy, mélamine, glycéroptalique...) ; de plus, les résines effectivement "acryliques" sont elles-mêmes extrêmement nombreuses : plusieurs centaines de produits aux caractéristiques intrinsèques différentes. Parmi celles-ci, certaines sont très collantes à température ambiante et, de ce fait, susceptibles de collecter les poussières. D'autres, non jaunissantes, peuvent se voir mélangées à un additif lui-même jaunissant, conférant au produit final une teinte jaunâtre après quelques mois ou quelques années. Seuls quelques résines acryliques et additifs sont minutieusement sélectionnés et utilisés par les fabricants de produits beaux-arts, garantissant ainsi les qualités spécifiques nécessaires aux couleurs destinées aux artistes.»

Objets enfouis, trombes et foudre en boule

M. J.L., de Lespasse, n'a sans doute pas lu l'invitation à la concision que nous avons adressée à nos lecteurs, car il nous envoie un mémoire de quatorze feuillets manuscrits, que nous sommes évidemment contraints de résumer ici. Il y décrit des phénomènes très différents, et d'abord, des repérages, par des personnes douées, d'objets enfouis. La suite de ce mémoire est constituée de récits d'aventures personnelles, au demeurant très intéressants.

Dans l'un, il rapporte avoir vu la foudre en boule au Congo et, dans l'autre, avoir observé, au large de la grande île déserte, elle-même au large de Madère, trois trombes successives, dont la dernière, comportait des points lumineux. Nous retiendrons surtout les lignes suivantes de cette description, qui doit intéresser navigateurs et météorologues : «Tout à coup, on distingue parfaitement plusieurs points lumineux, petits, mais d'un éclat très vif, s'élever en tournant très vite autour de l'espèce de serpent qu'est la trombe.»

En ce qui concerne la trombe lumineuse, il faut d'abord rappeler qu'une trombe n'est pas assimilable à un cyclone, car elle tourne, elle, indifféremment dans tous les sens. C'est un phénomène bref et grondant, et qui peut se produire plusieurs fois à courts intervalles, comme l'a noté notre lecteur. C'est aussi un phénomène mal compris ; la preuve en est qu'il y a plusieurs théories. Comme la



trombe se produit dans des conditions orageuses, elle peut engendrer, en effet, des phénomènes électriques singuliers.

L'*Encyclopædia Britannica* signale, à l'article "Tornadoes, whirlwinds and waterspouts", que, à proximité d'une trombe, les éclairs sont plus lumineux et plus bleus qu'ailleurs, et qu'on a vu, comme notre lecteur, les parois d'une trombe *illuminescences constamment par des "flashes" lumineux qui zigzaguent à travers*. Telle est d'ailleurs la raison pour laquelle on postule que les trombes pourraient être formées par l'énergie électrique de la foudre. La description de notre correspondant est donc tout à fait correcte.

En ce qui concerne la détection d'objets enfouis, nous ne pouvons, faute d'éléments d'explication, qu'enregistrer le témoignage de ce lecteur.

Les mystères de l'ADN

«Mes connaissances scientifiques sont extrêmement limitées, comme vous le montrera cette lettre, et je tiens tout d'abord à vous remercier de publier une revue qui s'adresse au profane et que j'attends chaque mois avec impatience.»

Après ce préambule d'une civilité flatteuse,

Mme C.L., de New Barnet, en Grande-Bretagne, en vient à sa question : «Votre article "Deux nouvelles lettres dans l'alphabet génétique", dans le n° 898, et notamment l'encart pp. 30 et 31, m'ont amenée à me poser certaines questions. (...) "Sur l'un des deux brins ainsi séparés viennent alors se placer des nucléotides libres d'ARN" : le brin de l'hélice d'ADN choisit-il au hasard ? Il me semble que les nucléotides libres pourraient aussi bien compléter l'un ou l'autre brin ; y a-t-il donc un choix et, si oui, pourquoi ?

»Est-il possible qu'un acide ou un sucre, bref une des lettres de l'ADN, soit malformée et donc, que le couple qu'elle formera avec son complément soit déficient ? Donc qu'il mène éventuellement à constituer une protéine défective ?

»Qu'arrive-t-il si un organisme vivant comporte dans un acide aminé quelconque un problème tel qu'une carence ? Et est-ce possible ?»

A propos de l'ARN : il est synthétisé à partir de l'ADN en plaçant des nucléotides complémentaires. Cette réaction est catalysée par une enzyme, l'ARN-polymérase ADN-dépendante. Elle ne commence son travail qu'en présence de certains signaux présents sur l'ADN, appelés promoteurs de transcription.

A propos de la "malformation" de l'ADN : elle pose effectivement des problèmes. Dans certains cas, la cellule peut elle-même réparer les défauts. Sinon, la "malformation" entraîne une mutation qui, parfois mais pas toujours, perturbe l'activité de la protéine.

Enfin, une carence en un acide aminé qui ne peut



CONTRAIREMENT A DRACULA,
NOS TÉLÉVISEURS "INTELLIGENCE ARTIFICIELLE"
NE CRAIGNENT PAS LA LUMIÈRE.

DRACULA FUIT LE MOINDRE RAYON DE SOLEIL. Les téléviseurs Telefunken, eux, ne craignent pas la lumière. Telefunken a développé une innovation exclusive : le Système Intelligence Artificielle.

Doté d'un capteur en façade, votre téléviseur* s'adapte automatiquement aux variations de la lumière ambiante. Que votre salon soit inondé de soleil ou dans la pénombre, votre image reste d'une qualité constante et parfaite.

Profitez pleinement du son stéréo 2x20w ou 2x50w surround réparti sur 2,4 ou 6 hauts parleurs. Des chaînes câblées. De la télécommande lumineuse. De la clé électronique. De la programmation de l'heure d'arrêt... Votre téléviseur devient intelligent.

Prêts pour le futur, tous les téléviseurs "Intelligence Artificielle" peuvent recevoir dès aujourd'hui les émissions au format 16/9ème.

Une vraie bonne idée, c'est de rendre visite à votre revendeur Telefunken. Il vous révélera pourquoi le Système Intelligence Artificielle ne craint pas la lumière.

*63 cm : S 258 AI, SM 258, 72 cm : S 298 AI, SM 298, SLX 296 PIP, 85 cm : SM 335, 16/9 : SM 325

Une vraie bonne idée.

TELEFUNKEN



être fabriqué à partir d'autres molécules, ni récupéré à partir des protéines alimentaires ou encore des protéines de l'organisme, est grave pour celui-ci, qui ne peut alors assurer sa survie. Pour éviter cela, certaines bactéries, par exemple, ont des gènes de secours qui codent pour des protéines fonctionnelles, mais dans lesquelles sont absents certains acides aminés (ceux qui contiennent du soufre). Ces gènes sont alors mis en route en cas de carence en soufre.

Orthographe et usage

«Je félicite *Science & Vie*, qui ne commet que rarement des fautes d'orthographe», écrit M. H.C., de Collonges-sous-Salève. «*P. Passion* (on aura reconnu là notre collaborateur Pierre Rossion), qui signe l'article sur l'homéopathie de votre n° 899, écrit : «Nous nous sommes rendu (...) où nous fûmes reçu», il applique la règle du pronom personnel «nous», pluriel de majesté ou de modestie. Le verbe est accordé à la première personne du pluriel, mais l'adjectif ou le participe passé, eux, demeurent au singulier. Exemple : «Nous, président de la République,



sommes tenu...» etc.» Remercions ce lecteur d'avoir apprécié cette nuance, qui était évidemment inspirée par la modestie ! Le même lecteur a toutefois repris la plume pour nous reprocher une faute, dans le même numéro : nous avons écrit «la dose léthale» (cela signifie «mortelle»). Le mot, observe-t-il, doit s'écrire sans «h». Or c'est à la fois exact et faux. Exact, car l'orthographe de ce mot est effectivement donnée sans «h» par le *Dictionnaire encyclopédique Larousse*. Faux, car ce mot dérive du mot latin *lethum*, «mort», et devrait donc s'écrire avec un «h», comme l'indique, paradoxalement, le *Larousse du XX^e siècle* dans son édition de 1931.

«Votre revue est fort intéressante. Cependant, je trouve que les articles sont bien touffus et difficiles à assimiler pour un lecteur moyen», déplore M. G.D., de Moulins. «Une objection, relative à l'article "Fromages : lait cru contre *Listeria*", p. 75, col. 2, de votre n° 899. L'auteur utilise le mot "frigidaire", forme vicieuse de "réfrigérateur", car *Frigidaire* est une marque.»

Exact. Pardon ! A propos de la difficulté occasionnelle de lecture, la science contemporaine est bien plus ardue que celle d'autan. Ou bien, nous avons peut-être moins de talents que nos aînés...

«Ne pensez-vous pas qu'une page de petites annonces gratuites, comme en offrent beaucoup de revues, permettrait d'accueillir des recherches et des offres de lecteurs ? Si elle existait, j'aurais peut-être réussi à trouver un exemplaire de *Science & Vie*

trimestriel, n° 166, "200 ans de sciences", qui est épuisé chez vous.»

L'annonce est donc publiée ici même. Si un lecteur dispose de ce numéro et qu'il y tient moins que ne le désire notre correspondant, nous nous chargerons de l'acheminer.

Armes à feu, homicides et suicides

«Une des brèves des *Echos de la recherche* de votre n° 898 m'a sérieusement fait tiquer», écrit M. L.Z., de Jarny. «Je cite : «Une étude du *New England Journal of Medicine* démontre que, dans le district de Columbia, où se trouve la capitale fédérale américaine Washington, les restrictions à la



vente des armes à feu ont réduit les homicides de 25 % et les suicides de 23 %. Miracle ! Mais par rapport à quoi, à quand, à quels chiffres s'il vous plaît ?»

Le district de Columbia et le comté de Los Angeles battaient les records de mortalité par arme à feu aux Etats-Unis (plus de 200 morts par an pour 100 000 habitants). En 1976, ce district a adopté une législation restrictive en ce qui concerne l'achat et la détention d'armes à feu ; en effet, on comptait 13 homicides et 2,6 suicides par

mois. Après la mise en vigueur de la loi, on ne comptait plus que 9,7 homicides et 2 suicides par mois.

Alésia : dernière !

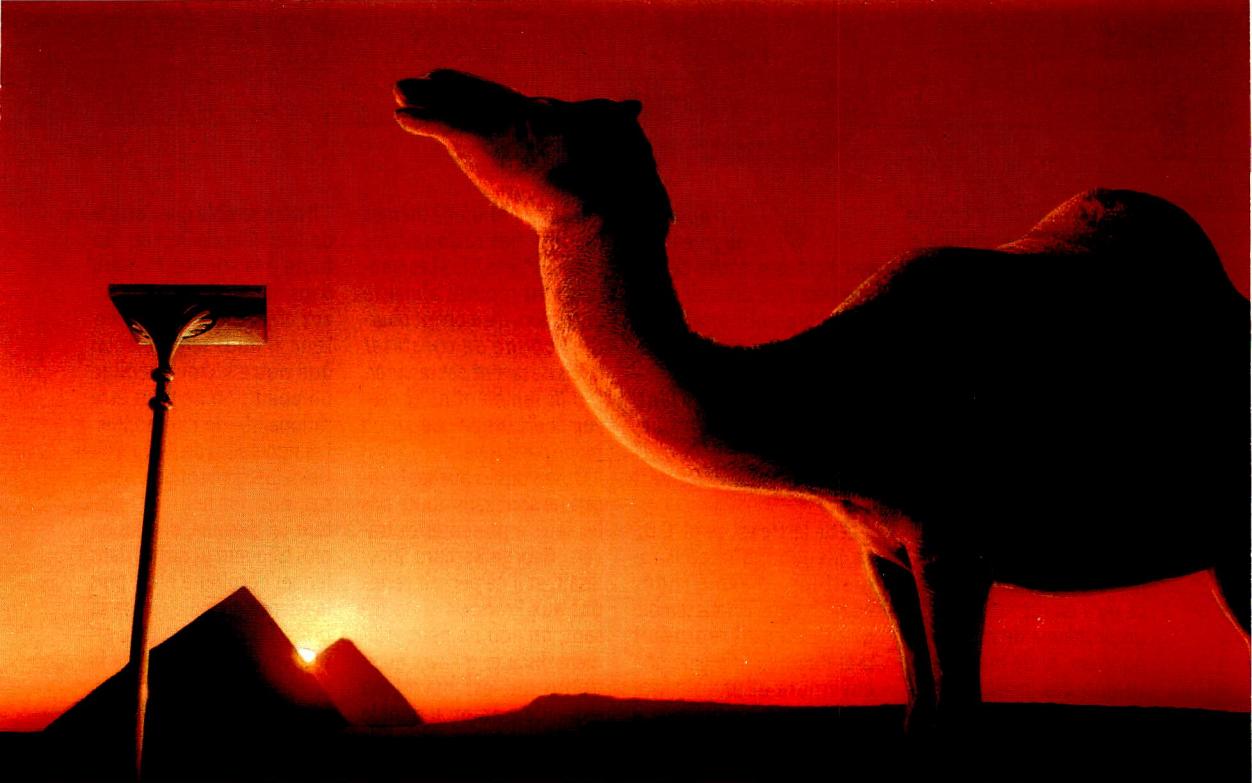
C'est fort obligamment que M. D.B., de Corbeil-Essonnes, nous communique la liste des articles que notre confrère *les Dossiers de l'Histoire* a publié sur Alésia. «Les auteurs soutiennent la thèse du site de Chaux-des-Crotenay», spécifie notre correspondant, qui ajoute : «Je vous félicite pour l'objectivité dont vous faites toujours preuve dans votre revue, dont le caractère essentiel semble être le désintéressement.»

Remercions ce lecteur pour ses informations et ses compliments.

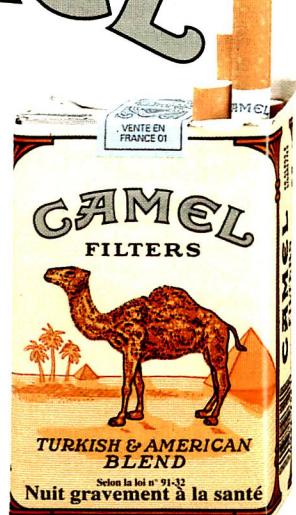
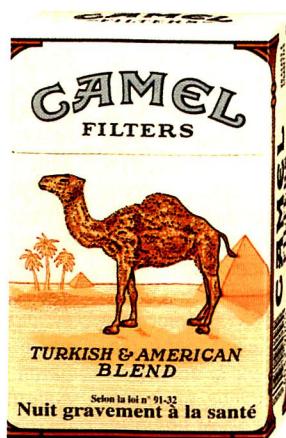
M. M.R., de Valbonne, en a assez d'Alésia : «Alésia ! Alésia ! Unique objet de mon ressentiment ! Ça commence à bien faire ! Pourquoi n'appliquez-vous pas ce que vous préconisez dans "Le discours infini" (n° 878), ou bien achetez-vous un stock de balais pour le devant de votre porte ! En attendant, il y a des pioches, ou mieux, il existe un gadget qui, paraît-il, fait merveille : cela s'appelle un satellite.»

La référence au "discours infini" concerne un paragraphe du Forum où nous regrettons de ne pas pouvoir publier des thèses sur des problèmes invérifiables ; ce n'est pas le cas d'Alésia. Par ailleurs, à en juger par l'exceptionnelle abondance du courrier que nous avons reçu sur Alésia et la littérature fort documentée que le sujet a suscité, ce lecteur semble être le seul à en avoir assez, d'Alésia.

(suite de la page 16)

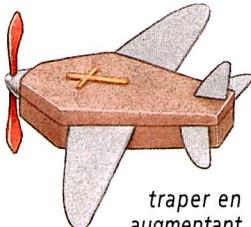


CAMEL



SELON LA LOI N° 91.32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES

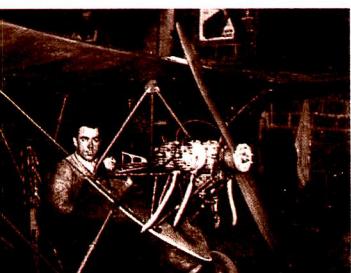


Nous ne savons ce que nous ferions d'un satellite, si tant fût que nous eussions les moyens d'en disposer. Quant aux pioches, oui, nous irions volontiers sur place. Mais il faut des autorisations pour fouiller. Or, nous rappelle M. B.G., dont nous avons publié des extraits de la thèse : «Quant aux fouilles éventuelles du site de Chaux-des-Crotenay, tous les passionnés de ce problème savent ce qu'il en est : ce n'est pas un problème de moyens financiers, ni de manque de volontaires, mais une obstruction délibérée, tant administrative qu'universitaire. On veut protéger le site "officiel" et ses tenants : toutes les autorisations (légalemen^t indispensables) sont systématiquement refusées depuis des années.»

Nous reviendrons sur le sujet dès qu'une découverte aura apporté des éléments en faveur d'un site ou d'un autre.

"Pou du ciel" et épouvante

«Je découvre avec épouvante dans votre numéro de juin, p. 14, une reconstitution du célèbre, mais très dangereux "Pou du ciel" d'Henri Mignet, qui avait le mortel défaut de piquer à la verticale par décrochage de l'aile avant, impossible à rat-



traper en augmentant son incidence. L'idée de Mignet était de pouvoir voler très cabré pour atterrir de façon "parachutale". Il aurait fallu des volets de sustentation sur l'aile avant. Je crois me rappeler que, finalement, le "Pou du ciel" a été interdit de vol vers 1932.»

Cette lettre est de M. C.D., de Meudon, que nous remercions d'avoir donc épou... vanté. Il nous semble que l'appareil reproduit présente quand même une envergure et une surface portante supérieures à celles du Pou.

Science et démocratie

Nous avons reçu de M. H.M., de Châtillon, une lettre dont nous extrayons les passages suivants : «"Dans le cadre de la démocratie qui est la nôtre", disait M. J.L.R. dans le Forum de votre n° 899, "nous devons laisser à tout le monde le droit de s'exprimer." Vous lui avez répondu que "s'exprimer est une chose, affabuler en est une autre". Vous auriez pu lui répondre aussi que critiquer ce que prétend une personne n'est pas l'empêcher de s'exprimer et que la démocratie suppose avant tout le dialogue, donc la discussion, donc la critique, sur la base d'arguments et non d'insultes ou d'anathèmes.

»Or trop de gens assimilent abusivement droit de s'exprimer et droit de prononcer des anathèmes. On s'en rend compte presque chaque mois dans le Forum, où vous reproduisez de nombreuses lettres qui sont essentiellement constituées

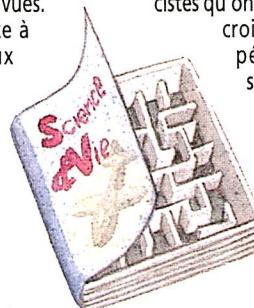
d'insultes et d'anathèmes (contre "les rationalistes étriqués", etc.). (...) Les Français sont réputés aimer la discussion, mais on est pourtant obligé de constater qu'ils ne savent pas discuter. (...) Ils semblent ne concevoir la discussion que sur un mode passionnel.»

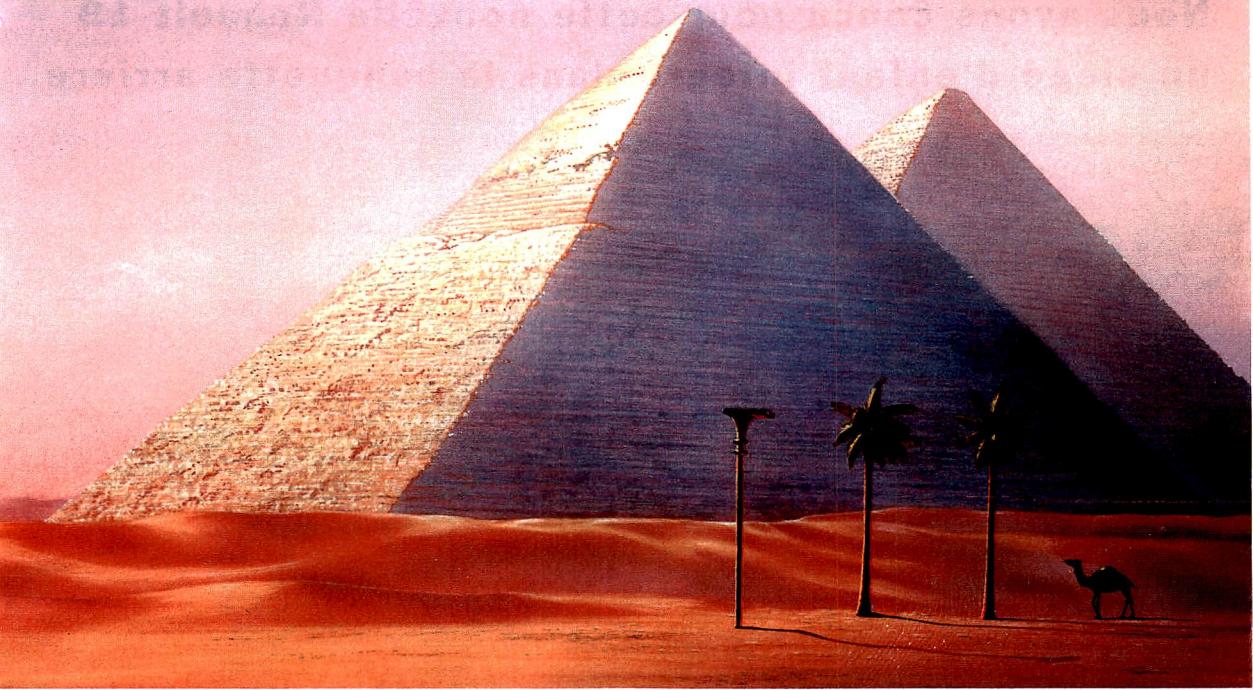
Observons ici que les Français ne sont sans doute pas les seuls à présenter ce travers. George Bernard Shaw disait, et il ne pensait certes pas aux Français en le disant, qu'"on ne peut vraiment discuter qu'avec quelqu'un qui est du même avis". Cela étant, il semble que notre correspondant fasse surtout l'éloge de la modération dans l'échange de vues. Ce qui l'incite à en venir aux critiques :

«A Science & Vie, vous n'êtes pas non plus innocents du "péché" d'anathème. Je relève, en effet, dans l'article "L'écologie n'est pas une religion", l'expression "mysticistes du retour à la nature", qui est au moins aussi anathémisant que celui de "rationaliste étriqué". Ne pensez-vous pas qu'il y a sans doute parmi les écologistes une majorité de "rationalistes du retour à la nature", si je peux me permettre cette formule, bien qu'elle ne soit pas satisfaisante, et qu'il vaudrait mieux écouter ce qu'ils ont à dire plutôt que de s'en débarrasser (ou se donner l'illusion de s'en débarrasser)... comme le font les signataires de l'Appel de Heidelberg ?»

Il nous semble que l'article de Jean-Claude Pecker, "La faute à la science?", paru dans notre n° 900, répond aux objections de notre lecteur. Il nous semble aussi que notre lecteur néglige un point : on ne peut être rationaliste de l'irrationnel. Les signataires de l'Appel de Heidelberg en sont convaincus, ainsi que nous ; ils rejettent un discours, de plus en plus fréquent et diffus, dans lequel l'écologie n'est plus la science du milieu et de sa protection, mais un déni effectivement mystique de la science et de la civilisation industrielle considérées comme fautives de tout "le mal" contemporain. C'est dans les rangs de ces mystiques qu'on recrute ceux qui croient (et vont répétant) que ce sont des savants qui ont créé le virus du sida, que l'astrologie est porteuse d'une "sagesse traditionnelle", que les vaccins rendent malade (exactement les arguments des ennemis de Pasteur, qui écrivaient dans la Lanterne d'Henri de Rochefort que «M. Pasteur donne la rage»). Il est du droit imprescriptible de chacun de préférer se retirer à la campagne plutôt que de se battre dans les embouteillages urbains, mais il n'est du droit de personne de clouer au pilori les biologistes, par exemple, et d'assurer que tout "le mal" (lequel ?) vient des laboratoires et de l'industrie.

A cet égard, ces mystiques évoquent l'aphorisme savoureux d'Alphonse Allais, selon lequel «l'idéal, ce serait d'installer les villes à la





CAMEL



SELON LA LOI N° 91.32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES

**Nous avons conçu pour cette nouvelle Renault 19
un siège d'enfant intégré dans la banquette arrière.**



Peu de voitures se sont autant souciées du célibataire que vous êtes, de la femme que vous rencontrerez et des enfants que vous aurez. Passons sur la nouvelle ligne, le comportement routier, l'espace intérieur, le confort, la finition et attardons nous un instant sur la banquette arrière. Il s'y dissimule un rehausse-enfant qui apparaît ou disparaît à volonté. Ce qui permettra à votre progéniture de

On n'est jamais trop prévoyant.



**NOUVELLE RENAULT 19
nouvelle pour longtemps**

grandir en toute sécurité à l'abri de la ceinture à trois points. Cela dit, vous pourrez choisir ce système ou non. Il est en option car après tout, ceux qui vont se promener dans les prés, n'y vont pas forcément pour faire des enfants. - Modèle présenté Renault 19 RT 1.8 avec options. Siège rehausse-enfant en option sur toutes les versions sauf RL et Baccara. Garantie anti-corrosion Renault 6 ans. Diac votre financement. **RENAULT préconise eIF**



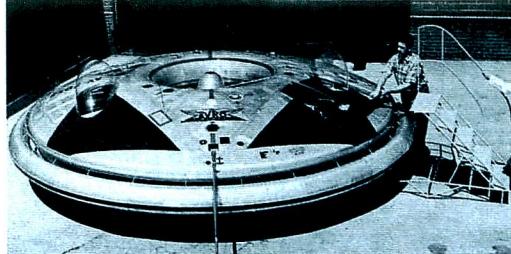
RENAULT
LES VOITURES
A VIVRE

campagne !» Nous persistons à l'affirmer, l'écologie n'est pas une foi irrationnelle assortie, comme pour certains tenants du *New Age*, de danses "druidiques", de consommation de viande crue, de tisanes "aux bonnes herbes" (par exemple le *datura* !) et de bains de siège.

L'appel à la modération de notre correspondant est certainement louable, mais il nous paraît plutôt inviter à l'acceptation de ce courant antiscientifique. En effet, M. M. écrit plus loin : «*Il n'est plus possible, de nos jours, de continuer à croire que les scientifiques soient non seulement les seuls capables, mais capables tout court de maîtriser les pouvoirs de la science.*» Qui en serait donc capable ? Les astrologues ?

Ovnis et science

Nous ne pouvons pas, en raison de sa longueur, publier la "lettre ouverte" que M. G.P., de Perpignan, adresse à nos rédacteurs. Elle s'inscrit sous un exergue d'Arthur Clarke, auteur de science-fiction porté à des assertions assez peu scientifiques : c'est lui qui, l'autre année, annonçait pour l'an 2000 les imprimitantes laser dont nous sommes équipés depuis plusieurs années ! Bref. L'exergue est le suivant : «*J'ai déjà vu des théories s'effondrer devant des faits, mais jamais des faits s'effondrer devant des théories.*» Distinguo subtil qui mériterait un long démenti épistémologique : les primitifs qui furent pris en photo pour la première fois, il y a quelques décennies, tinrent pour un fait que les Blancs



qui les avaient photographiés avaient "mis leurs âmes en boîte". Car les faits, hélas, dépendent de ceux qui les observent ! Et, en particulier, ceux qui intéressent donc notre correspondant : les témoignages d'ovnis. A cet égard, M. P. n'y va pas avec le dos de la cuiller : «*Etre scientifique, cela sous-entend certaines qualités, qui font cruellement défaut à la plupart des rédacteurs de votre revue : rationalisme, objectivité, ouverture d'esprit, impartialité, précision, rigueur, humilité.*

»*Quand on a la prétention de tout expliquer, à n'importe quel prix, on manque fatallement d'humilité et d'objectivité. (...) Quel manque de respect que de faire croire à vos lecteurs que les personnes qui ont été témoins d'observations d'ovnis sont toutes simples d'esprit, victimes d'hallucinations ou fabuleuses ! (...) Est-ce bien scientifique de laisser croire, dans votre numéro de novembre 1991, que les ovnis sont des F-117 quand on sait que les témoignages ont commencé avant même que l'homme ait espéré quitter le sol terrestre avec un plus lourd que l'air ?* Et de citer, à propos d'un ovni qui aurait atterri en 1981 à Trans-en-Provence, près de Draguignan, et qui laissa au sol une altération inexplicable», le Pr Bounias, qui dirige l'Institut national de recherche agronomique de

Dra -



Draguignan : «*[Il] explique que, pour obtenir le même état traumatique, il faudrait bombarder la terre et les plantes d'un rayonnement nucléaire d'un million de rad (ce qui exclut une origine naturelle). A l'endroit de l'atterrissement, ce sont 300 m² qui ont été affectés.*»

Pour commencer, il n'y a pas de station de l'INRA à Draguignan. Pour suivre, notre correspondant laisse entendre, usant d'une unité de radioactivité, qu'il y aurait eu là une source «*non naturelle*», précise-t-il d'une extraordinaire puissance ionisante. Disons d'emblée que le chiffre, tel qu'il est cité, n'a pas de valeur : le rad (remplacé depuis par le gray, qui vaut 100 rads) était une unité mesurant une dose de radiations absorbée par unité de masse ; nous ne savons pas à quelle masse se réfère le chiffre cité ; s'agit-il de la totalité du terrain ? Ou bien de chaque kilo de terre ? Mystère ! De toute façon, ce serait une dose exceptionnellement forte.

Le Pr Michel Bounias, spécialiste de toxicologie, avec lequel nous nous en sommes entretenus au téléphone (il est affecté à la station de l'INRA à Montfavet, et enseigne aussi à la faculté des sciences d'Avignon), rejette l'hypothèse d'une radioactivité pour deux raisons. La première est qu'aucune mesure de radioactivité n'a été faite (le CNES ne l'a pas faite), la seconde est que, s'étant rendu sur les lieux de l'«*atterrissement*» deux ans plus tard, il n'a relevé aucune des mutations qui eussent été provoquées par la radioactivité. Il a, en re-

vanche, peu après l'incident, constaté des effets traumatiques sur les diverses espèces végétales du lieu, dont l'intensité allait décroissant de l'épicentre à la périphérie du terrain.

Laissons donc de côté les histoires de rads et de grays. Il s'est bien passé quelque chose à Trans-en-Provence, mais nul ne sait quoi. Le Pr Bounias n'exclut pas un phénomène météo, comparable à celui de la foudre en boule, à laquelle nous avons consacré plusieurs colonnes de cette rubrique dans les mois précédents. La foudre en boule, phénomène spécifique, à maints égards différent de la foudre ordinaire, crée en effet un champ électromagnétique intense et cause des dommages thermiques comparables à ceux qui ont été relevés sur le site.

Quant à nous, il n'est pas dans nos habitudes d'émettre des opinions sur ce que nous ignorons. Ni d'attribuer à des scientifiques des propos qu'ils n'ont pas tenus. Nous n'acceptons ni n'excluons l'hypothèse d'engins extraterrestres. Nous ne pouvons que rappeler qu'il y a une trentaine d'années on fabriqua bien, aux Etats-Unis, un engin volant circulaire, dont voici la photo. Rien ne dit qu'il ait été le dernier du genre et qu'il n'ait pas, survolant certaines régions, suscité des interprétations audacieuses.

Aimable entracte

«*Je lis votre revue depuis plusieurs années, et j'ai un peu honte, car je n'ai jamais pris la peine de vous faire part de ma vive admiration*

(suite du texte page 22)

Rouge, c'est quand ça bouge.



SPORT PASSION

SKI A VAL THORENS

2 440*

LA SEMAINE TOUT COMPRIS

Hébergement, repas, animations, moniteurs, forfaits, matériels et assurances.

PHOTO : F. DUCLASSE

Bleu, c'est comme on veut.



SPORT DETENTE

SKI AUX 2 ALPES

2 490*

LA SEMAINE TOUT COMPRIS

Hébergement, repas, animations, moniteurs, forfaits, matériels et assurances.

PHOTO : P. ROYER

Vert, c'est courir la terre.



SPORT AVENTURE

RAID PEDESTRE AU MAROC

4 990*

LA SEMAINE TOUT COMPRIS

Voyage, accompagnateurs, hébergement, repas et assurances.

PHOTO : P. CHAGNET

* Exemples de prix

Envie de foncer sur les pistes ? Vivre vos vacances sportives à votre rythme ? Ou partir à la découverte de paysages grandioses ? UCPA vous offre tous les choix. Avec des moniteurs qualifiés, des animations, une superbe ambiance... et naturellement, des prix hyper légers, tout compris. C'est ça l'idéal associatif.

UCPA
Le sport sous toutes ses couleurs

Catalogue gratuit. Retournez ce coupon à l'UCPA - 62, rue de la Glacière 75640 Paris Cedex 13

Nom : _____ Prénom : _____ Adresse : _____

Ou au bureau UCPA de votre région (Bordeaux, Lille, Lyon, Marseille, Nancy, Nantes, Paris, Strasbourg, Toulouse) ou téléphenez au (1) 43 36 05 20

SEV 10/92

tion», écrit M. F.V., de Pessac. «Dans cette société où les magnétiseurs, astrologues et autres charlatans semblent faire la loi, votre magazine est une bouffée d'oxygène ! Je ne peux que vous féliciter pour votre très beau travail et vous encourager dans la lutte contre les pseudo-scientifiques qui rongent et vont détruire ce qui reste de notre culture.»

Comme on le voit, nous ne déplaçons heureusement pas à tout le monde. Merci !

Vitesse et scandale

M. J., de Thury-Harcourt, nous annonce qu'il se désabonne. «Je vous en donne la raison : j'ai été scandalisé par un article paru en septembre dernier, intitulé "Non, la vitesse ne tue pas." Je fais partie de la Ligue contre la violence routière, ce qui m'a amené à plusieurs reprises, lors de l'étude d'accidents mortels, à la conclusion tout à fait inverse : c'est le plus souvent la vitesse élevée qui rend l'accident mortel. Je ne suis pas du tout d'accord avec votre article et m'interroge sur la crédibilité d'autres études dans des domaines pour moi peu connus.»

Nous regrettons d'autant plus la décision de ce lecteur qu'elle est, à l'évidence, basée sur un malentendu : la thèse de l'article, étayée par une argumenta-

tion fournie, indiquait qu'il n'est pas rationnel d'imposer à des conducteurs expérimentés les mêmes limites de vitesse qu'à des conducteurs qui ne le sont pas. Une des preuves du bien-fondé de cette assertion est qu'on astreint pendant un an les conducteurs qui viennent d'obtenir leur permis à ne pas dépasser 90 km/h. Il nous paraît vivement regrettable que ce lecteur n'ait pas pris connaissance de l'argumentation de l'article et des statistiques sorties, et qu'il s'en soit tenu au seul libellé du titre.

Suaire de Turin et science

M. M.C., de Paris, demande pourquoi, dans le Forum de notre n° 890, nous émettons l'hypothèse que l'image sur le Suaire de Turin pourrait avoir été formée par les émanations d'ammoniac dégagées par un supplicié du XIV^e siècle. Ce n'est pas ce que nous avons écrit. L'hypothèse en question figure, d'abord, dans le n° 888. Ensuite, notre texte était : «On gardera en mémoire que les exhumations étaient courantes au Moyen Age et qu'il est possible que les linceuls aient porté des empreintes dues aux émanations d'ammoniac des cadavres : ce qui aurait inspiré les faussaires de l'époque.»

«Plus loin, vous indiquez qu'il ne peut y avoir eu fraude ou erreur protocolaire dans les tests de 14 C, alors pourquoi dans votre numéro de juillet, à la rubrique Livres, précisez-vous que suite à l'hypothèse d'erreurs de protocole sur ces tests, vous avez décidé de faire une enquête ? Et quand allez-vous publier la déci-

sion de cette enquête ?», demande ce lecteur.

L'hypothèse d'une erreur de protocole, invoquée par certains, n'était pas soutenable et, en tout état de cause, même si elle s'était produite, elle n'eût pu fausser le verdict du 14 C. Les échantillons analysés sont bien de l'époque dite.

Tchernobyl homéopathique

«La conscience professionnelle de votre collaborateur me fait frissonner», écrit M. Y.R., d'Evry, à propos de l'absorption par Pierre Rossion de dix tubes d'"arsenic homéopathique". «Mais cet article me rassure sur trois points : 1 - l'homéopathie



ne fait pas de mal, au pis, elle est neutre, comme la Suisse ; 2 - l'homéopathie peut me guérir, si cela me plaît ; 3 - l'homéopathie ne coûte pas cher à la collectivité, puisqu'elle est peu ou prou remboursée par la Sécurité sociale.»

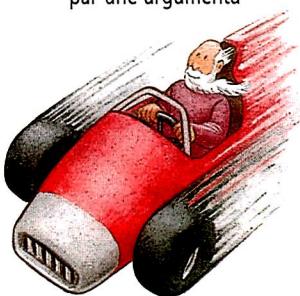
La conscience professionnelle de notre collaborateur a été mise à bien plus rude épreuve avec la lecture de certains textes assombrants ou ridicules sur l'homéopathie qu'avec l'absorption de

dix tubes de boulettes d'amidon. La Suisse présente sur l'homéopathie l'avantage incomparable d'être un beau pays, producteur d'un vin délectable, le fendant, de fromages réputés et de chocolats non moins réputés, sans parler de la viande des Grisons. Il serait intéressant que l'homéopathie guérisse une septicémie si cela "plaît" à notre optimiste correspondant. Enfin, elle est bien remboursée par la Sécurité sociale.

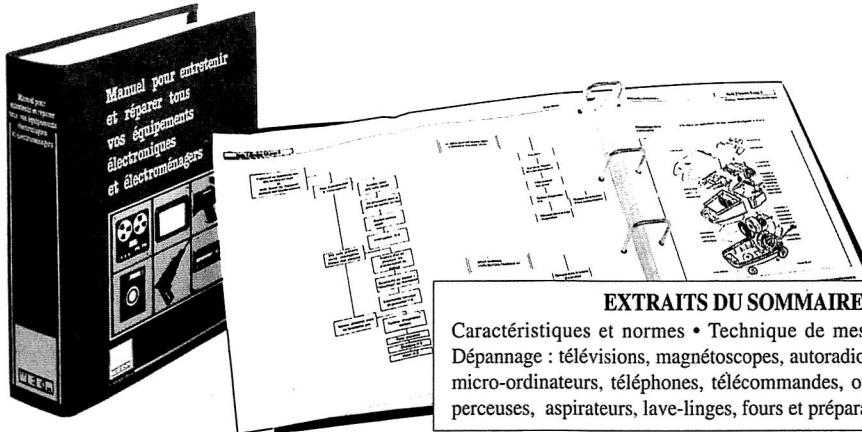
Carburants auto : Total réagit

Notre article "Carburants : les moteurs victimes du super", publié dans notre n° 898 de juillet dernier, relatait les doléances des constructeurs vis-à-vis de la qualité des carburants distribués dans les stations. Très logiquement, il a provoqué de multiples réactions dont nous retiendrons la mise au point de M. Jean-Claude Petit, directeur du développement et de la stratégie de Total, et particulièrement compétent : cette marque est majoritaire sur le marché avec une part de 16 % dans la distribution et une part de 25 % dans la fabrication des essences commercialisées en France.

Rectifions tout d'abord une erreur. Les ratés d'un moteur, qui sont provoqués par un défaut d'alimentation quand l'arrivée d'essence est perturbée par des tampons de vapeur, sont sans conséquence pour un catalyseur : puisqu'aucun carburant n'entre dans le moteur, il ne risque pas d'en sortir. Ce sont les ratés provoqués par une défaillance d'allumage qui sont dévasta-



RÉPAREZ VOS APPAREILS ÉLECTRONIQUES ET ÉLECTROMÉNAGERS EN TOUTE SÉCURITÉ !



MAÎTRISEZ FACILEMENT LE FONCTIONNEMENT DES APPAREILS LES PLUS RÉPANDUS

De la "puce" qui déprogramme votre lave-linge à votre télé couleur qui reste en noir et blanc, ce guide vous offre plus de 2300 pages grand format et une multitude de dessins techniques pour triompher vous-même des pannes, petites ou grandes, qui empoisonnent la vie.

Pour chaque appareil, vous avez un descriptif détaillé de son fonctionnement, de sa conception, ainsi qu'un arbre de diagnostic pour déceler rapidement l'origine de toute panne. Schémas types et tableaux synoptiques vous permettent de trouver d'un coup d'œil la caractéristique des résistances, condensateurs, bobinages, circuits intégrés...

Un peu de méthode, le succès est vite au rendez-vous !



VOTRE GARANTIE "Satisfait ou remboursé"

Si, au vu de cet ouvrage vous estimez qu'il ne correspond pas totalement à votre attente, il vous suffit de le renvoyer sous 15 jours dans son emballage d'origine, pour être remboursé.

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

EXTRAITS DU SOMMAIRE

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

GAGNEZ DU TEMPS ET DE L'ARGENT ET RESTEZ EN PERMANENCE A LA POINTE DE LA TECHNIQUE

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

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

Avec en plus son service de compléments à feuilles mobiles, votre ouvrage évolue avec la technologie. Il vous permet de dépanner les appareils les plus courants. Recevez cet ouvrage indispensable par retour de courrier en envoyant le bon ci-dessous dès maintenant.



Éditions WEKA
82, rue Curial - 75935 Paris cedex 19
Tél. : (1) 40 37 01 00
Fax : (1) 40 37 02 17



BON DE COMMANDE

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

OUI, envoyez-moi : "Le Manuel pour Entretenir et Réparer tous vos Équipements Électroniques et Electroménagers". 3 volumes, plus de 2300 pages, 21 x 29,7 cm, au prix total de 565 F TTC* franco. (Réf. 9700).
Et en plus le service de compléments WEKA.

J'ai bien noté que cet ouvrage est enrichi tous les 2 mois environ, par des compléments de 150 pages au prix de 321 F TTC* franco le complément.

Je pourrai interrompre ce service à tout moment par simple demande écrite et bien évidemment, je bénéficie de la garantie WEKA.
 Ci-joint mon règlement par chèque à l'ordre des Éditions WEKA.
 Envoi par avion : + 110 F par ouvrage.

Nom : Prénom :

Adresse :

Code postal : Ville :

Téléphone : Date : Signature obligatoire

* Offre valable jusqu'au 31/12/92

* Prix révisables en fonction de l'évolution des tarifs de nos propres fournisseurs.

254001



NOUVELLE

TURBO



3615 OPEL

La nouvelle Opel Astra Turbo Diesel vous apporte tout et beaucoup plus encore. ☺ Plus de souplesse avec le Turbo: nouvelle puissance de 82 ch DIN (60 kW CEE). ☺ Plus de confort

dans la conduite: direction assistée, système de purification de l'air, ergonomie de l'habitacle. ☺ Plus de sécurité: système de ceintures de sécurité actives à l'avant avec tensionneur pré-impact, renforts latéraux dans les portières.



OPEL ASTRA

DIESEL.



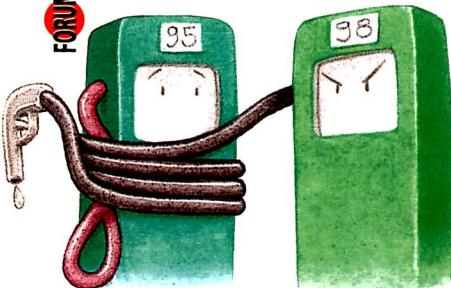
McCANN

⊕ Plus d'économie : en version 4 portes ou 5 portes, elle ne consomme que 4,8 l à 90 km/h.
⊕ Une meilleure protection de l'environnement : catalyseur et matériaux en grande partie recyclables.
Alors n'attendez plus toute votre vie la voiture idéale : la nouvelle Opel Astra Turbo Diesel est déjà chez votre concessionnaire ! A très bientôt, fidèlement vôtre.

Info consommateur : Mod. Prés. Astra GLS 5 portes 1.7 Turbo D. Prix public maxima conseillé au 8/07/92 : 99 800 F. Peinture métallisée vernie "miroir" 1720 F et jantes alliage 3035 F en option. AM 93. Conso. normes UTAC 4,8 l/6,6 l/7,1 l.

Opel. Faites-vous une idée neuve.

OPEL



tateurs, le carburant s'enflammant alors dans le catalyseur. Dont acte, la nuance valait d'être rétablie.

M. Petit tord le cou à un autre "canard" : la mauvaise réputation du soufre. Les teneurs en seront progressivement réduites de 0,2 % actuellement à 0,05 % en 1996. Mais les traces de soufre ne sont pas inquiétantes pour les catalyseurs des moteurs Diesel, qui n'assurent qu'une fonction d'oxydation. Elles sont en revanche proscrites pour la fonction de réduction des catalyseurs des moteurs à essence, dans la mesure où elles peuvent générer des H₂S très nauséabonds. Il sera donc impératif de désulfurer les essences plus que le gazole.

Notre article dénonçait, par ailleurs, les aberrations de l'offre actuelle, avec une promotion et une qualité concentrées sur le super sans plomb 98, alors que le super sans plomb 95 et le super plombé 97 suffiraient à satisfaire les besoins du parc à un coût bien moindre pour l'usager et la collectivité. M. Petit n'en disconvient pas, puisqu'il observe que tout le parc pourrait se satisfaire de deux produits seulement, à raison de 30 % pour le super sans plomb 95 et de 70 % pour le super plombé 97. Or les ventes se répartissent ainsi : 2,4 % pour le sans-plomb 95, 32 % pour le sans-plomb 98, et le reste, quelque 65 %, en super plombé. Mais le 98 était un passage transitoire

obligé pour la diffusion du sans-plomb et, au milieu de la décennie, les ventes devraient s'équilibrer sur des proportions de

30 % de sans-plomb 95, 40 % de sans-plomb 98 et 30 % de super plombé 97. Il n'empêche : pour l'heure, on ne dénombre qu'une pompe de sans-plomb 95 pour six pompes de sans-plomb 98.

Mais M. Petit est ulcéré quand on qualifie le super plombé 97 de "dépotoir des raffineries". Total affirme le doter de tous les additifs détergents requis sur le lieu de vente pour en assurer la qualité. Mais, si ce super plombé "additivé" n'a pas systématiquement l'agrément des constructeurs, c'est que la firme n'est pas maîtresse du produit de base qui, selon le découpage géographique, peut provenir d'autres raffineurs au gré des accords d'approvisionnement des stations. Cette maîtrise, du raffinage à la distribution, Total l'assure en revanche pour le sans-plomb et le gazole.

Quand aux différends qui opposent, à l'occasion, les deux composantes du couple pétrolier-motoriste, constate M. Petit, ils résultent le plus souvent d'un manque de concertation préalable. Parce que le second opte parfois pour des solutions techniques audacieuses, il contraint le premier à jouer les pompiers pour trouver le remède au mal. Et Total se flatte d'y parvenir en trois ou six mois, tout en regrettant de ne pouvoir intervenir plus en amont.

Pour étayer son propos,

M. Petit constate, non sans malice, que les Porsche se contentent de carburant bas de gamme (sans-plomb 91), alors que la 2CV – paix à son âme – n'a jamais su se satisfaire d'ordinaire...

Les Français inégaux devant le démarrage à chaud

«A propos de votre article sur la qualité des carburants», écrit M. P.R., de Dijon, mais dans un autre registre que Total, «et plus particulièrement du paragraphe sur l'inégalité des Français devant le démarrage à chaud, je peux vous affirmer, comme sans doute beaucoup de conducteurs chevronnés, que ces problèmes de mise en marche ont commencé, non pas avec un changement dans la qualité de l'essence, mais quand les moteurs ont été équipés de carburateurs dits "inversés", c'est à dire placés en partie haute, afin de faire bénéficier le cycle d'admission de l'aide (toute théorique) de la pesanteur.

»Hélas, à ces prétdus avantages censés stimuler la nervosité s'est ajouté un défaut notable : la noyade quasi systématique de la machine, à la suite de l'effet d'égouttage au moment de l'arrêt. Les concepteurs ont d'ailleurs pris conscience, dès l'origine, de ces suffocations fâcheuses, car, très souvent, ils ont muni leurs accessoires d'une pipette ayant pour mission d'évacuer au sol (au mépris des risques d'incendie et de pollution) le maximum de l'excédent imbrûlé.

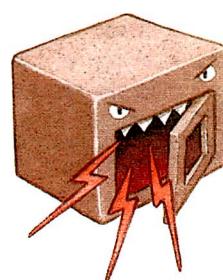
»Le conseil de démarrer à chaud, "pied au plancher", est bien un aveu d'impuissance à l'égard de cette tare

que personne n'a éliminée. Sans être excessivement nostalgique de l'époque "héroïque" des voitures, je dois rappeler que le démarrage ne présentait alors aucune difficulté, à chaud comme à froid, avec les carburateurs placés en partie basse, et dont le moteur n'appelait que l'essence dont il avait besoin. Il n'y avait donc pas de gaspillage et l'on ignorait l'effet depuis lors connu sous le nom de "vapourlock". Les carburateurs d'antan, d'une simplicité enfantine, ne nécessitaient pour tout entretien qu'un remplacement des gicleurs, dès lors qu'on notait une augmentation de la consommation ; cela évitait aux possesseurs d'auto le recours onéreux à des "carburologues", et cela leur permettait de démarrer en toute saison moyennant un minimum de sollicitations.»

Micro-ondes : nocives ou pas ?

«J'observais, il y a peu, un pseudo-débat à la télévision (je dis "pseudo", car c'était une succession d'opinions sans lien) et je n'ai pu y trouver une réponse à la question : les fours à micro-ondes sont-ils nocifs ?», écrit M. N.N., de Marlenheim.

Fermés et en bon état de marche, ils ne présentent aucun danger.





Désormais chacun peut semer à son rythme, à sa mesure...

Grâce à *Norwich Epargne-Privilège* vous pouvez faire fructifier votre argent à partir de 300 F par mois

Ce simple versement sur *Norwich Epargne-Privilège* vous permet d'entrer de plain-pied dans le cercle des investisseurs qui savent faire fructifier leur argent en toute sécurité... et en toute liberté.

Avec *Norwich Epargne-Privilège* :

- vous épargnez progressivement, à votre rythme, à partir de 300 F par mois ;
- vous devenez sociétaire d'une société d'assurance mutuelle sur la vie qui redistribue 100 % de ses bénéfices ;
- vous pouvez modifier ou même suspendre vos versements en profitant toujours du rendement *Norwich Union* ;
- votre argent reste disponible en permanence.

11,93%

NET D'IMPÔT

C'est le taux de rendement annuel moyen de l'épargne investie durant les 8 dernières années dans les contrats gérés sur le même fonds que Norwich Epargne-Privilège arrivés à échéance au 1^{er} janvier 1992.*

*Epargne capitalisée nette de frais.

Norwich Epargne-Privilège mérite bien son nom

Le savoir-faire de *Norwich Union* : il repose sur une longue expérience fondée sur l'écoute de la clientèle et la connaissance des marchés financiers. Pour servir au mieux les intérêts de ses sociétaires et garantir à votre épargne une rémunération optimale, *Norwich Union* allie ainsi compétence et fiabilité.

Des avantages fiscaux exceptionnels : vous bénéficiez de tous les priviléges de l'assurance-vie : réduction d'impôt ; plus-values totalement exonérées d'impôt sur le revenu au bout de 8 ans ; exonération des droits de succession.

Voilà pourquoi, le plus modeste des investissements peut vous procurer les gains les plus substantiels avec *Norwich Epargne-Privilège*.

DEMANDE DE DOCUMENTATION sans engagement

*A retourner sous enveloppe non affranchie à : NORWICH UNION
Service Direct - Libre réponse n° 4675 - 75319 PARIS Cedex 09.*

OUI, je souhaite recevoir, **sans engagement de ma part**, une documentation complète sur tous les avantages de *Norwich Epargne-Privilège*.

M. Mme Mlle Nom _____

Prénom _____ Né(e) le **19** _____

Adresse : N° _____ Rue _____ Tél.

Code postal Ville _____

Si votre conjoint(e) souhaite également souscrire :

M. Mme Mlle Nom _____

Prénom _____ Né(e) le **19** _____

A renvoyer avant le 30 octobre 1992

Conformément à la Loi Informatique et Liberté, je dispose d'un droit d'accès et de rectification pour toute information me concernant sur votre fichier Clientèle.

PAR LES DRs ELISABETH FRESNEL-ELBAZ ET JEANNE COUSIN

LA VOIX PHOTOGRAPHIÉE

Une douzaine de spécialités scientifiques, allant de la linguistique à la phoniatrice, mettent leurs compétences en commun pour étudier la chose la plus simple, la plus naturelle, la moins apparemment énigmatique du monde : la voix humaine, support de la parole et du chant. Des laboratoires dernier cri, équipés de machines prodigieuses, permettent de visualiser ses multiples composantes.

Notre voix : un phénomène d'une extraordinaire complexité, que nous utilisons pourtant tous les jours, naturellement, sans y penser. Phénomène aux dimensions à la fois acoustique, phonétique, artistique. Social et psychologique aussi, puisque la voix est moyen de communication, de persuasion, de séduction.

Son étude mobilise de nos jours des spécialistes de tous les horizons : linguistes, phonéticiens, informaticiens, acousticiens, professeurs de chant et d'art dramatique, psychologues, orthophonistes, physiologues, neurologues, oto-rhinolaryngologistes, phoniatres (1), bien d'autres encore. Pourtant, la science n'a pas entièrement levé les ultimes mystères de la voix humaine.

Nous avons quand même appris beaucoup sur elle depuis que les chercheurs du siècle dernier ont commencé à s'y intéresser. Déjà, on utilisait les mesures aérodynamiques de la voix et la stroboscopie, procédé permettant – grâce à l'émission d'éclairs à une fréquence proche de celle du phénomène à étudier – l'observation au ralenti de mouvements périodiques rapides, le cas justement des cordes vocales. L'analyse acoustique a été introduite dans les années 1940 avec le développement de la spectrographie, la transcrip-

tion sous forme d'images des phénomènes ondulatoires de la voix. Plus récemment, grâce à l'essor de l'informatique et de l'enregistrement numérique, le bilan acoustique et physiologique de la voix d'un individu est devenu une réalité clinique quotidienne.

On dispose aujourd'hui d'instruments de haute technologie capables d'analyser tous les paramètres de la voix humaine. Le plus complet est le DSP 5500 de Sonagraph, dispositif tout électronique qui mesure la fréquence fondamentale (2), les harmoniques, l'intensité et qui dresse le spectre détaillé d'une voix donnée. Le Glottal Frequency Analyzer de Kitzing et le Visipitch déterminent la fréquence fondamentale. Le PCLx de Fourcin étudie en outre l'intonation et établit des courbes d'électrolaryngographie (3). Les analystes de fréquences de Brüel et Kjaer et de Hewlett Packard fournissent des spectrogrammes qui visualisent le timbre de la voix. Les mesures d'intensité, fonction de l'amplitude de l'impulsion acoustique, sont données par des sonomètres et des décibels.

Les informations

(1) La phoniatrice est la branche de la médecine qui s'occupe de la pathologie de la voix.

(2) Pour une note donnée, la fréquence fondamentale (Fo), dite aussi hau- teur tonale, est la composante la plus grave du son émis par la voix lorsqu'on analyse la composition acoustique de la note en question. La Fo est déterminée par la vitesse de vibration des cordes vocales. Une même voix produit toute une gamme de fréquences fondamentales, enrichies au niveau des résonateurs en harmoniques qui sont des multiples entiers de ces fréquences de base. La fréquence fondamentale moyenne est de 100 à 120 Hz chez l'homme, et d'un octave au-dessus chez la femme, soit 200 à 240 Hz. Sa plage de variation est de + ou - 20 Hz. Avec l'âge, elle diminue chez la femme, augmente chez l'homme. Plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu.

(3) En électrolaryngographie, on place deux électrodes en regard du cartilage thyroïde pour enregistrer les variations d'impédance électrique. La courbe obtenue est le reflet des cycles d'ouverture et de fermeture des cordes.



Rodin :
le Cri

maticiens ont mis au point des programmes très sophistiqués pour disséquer les composantes de la voix humaine.

Notre appareil vocal – on dit aussi phonatoire – se compose essentiellement de

trois étages : celui de la respiration, qui fait office de soufflerie ; le larynx et les cordes vocales, qui servent de vibrateur, le son étant par nature un phénomène vibratoire ; les cavités de résonance, formées du pharynx, du nasopharynx, de la bouche et des fosses nasales, struc-

tures dont la forme varie selon la position des mâchoires, de la langue, des muscles du pharynx, du voile du palais, des lèvres (voir encadré p. 34). Ces cavités assurent la résonance du son et, par leur mobilité, l'enrichissement en harmoniques qui confèrent le timbre à la voix et l'articulation phonétique de la parole en voyelles et en consonnes.

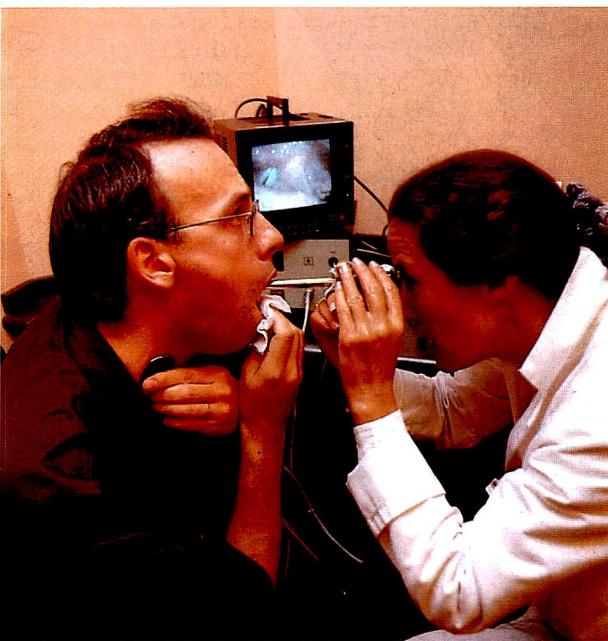
La production du son laryngé va être induite par le passage, au travers des cordes vocales, de bouffées d'air donnant une impulsion acous-

L'exploration de trois voix...

In'existe aucun examen standard universellement admis et appliqué pour étudier la voix et la parole. Aucune méthode complète d'analyse instrumentale qui prenne en compte les trois étages

de la voix et les évaluer objectivement. Les diverses tentatives pour élaborer des échelles de valeurs restent très controversées.

L'analyse instrumentale est toujours associée à l'examen



Regarder les cordes vocales, ici par laryngostroboscopie, un examen encore indispensable.

physiologiques de la phonation – respiration, vibration et résonance –, et ses trois principales composantes acoustiques – intensité, fréquence et timbre. On ne sait pas non plus quantifier sûrement les aspects psycho-acoustiques

du larynx, à l'aide du miroir laryngé (semblable au petit miroir du dentiste) ou de la laryngostroboscopie (1) – grâce auxquels on peut visualiser les cordes vocales en action –, et à l'enregistrement magnétique de la voix.

tique. Cette vibration engendre un son qui va s'enrichir en traversant les cavités de résonance et sera modulé dans le temps par les organes de l'articulation pour produire la parole. Une mécanique simple, en principe, mais d'une réalisation farouchement compliquée. A commencer par l'appareil respiratoire ; son travail se décompose en deux mouvements inverses, l'inspiration et l'expiration. Dans la phase inspiratoire, l'activité des muscles dits inspirateurs, principale-

Les méthodes que nous allons décrire sont celles qui sont employées par ESPACE, le laboratoire de la voix à la Fondation Rothschild. Nous avons choisi d'étudier les voix de trois femmes.

Deux sont des professionnelles, mais dans des secteurs bien différents : l'art lyrique et les variétés. Elles n'ont pas le même nombre d'années de métier : l'une est consacrée, l'autre débutante. La troisième chante sous sa douche... Aucune des trois ne fume, aucune ne se plaint d'un trouble quelconque de la phonation. Ce sont :

- Mme Christiane Eda-Pierre, 60 ans, soprano, professeur au Conservatoire national supérieur de musique de Paris. Se produit également sur scène régulièrement.

- Mlle Stéphanie Haik, 21 ans, au timbre typique de comédie musicale "à la Broadway". Le répertoire de Barbra Streisand convient particulièrement à sa voix. Vient d'être recue à la Manhattan School of Music (la meilleure école de jazz de New York).

- Mme Catherine Achouline, 36 ans, conseillère d'éducation dans un collège parisien. N'a aucune formation vocale particulière.

L'analyse de la voix porte sur un échantillon de conversation libre et sur la lecture

d'un texte. On mesure l'intensité moyenne de la voix, exprimée en décibels (dB), au moyen d'un sonomètre. L'électrolaryngographie informatisée permet de mesurer les fréquences fondamentales (Fo) de la voix, la gamme des fréquences émises, et le degré de leurs irrégularités (le jitter), avec une représentation sous forme d'histogrammes et de diagrammes.

L'histogramme est établi par ordinateur à partir des variations de fréquence fondamentale de la voix conversationnelle. L'appareil note toutes les fréquences fondamentales utilisées et leurs pourcentages respectifs. Un histogramme "normal", reflétant une voix de bonne qualité, prend la forme d'un immeuble plus ou moins large à la base, et montre une répartition équilibrée des fréquences autour de la fréquence fondamentale.

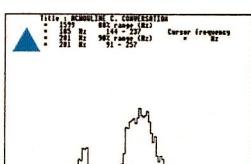
Le diagramme fournit une deuxième représentation de la voix, établie également par l'ordinateur pendant la même séance d'enregistrement. La fréquence fondamentale est portée en abscisse, la fréquence suivante en ordonnée, la troisième en abscisse, etc. Le graphique d'une voix de bonne qualité dessine une droite d'autant plus longue que l'étendue vocale est plus grande.

ment le diaphragme, provoque l'élargissement de la cage thoracique. La phase expiratoire est une période de relâchement musculaire. Mais, en cours de phonation, c'est-à-dire chaque fois que nous produisons des sons, ce rapport s'inverse : c'est la phase expiratoire qui devient active. Les muscles correspondants, la "sangle abdominale" et les intercostaux, entrent alors en jeu et entraînent un allongement du temps expiratoire, une augmentation des volumes d'air mis en ac-

● La voix conversationnelle. La Fo moyenne de Catherine Achouline est de 201 Hz (une fréquence dans les normes pour une voix de femme). Toutefois, nous avons eu la surprise de découvrir un aspect pathologique, avec deux registres distincts dans la voix parlée, chez ce sujet qui ne s'est jamais rendu compte d'un défaut phonatoire.

Nous retrouvons l'aspect pathologique de cette voix sur le diagramme ; elle a produit une quantité de points dispersés autour de la droite centrale, laquelle est scindée en deux segments, ce qui constitue une anomalie.

Mme Eda-Pierre est venue au laboratoire le matin, sans échauffement vocal préalable.



▲ **Christiane Eda-Pierre**



▲ **Catherine Achouline**

L'histogramme de sa voix conversationnelle montre un bel aspect, il est large à sa base, sans dispersion de fré-

quences ; la Fo moyenne est de 206 Hz.

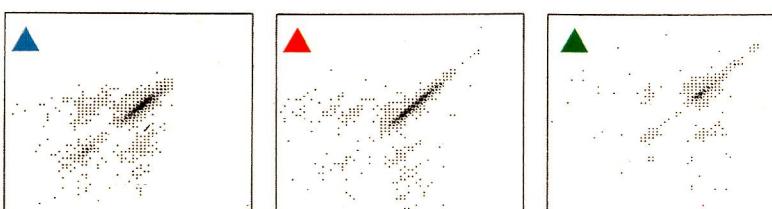
Le diagramme présente une droite plus nette et plus



▲ **Stéphanie Haik**

longue que celle de Catherine Achouline et d'un seul tenant. L'image est légèrement paraîtée, mais ce petit défaut est dû à l'absence d'échauffe-

La surprise de l'examen : découvrir une pathologie (un histogramme en "bosses de chameau") chez quelqu'un qui ne se plaignait de rien.



Le bénéfice des années de travail : la droite longue et nette du diagramme de Mme Eda-Pierre, preuve d'une grande étendue vocale.

tion, ainsi que celle des "pressions sous-glottiques".

Le rôle dominant dans la production du son revient au larynx - situé sur le trajet des voies respiratoires entre le pharynx et la trachée. Il est doté d'un orifice, la glotte, limité par les deux cordes vocales. L'air expiré, en butant sur les deux cordes fermées, augmente la pression dans la sous-glotte.

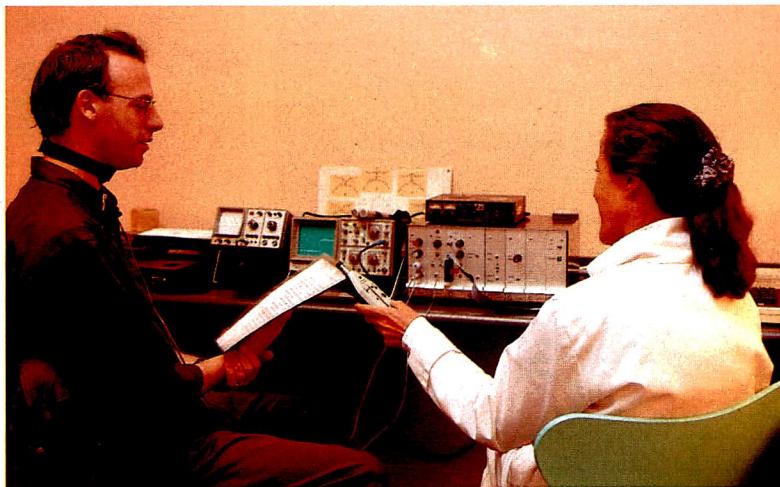
La pression sous-glottique, alimentée par la contraction des muscles expirateurs pendant la pho-

nation, atteint 12 hectopascals quand nous parlons normalement, 30 hPa quand nous chantons un air simple, 50 hPa quand un tribun lance ses effets oratoires. Du bon contrôle du mécanisme expiratoire - le "soutien", disent les chanteurs professionnels - dépend en grande partie la qualité de la voix chantée.

Cette pression sous-glottique va permettre la mise en vibration des cordes vocales. L'ensemble du dispositif est également sous contrôle auditif continu, par

(suite du texte page 34)

...L'exploration de trois voix (suite)



La lecture de La Chèvre de Monsieur Seguin, un test pour analyser les compétences vocales, car la tessiture de la voix chantée dépend de la fréquence fondamentale de la voix parlée.

ment matinal de la voix de Mme Eda-Pierre.

La voix conversationnelle de Stéphanie Haik donne un histogramme moins "beau" que celui de Mme Eda-Pierre et manifeste de grandes dispersions de fréquences. La Fo moyenne est très élevée, 257 Hz, dénotant une nette prépondérance de l'aigu.

La droite du diagramme de Stéphanie Haik est aussi moins longue que celle de Mme Eda-Pierre.

● La voix de lecture. La lecture

portait sur un même texte standard, la Chèvre de M. Seguin.

Catherine Achouline possède une voix beaucoup plus harmonieuse en mode de lecture qu'en mode conversationnel. Les défauts observés précédemment se sont estompés. La Fo moyenne est légèrement plus haute, 206 Hz. Les performances sont d'ailleurs nettement meilleures en voix de lecture pour les trois sujets testés.

Comme en témoignent ces

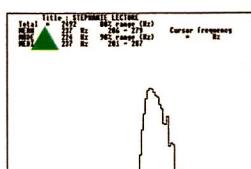
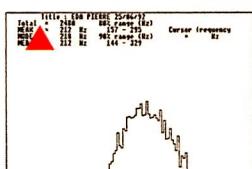
deux séries de graphiques, la voix la plus riche est celle de Mme Eda-Pierre. En lecture, elle enregistre une largeur de gamme des fréquences de 138 Hz, soit plus d'un octave, ce qui atteste chez cette cantatrice un grand pouvoir de modulation de la voix. Sa Fo moyenne est de 218 Hz. En général, il existe une bonne corrélation entre la fréquence fondamentale de la voix parlée et la tessiture de la voix chantée.

Des trois voix, c'est celle de Stéphanie Haik, la chanteuse

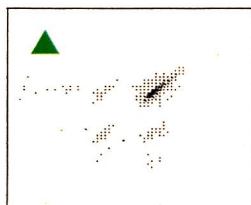
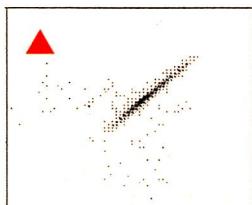
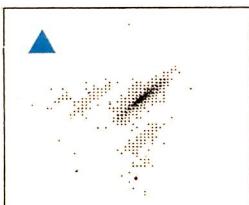
de variétés, qui en lecture possède l'étendue de gamme des fréquences la plus faible : 73 Hz. Pourtant, à l'oreille, la voix est belle. Cette constatation prouve que le résultat d'une analyse vocale doit être relativisé ; le test de lecture n'a pas en lui-même valeur absolue, il mérite d'être replacé dans le contexte d'ensemble des différents examens.

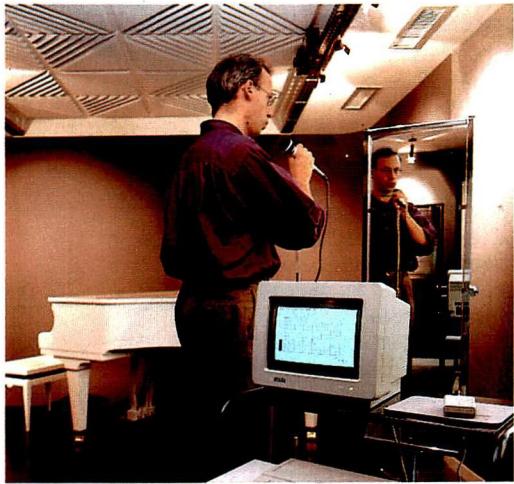
L'étude de la dynamique vocale, aujourd'hui intégralement automatisée, est rendue possible par la technique du phonéogramme, spécialement utilisé dans l'analyse de la voix chantée. Cet examen nous éclaire sur les possibilités vocales du sujet, et permet éventuellement de les comparer à ses exigences, s'il s'agit d'un professionnel du chant. Il permet aussi d'évaluer les performances obtenues par l'éducation de la voix, par un traitement médical ou chirurgical du larynx (1) ou par une rééducation orthophonique, en cas de troubles phonatoires.

Le phonéogramme donne une représentation graphique des niveaux d'intensité sonore maximum et minimum de la voix (en ordonnée) pour toutes les fréquences couvertes par celle-ci (en abscisse). L'examen s'effectue dans des conditions définies par l'Union européenne des phoniatres (UEP). Les intensités sont recueillies par un microphone placé à 30 cm de la bouche. L'expérimentateur juge à l'écoute les fréquences du son qu'émet le sujet, par référence à une note jouée sur le piano ; cela suppose une oreille juste chez l'examinateur. On mesure les intensités sur quatre notes par octave en



En progrès ! L'attention nécessitée par la lecture a amélioré les scores des trois candidates.





Maintenir la note de l'intensité la plus faible à la plus forte, un exercice parfois périlleux pour les amateurs.

moyenne, en étudiant avec un soin particulier les changements de registre de la voix – les "passages" –, et les extrêmes de l'étendue vocale, ou ambitus (1), du sujet testé.

Pour réaliser cette représentation graphique, on demande au sujet d'émettre chaque note donnée à l'intensité la plus faible et à la plus forte dont il est capable. Cet exercice est naturellement plus facile pour des chanteurs entraînés, qui savent varier l'intensité de leur voix sans pour autant changer de hau- teur de note.

Sur les trois voix, la dynamique de variation d'intensité est la plus ample chez les deux professionnelles du chant. Chez elles aussi, le nombre d'octaves complets couverts par la voix est aussi plus grand. Le phonétogramme de Stéphanie Haik montre des possi- bilités vocales importantes, il est probable qu'avec l'entraînement on voit s'estomper les zones de passage. Sa voix couvre trois octaves, du mi₂ au

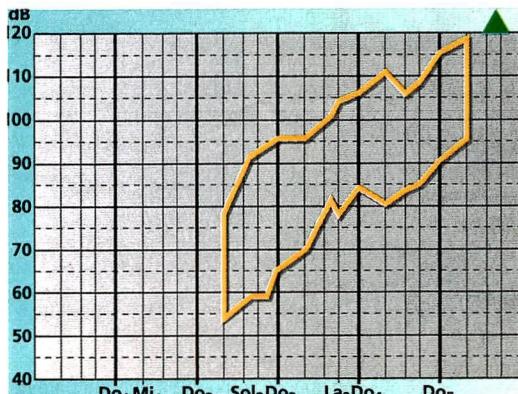
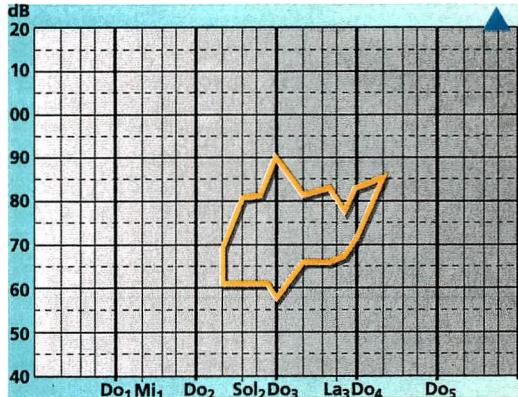
mi₅.

La voix non professionnelle de Catherine Achouline se place bonne dernière dans ce test. En fréquences, elle ne couvre que deux octaves, du mi₂ au mi₄.

La soprano professionnelle fait le meilleur score, avec une voix très homogène sur toute l'étendue de la gamme couverte, soit trois octaves complets, du do₂ au mi₅. Aucune zone de passage n'est percep- tible à l'oreille ni visible sur le graphique.

Tous les moyens techniques modernes, en eux-mêmes remarquables, ne sauraient exclure l'instrument encore au- jourd'hui le plus perfectionné et le plus complet : l'oreille humaine, cette merveille naturelle. Ni même la vue, si utile dans l'observation du comporte- ment vocal.

(1) Tube muni d'un dispositif d'éclairage et qui émet des éclairs lumineux selon une fréquence donnée. Cet instrument permet l'observation et la mesure des mouvements périodiques rapides à l'intérieur du larynx, en créant l'impression artificielle d'un arrêt sur



Un reflet sans indulgence des possibilités vocales. Le phonétogramme de l'amateur se remarque au premier coup d'œil.

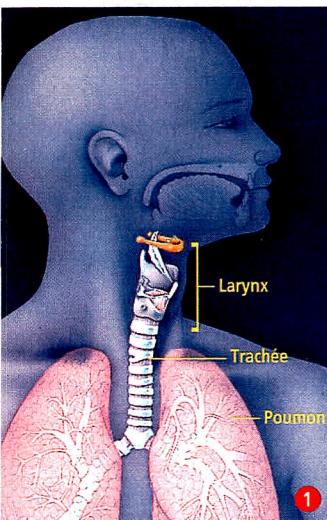
l'image ou d'un ralenti.

(2) La chirurgie du larynx intéresse plusieurs types de pathologies, principale- ment les tumeurs (bénignes et malignes).

(3) Il convient de distinguer l'ambitus,

ou étendue vocale physiologique, de la tessiture, ou étendue vocale musicale. L'ambitus chez quelqu'un de non entraîné au chant est normalement d'au moins deux octaves.

LES CORDES VOCALES "USINE À VIBRATIONS"



L'appareil vocal comprend trois parties : une soufflerie – l'appareil respiratoire (1) –, un vibrateur – le larynx (2 et 4 coupe longitudinale) et les cordes vocales (3 et 5 coupe transversale) – et des cavités de résonance comportant les organes de l'articulation de la parole.

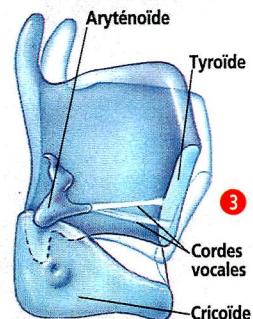
Grâce à l'air issu des poumons, la voix se forme au niveau du larynx, celui-ci présente, de chaque côté, sur sa face interne deux petits plis muqueux, les cordes vocales.

On peut les voir directement avec un miroir laryngé ou au moyen de fibres optiques souples, passant par la narine (nasofibroscopie), ou rigides, introduites dans la bouche (en-

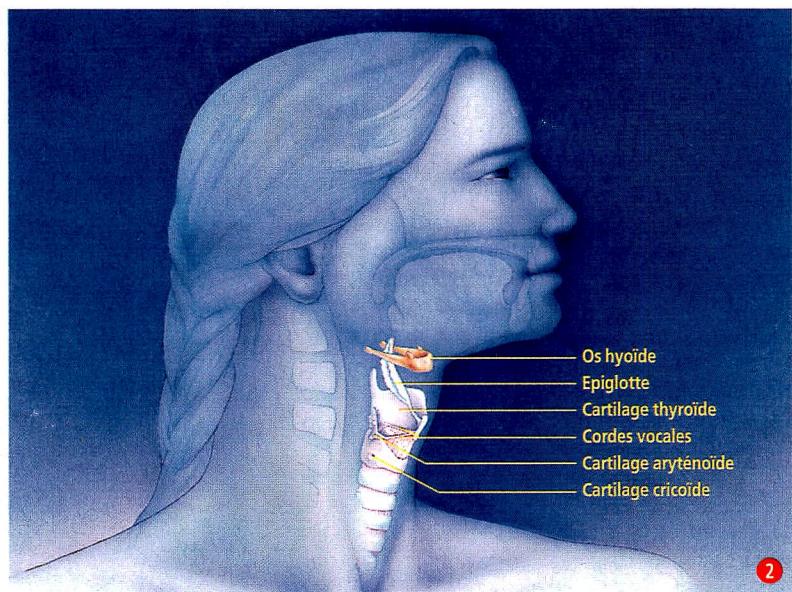
oscopie), munies d'optiques et de lumière et pouvant être couplées à la stroboscopie (voir encadré p. 30). Les cordes vocales apparaissent alors comme deux rubans blancs nacrés, attachés vers l'avant, dans un plan horizontal, au cartilage thyroïde et en arrière aux cartilages arytenoïdes (3 et 5). Elles sont mobiles et animées de mouvements d'ouverture et de fermeture lorsqu'elles entrent en vibration. La glotte est l'espace qu'elles délimitent lorsqu'elles sont ouvertes. Constituées d'un muscle et d'un ligament vocal, elles sont surmontées de deux bourrelets ou

bandes ventriculaires. Au-dessus, le vestibule laryngé se prolonge par le pharynx.

Le cycle de vibration comprend une phase d'accolement. Puis la pression sous-glottique vainc la pression d'accolement et permet le passage d'une petite bouffée d'air. Cet échappement d'air entraînant une modification des pressions au-dessus et en-dessous des cordes vocales, les cordes vont s'écartez puis se rapprocher et reprendre leur phase d'accolement sous l'effet, en autres, d'une force de rétro-aspiration. Le mouvement se répète et génère le son laryngé.



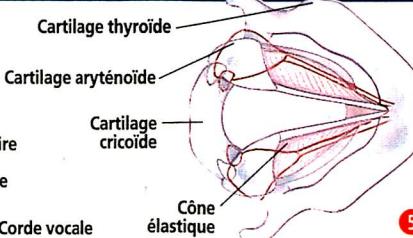
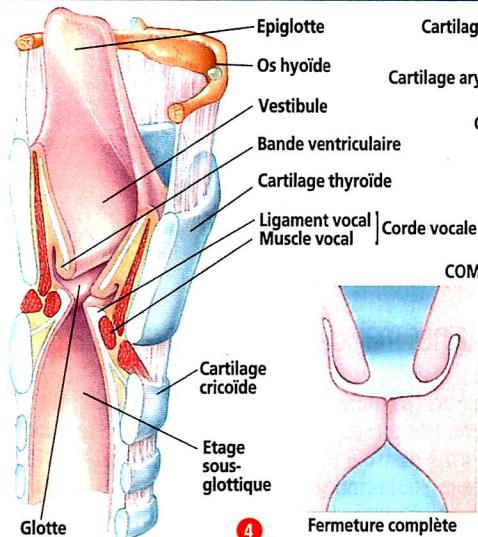
La vibration laryngée est donc un cycle de fermeture-ouverture des cordes vocales. Selon la rapidité de cette alternance, le son laryngé va être émis à une fréquence de base



ce que l'on appelle la "boucle audio-phonatoire", dont le rôle est primordial puisqu'elle permet à l'oreille de l'individu de vérifier à tout moment les caractéristiques acoustiques de sa propre voix et de les corriger en conséquence. Cette interaction de l'oreille et de la voix fait, par exemple, que dans le bruit le locuteur, en s'entendant, allonge instinctivement la durée d'émission des voyelles par rapport aux consonnes, pour rendre sa parole plus intelligible ; ou qu'il ajuste son intensité vocale au niveau de bruit ambiant. L'on sait

aussi combien la surdité affecte la qualité de la voix, par manque de *feedback*, information en retour, entre l'émission des sons et leur perception interne, avec la perte, entre autres, du contrôle de la fréquence fondamentale et de l'intonation.

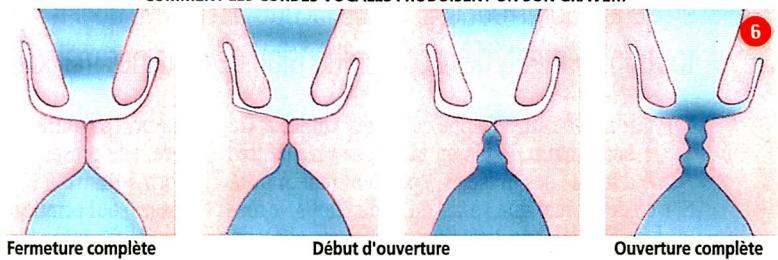
La voix se caractérise par le timbre, propre à chaque individu, qui dépend de la configuration de ses "résonateurs" ; ces cavités de résonance ont pour effet d'enrichir en harmoniques la fréquence fondamentale de base du larynx. Les variations dans le



verture représente la moitié de la durée du cycle.

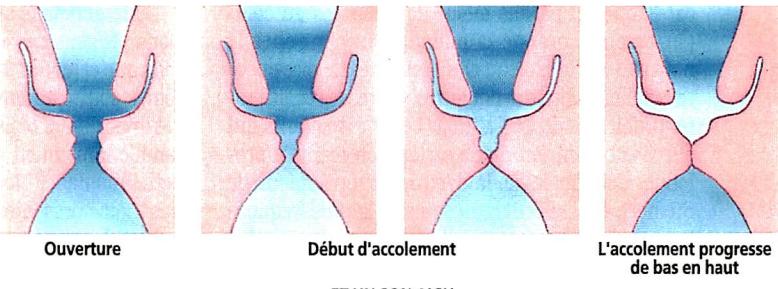
L'autre mode dit "léger" produit les sons aigus. Les cordes sont alors tendues, étirées, fines. La différence verticale de phase n'existe plus. l'amplitude vibratoire est limitée. le temps d'ouverture augmente.

COMMENT LES CORDES VOCALES PRODUISENT UN SON GRAVE...

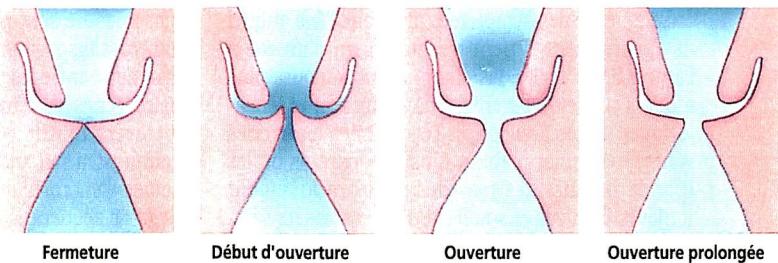


dite fondamentale (Fo) que l'on exprime en hertz – nombre de cycles par seconde – ou en tons et demi-tons, si l'on veut utiliser une référence musicale. La Fo donne la hauteur, ou la tonalité, de la voix.

On distingue deux modes de vibration (6) qui rendent compte des changements de registre dans le chant. D'une part, le mécanisme dit "lourd", qui produit des sons graves ; les cordes prennent une forme épaisse, elles sont relâchées. La fermeture débute par la partie inférieure de la corde, puis intéressera sa totalité. Il y a une différence de phase sur le plan vertical. L'amplitude vibratoire est importante. Le temps d'ou-



... ET UN SON AIGU



temps de la fréquence fondamentale de la voix (intonation), de son intensité (accentuation) et le rythme ou le débit de la parole sont autant de facteurs prosodiques. La prosodie va moduler l'émission vocale et est caractéristique à la fois de la langue parlée utilisée et de l'état émotionnel du lecteur.

En français, l'intonation est utilisée essentiellement pour indiquer le caractère interrogatif (intonation montante) ou affirmatif (intonation descendante) de la phrase. Au contraire, dans les langues dites tonales,

l'infexion sert à préciser le sens même des mots. Dans le mandarin chinois, langue à quatre tons, *ma* signifie "mère" si l'intonation est plate, "fibre" si l'intonation est montante, "gronder" si l'intonation est descendante, "cheval" si l'intonation descend puis remonte. Il existe dans le monde beaucoup plus d'individus qui pratiquent des langues tonales, notamment en Chine, au Viêt-Nam, en Thaïlande et sur le continent africain, que des langues atonales comme le français. Mais même dans notre langue atonale,

(suite du texte page 174)

PAR MARIE-FRANÇOISE LANTIERI

LORSQUE L'ADN BÉGAIE

On savait l'ADN capable des pires facéties : échanger des morceaux entre chromosomes d'une même paire, se répéter à l'infini, sauter par gènes entiers d'un chromosome à un autre... Des chercheurs viennent de découvrir que des gènes pouvaient aussi "bégayer" et que cette tare s'accentuait de génération en génération. Tout cela est beaucoup plus grave qu'il n'y paraît : c'est, tout simplement, de la compréhension de certaines maladies génétiques qu'il s'agit.

Un mal étrange frappe certaines familles. Un beau matin, le fils ou la fille se réveille très affaibli ; ses muscles répondent mal. A priori, rien de dramatique ; mais au fil du temps, le malaise va s'aggravant. Les muscles s'engourdisSENT, s'atrophient. Apparaissent ensuite des problèmes cardiaques et parfois même des troubles du comportement. Lorsque la maladie survient chez le nouveau-né, le tableau clinique se révèle pire encore : malformations articulaires, détresse respiratoire, problèmes de déglutition. Les rares enfants qui survivent souffrent d'une arriération mentale profonde. Cette maladie, la dystrophie myotonique de Steinert, est l'affection musculaire la plus fréquente chez l'homme, puisqu'elle touche une personne sur 7 000. A l'heure actuelle, aucun traitement n'est efficace.

La sévérité des symptômes ainsi que l'âge auquel ils apparaissent varient très fortement d'un cas à l'autre. Seule règle : les enfants sont toujours plus atteints que leurs parents. Quant aux arbres généalogiques de ces familles, ils révèlent des bizarries génétiques remarquables. Ainsi, les parents ou les grands-parents des malades sont pratiquement toujours chauves et souffrent d'une cataracte sénielle ! Quel rapport peut-il bien exister entre la cataracte du grand-père et l'arriération mentale ou les troubles du comportement du petit-fils ?

Car, contrairement à la plupart des maladies génétiques, comme la mucoviscidose (1), régies par les fameuses lois de Mendel (le gène malade est porté par un chromosome précis, transmis tel quel de génération en génération), cette affection se joue des règles de la génétique classique. Les chercheurs y perdaient leur latin. Jusqu'à ce que plusieurs équipes de scientifiques déterminent les mécanismes moléculaires responsables d'un tel fléau : dans la maladie de Steinert, un gène s'est mis à bégayer.

gayer. La "phrase" qu'il porte a été modifiée : allongée, elle présente une longue répétition d'un motif formé de trois (C, A et G) des quatre lettres (les bases) qui composent l'alphabet des gènes – adénine (A), guanine (G), cytosine (C) et thymine (T). Du coup, la phrase est déformée.

Cette anomalie s'accentue au cours des générations : le gène des enfants est plus long, il "bégaye" plus que celui des parents. Bien entendu, les symptômes sont d'autant plus sévères que la répétition est importante. Mais, même chez les membres de la famille faiblement atteints (cataracte ou calvitie), cette anomalie, bien que peu développée, n'en est pas moins présente.

Pour les généticiens, la découverte de cette propension des bégaiements de l'ADN à s'allonger est révolutionnaire. Certes, on savait déjà que nos chromosomes ne sont pas immuables : enjambements (ou *crossing over*) provoquant l'échange de matériel génétique entre les deux chromosomes d'une même paire, gènes sauteurs (ou transposons) se déplaçant à travers tout le génome (2) sont désormais bien connus. On sait aussi qu'il existe dans nos chromosomes d'énormes quantités de séquences répétées. Mais de séquences qui s'allongent, tel le nez de Pinocchio, on n'avait pas encore entendu parler. Ces séquences "bégayantes" constituerait autant de zones fragiles, de "points chauds" propices aux mutations. En l'occurrence, des mutations qui ne sont pas figées une fois pour toutes (contrairement aux mutations classiques), mais évoluent de génération en génération. En fait, on sait maintenant que le phénomène ne se limite pas à la seule dystrophie myotonique de Steinert.

Tout a commencé dans le courant de l'année dernière. Plusieurs équipes de chercheurs, dont celle de J.-L. Mandel, à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) de Strasbourg,

travaillent depuis quelques années sur une maladie génétique assez étrange : le syndrome de l'X fragile (3). Derrière cette dénomination quelque peu obscure se cache une anomalie du chromosome sexuel X. Observé au microscope, ce chromosome apparaît avec un bras coudé. Cette affection, qui touche un garçon sur 1 500 (les filles sont moins souvent et généralement moins gravement atteintes), entraîne un retard mental important. Elle aussi présente une bizarrerie généalogique : la fréquence d'individus malades au sein d'une famille augmente au fil des générations.

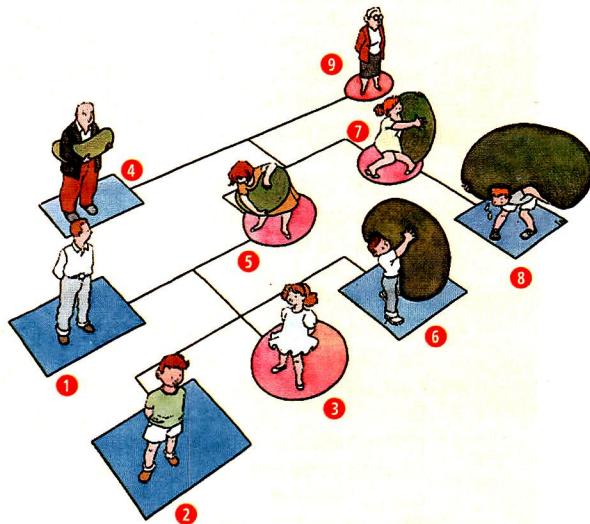
Pourquoi ? Soigneusement épulchée, la région "fragile" du chromosome X a révélé, chez les malades, une séquence en trop : 1 000 à 3 000 bases s'ajoutent au message normalement porté par le chromosome X. En apparence, pareille insertion n'a rien de très original, si ce n'est que dans la famille du malade même les individus ne présentant aucun symptôme exhibent un surplus de matériel génétique, bien que de taille réduite (150 à 500 bases). De plus, là aussi, le fragment excédentaire croît "spontanément" d'une génération à l'autre : au-delà de 600 à 1 000 bases, les individus sont malades. Des études de corrélations ont clairement montré que plus la taille de l'insertion approche de ce seuil chez les parents, plus son allongement spontané risque de faire apparaître la maladie chez les enfants. Comme dans la maladie de Steinert, la séquence "fauteuse de troubles" est,

PLUS LE GÈNE EST LONG, PLUS LA MALADIE EST GRAVE

Cette famille est atteinte de la distrophie de Steinert, une maladie héréditaire causée par l'allongement, d'une génération à l'autre, d'une partie d'un même gène. Les symptômes de cette maladie sont variés. Ainsi, le grand-père a une cataracte, la première de ses filles montre une très légère faiblesse musculaire, la seconde présente une myotonie plus sévère ; si deux des petits-enfants sont sains, en revanche, les deux autres présentent des atteintes beaucoup plus sérieuses, atteinte musculaire nette des mains et de la langue pour le premier, arriération mentale profonde pour le second.

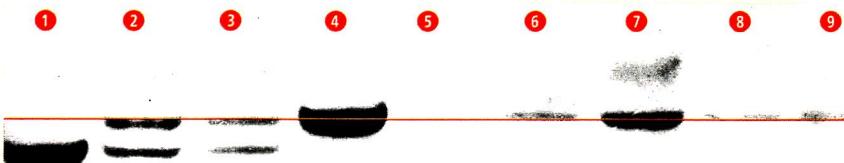
Rappelons que les gènes marchent par paire, c'est-à-dire qu'on rencontre deux exemplaires, pas forcément identiques, de chaque gène chez chaque individu. A ces deux exemplaires on donne le nom d'allèles. L'électrophorèse qui exploite le fait que des molécules soumises à un champ électrique parcourent, par exemple sur un gel, des distances inversément proportionnelles à leur taille, permet de mesurer la longueur de ces allèles.

Ainsi, sur le gel ci-dessous, la



position de la bande donne la longueur du gène étudié : plus la bande est haute, plus le gène est long (plus la distance qu'il a parcourue est courte), et inversement. Si l'individu est sain, ce qui est le cas des individus 1, 2, 3 et 9, les deux bandes représentant les deux allèles du gène se situent toujours au-dessous du trait rouge. En revanche, chez tous les individus atteints, on observe, au-dessus, une bande très pâle. Cette bande correspond au gène malade ; sa

taille est proportionnelle à la sévérité des symptômes. Ainsi, dans la colonne 8, la bande est très haute, l'allongement du gène est donc important, ce gène est celui de l'enfant atteint d'arriération profonde. Dans la colonne 5, celle du gène de la femme légèrement atteinte de myotonie, au contraire, la bande est beaucoup plus basse et le supplément de gène, court, ne perturbe que très faiblement le fonctionnement de ce dernier.



là aussi, répétitive : le motif élémentaire, composé de trois bases (CGG), se reproduit plus de deux cents fois d'affilée chez les malades.

Presque simultanément à ces travaux, une équipe de chercheurs britanniques et américains révélait le mécanisme mutationnel responsable d'une troisième maladie génétique, elle aussi liée au chromosome X : l'atrophie musculaire spinale et

bulbaire, plus connue sous le nom de syndrome de Kennedy, qui se traduit par des symptômes tels que faiblesse musculaire, tremblement, parfois diabète, etc. De nouveau, on a trouvé une séquence excédentaire, de 75 bases cette fois, sur le chromosome X des malades. De nouveau aussi, l'insertion se compose de la répétition d'un motif élémentaire de trois bases (CAG). De quoi troubler les esprits.

Alors, lorsqu'au début de l'année, plusieurs équipes publient, presque en même temps, leurs travaux sur la dystrophie myotonique de Steinert, c'est le coup de tonnerre : le mécanisme mutationnel en cause se révèle identique à celui qui vient juste d'être décrit pour l'X fragile et pour le syndrome de Kennedy. Cela fait un peu trop d'"exceptions" pour continuer à envisager ce type de mutations comme une fantaisie de la nature. Le doute n'est plus permis : les scientifiques viennent de découvrir un phénomène important qui bouscule, une fois encore, les idées les mieux établies.

L'exploration quasi frénétique de l'univers chromosomal ces dernières années, notamment dans le cadre du programme Génome humain, avait déjà mis en évidence des aberrations de notre patrimoine génétique. Les chercheurs ont ainsi appris que de nombreux motifs répétitifs tapissoient nos chromosomes. Par exemple, un même gène est souvent présent dans notre génome sous plusieurs formes, apparues successivement au cours de l'évolution. Par ailleurs, de 30 % à 50 % de nos chromosomes seraient constitués de séquences hautement répétitives n'intervenant pas dans la fabrication de protéines ; et le fait de retrouver 100 000 fois le même motif en plusieurs endroits du génome n'a rien d'exceptionnel ! Certains bégaiements occuperaient même jusqu'à 1 % ou 2 % de l'ADN.

Bref, la découverte de séquences répétées chez les personnes atteintes de ces trois maladies n'a rien d'extraordinaire. La nouveauté réside dans leur "dynamisme", c'est-à-dire dans leur croissance spontanée, et dans leur implication dans un phénomène génétique concret, en l'occurrence des maladies. Reste maintenant à comprendre comment a lieu l'allongement de la séquence répétée et par quel mécanisme l'accroissement progressif de l'insertion entraîne l'apparition de symptômes de plus en plus graves.

Pour l'instant, les scientifiques apportent peu de réponses à ces deux questions. Pour Claudine Junien, chercheur à l'INSERM (¹), l'hypothèse la plus probable est la suivante : la longue succession de motifs répétés forme des zones très instables. Peut-être parce qu'au-dessus d'une certaine lon-

gueur la structure dans l'espace de cette région du chromosome se modifie au point de gêner l'action des systèmes naturels de réparation de l'ADN. Résultat : ces allongements anormaux ne sont pas éliminés ; la mutation s'installe. Quant au mécanisme moléculaire provoquant ces modifications, le mystère reste entier.

Plusieurs modèles, en revanche, pourraient expliquer la variabilité des symptômes de la maladie de Steinert. Le scénario le plus plausible fait intervenir le "dosage génique". D'après de récents travaux, le gène impliqué dans cette maladie gouvernerait la fabrication de protéines fondamentales de la cellule. Comme la plupart des gènes, celui-ci contient des fragments vides de sens (les introns) intercalés entre les portions codantes (les exons), les seules qui seront traduites en protéines. Les fragments non codants sont normalement exclus au cours de la lecture de la phrase génétique portant le message commandant la synthèse de la protéine. Or c'est précisément à l'intérieur d'une de ces séquences non codantes que s'est immiscé le motif répétitif ; la transcription ne peut alors s'effectuer normalement.

Dans le scénario évoqué, ce fragment empêcherait carrément la reconstitution du message ou aboutirait à un message trop éphémère pour être efficace. Une courte insertion ne perturberait que peu la synthèse de la protéine. Celle-ci serait fabriquée à des taux pratiquement normaux : l'individu ne serait alors que faiblement atteint. Avec l'allongement de la séquence fautive augmenterait la perturbation de la production de la protéine, dont la quantité baisserait : les troubles seraient d'autant plus graves. Enfin, les symptômes varieraient considérablement selon que la mutation affecte le tissu musculaire, l'œil, le cerveau, etc. Bien sûr, il reste à valider ce modèle. S'il était confirmé, il faciliterait grandement le diagnostic.

Après sa découverte inopinée dans plusieurs maladies génétiques assez répandues, ce type de mutation va désormais être recherché systématiquement, notamment dans les maladies génétiques moins bien connues et dans celles qui présentent des "bizarries" généalogiques. Avec, à la clef, l'espoir d'avancer plus vite dans la connaissance et la thérapie des quelque 3 500 troubles héréditaires répertoriés, mais aussi celui de dévoiler enfin les arcanes de l'instabilité génétique de nos chromosomes.

Marie-Françoise Lantieri

(1) Voir *Science & Vie* n°900, p. 54.

(2) Voir *Science et Vie* n° 896, p. 60.

(3) Voir *Science et Vie* n° 884, p. 54.

(4) Voir *Medecine/Sciences* de mars 1992, p. 249.

HAVANITOS



SELON LA LOI N° 91.32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES

PAR FRANÇOIS BOISSIER

DES TOXINES TRANSFORMÉES EN MÉDICAMENTS

Vaincue par le vaccin rendu obligatoire en France en 1945, la toxine diphtérique, découverte en 1888 à l'Institut Pasteur par Roux et Yersin, est sur le point de jouer un autre rôle : cette molécule ainsi qu'une autre toxine similaire produite par une bactérie *Pseudomonas*, capables de tuer n'importe quelle cellule humaine, pourraient, après modification, s'avérer de redoutables combattants dans la lutte contre le diabète, le cancer ou le sida.

Deux équipes françaises travaillent avec des toxines diphtériques "bricolées", dans le but de traiter le diabète insulino-dépendant et le sida, avec des résultats préliminaires encourageants dans le premier cas. La toxine diphtérique, principal responsable de la maladie du même nom, est une protéine que produit la bactérie *Corynebacterium diphtheriae* lorsqu'elle est infectée par un virus, le corynebactériophage β . Celui-ci insère son ADN – qui contient le gène de la toxine – dans celui de la bactérie, l'obligeant ainsi à produire la toxine. Machine destructrice particulièrement sophisti-

quée, cette toxine est d'une redoutable efficacité : une seule molécule suffit à détruire une cellule (*voir encadré ci-dessous*). De très petites quantités peuvent faire des ravages dans un organisme.

L'idée d'utiliser ce pouvoir destructeur à des fins thérapeutiques avait été émise dès 1910 par le biologiste Paul Ehrlich. Son idée consistait à orienter l'action de la toxine pour qu'elle tue certaines catégories de cellules, par exemple des cellules cancéreuses. De l'intuition à la réalisation, il n'y a qu'un pas... qu'on a mis plus de soixante-dix ans à franchir. Pratiquement, pour avoir un quelconque intérêt médical, une

COMMENT LA TOXINE DIPHTÉRIQUE

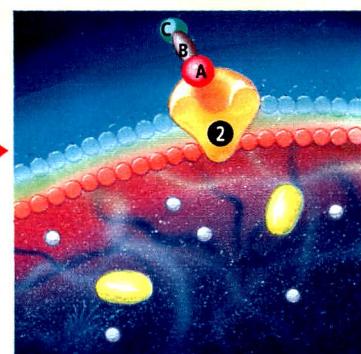
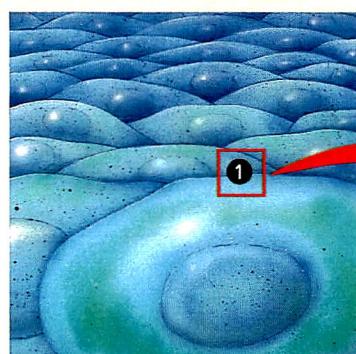
La toxine diphtérique est composée de trois parties distinctes : la région de fixation A, la région de translocation B et la région enzymatique C.

Lorsque la toxine arrive à proximité d'une cellule (1), elle se fixe à la surface de celle-ci en se liant à un récepteur membranaire (2). Cette liaison entraîne l'invagination de la membrane (3) qui forme une vésicule enfermant la toxine (4). Ce phénomène, également commun à de nombreuses hormones, est appelé endocytose. L'in-

terior de la vésicule devient alors acide, ce qui entraîne un changement de forme de

la partie B et l'éjection de la partie C hors de la vésicule (5). C'est le mécanisme de

la translocation. Libérée à l'intérieur de la cellule, cette enzyme qu'est la partie C va



toxine doit non seulement pouvoir reconnaître les cellules à détruire, mais ne s'intéresser qu'à elles, laissant les autres cellules de l'organisme en paix ; sinon le remède deviendrait pire que le mal. Pour doter les toxines de la spécificité requise, il faut modifier la région de la molécule intervenant dans la reconnaissance cellulaire ou, mieux encore, la changer. C'est ainsi qu'on a vu apparaître, dans différents laboratoires, une nouvelle classe de molécules, les hormonotoxines. Ce sont des protéines hybrides dans lesquelles la partie A de la toxine, la région de fixation, a été éliminée et remplacée par une hormone ou par une interleukine, molécule jouant, comme les hormones, le rôle de messagère, mais à l'usage exclusif du système immunitaire.

L'avantage des hormones et des interleukines est qu'elles ne se fixent que sur un très petit nombre de cellules de l'organisme, celles qui possèdent les récepteurs adéquats. Cela permet de circonscrire très précisément la cible cellulaire. L'hormonotoxine agit en trois temps, comme une toxine diphtérique classique : la partie hormonale se fixe sur le récepteur cellulaire, ce qui permet à la molécule de pénétrer complètement dans la cellule ; la partie B, dite de translocation, provoque l'éjection de la région enzymatique C ; celle-ci bloque finalement la synthèse des protéines cellulaires. On a ainsi construit une molécule possédant le pouvoir destructeur de la toxine et agissant de façon très sélective, selon l'hormone ou l'interleukine qu'elle comporte. Actuellement, la voie de recherche la plus avancée concerne le couplage des fragments B et C de la toxine à l'interleukine 2

(par commodité nous l'appellerons IL2-toxine). Pourquoi l'avoir choisie ? Parce que l'interleukine 2 joue un rôle central dans le contrôle de nombreuses réactions immunitaires, en provoquant notamment la prolifération, lors de l'attaque par un agent étranger, d'une catégorie de globules blancs, les lymphocytes T. Cellules clés de l'immunité, il arrive que ceux-ci se dérèglent et se retournent contre des cellules de l'organisme ; on parle alors de maladies auto-immunes.

Les lymphocytes T dérégulés du diabète sont une cible de choix. En effet, dans le cas du diabète de type I dit insulinodépendant, les lymphocytes T attaquent les cellules β du pancréas, celles qui produisent l'insuline. Dans ces conditions, se servir de l'IL2-toxine pour tuer les lymphocytes T destructrices du pancréas, comme l'a fait l'équipe de Jean-François Bach et Christian Boitard à l'hôpital Necker, paraît être un bon moyen d'arrêter l'évolution du diabète. Dans un premier temps, ces chercheurs avaient essayé une autre molécule, la cyclosporine, produit immunosuppresseur (qui annihile les défenses immunitaires) couramment utilisé dans les greffes d'organes pour éviter les rejets. La cyclosporine agissant sur les lymphocytes T, il était logique de l'essayer contre le diabète. Mais les résultats se sont révélés mitigés. Les effets bénéfiques de la cyclosporine sont lents à se manifester et ne sont généralement pas définitifs ; on observe des rechutes au bout d'un certain temps. La raison en est probablement le mode d'action de la molécule, qui empêche l'activation de nouveaux lymphocytes T, mais n'a pas d'effet sur ceux qui sont déjà activés. D'autre part, la cyclo-

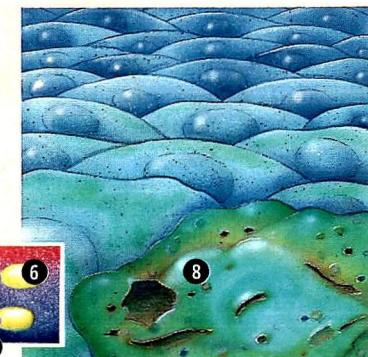
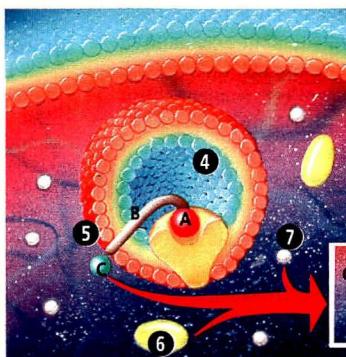
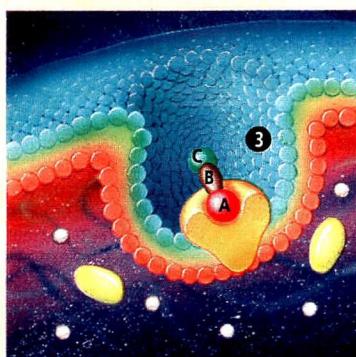
DÉTRUIT LA CELLULE

rencontrer le facteur d'elongation 2 dit EF-2 (6), impliqué dans la chaîne de fabri-

cation des protéines cellulaires ; elle lui accroche une petite molécule, l'adénosine

diphosphate, ou ADP (7). L'EF 2 voit alors son action bloquée. Tout le processus

de synthèse des protéines se trouve de ce fait stoppé et la cellule meurt (8).



sporine étant un immunodépresseur, elle ne peut être administrée pendant un temps indéfini, car elle provoque une déficience immunitaire dont pourraient profiter des agents pathogènes opportunistes. D'où la nécessité de l'associer à un autre produit qui agirait, lui, sur les lymphocytes T déjà activés.

Couplée avec l'IL2-toxine, la cyclosporine donne de meilleurs résultats. Utilisant l'IL2-toxine commercialisée par une société américaine, des chercheurs parisiens ont lancé, il y a plus d'un an, une étude préliminaire sur 18 patients⁽¹⁾. Dans un premier temps (une semaine), les malades ont reçu l'IL2-toxine pour "faire le ménage", c'est-à-dire détruire les lymphocytes activés qui s'attaquent au pancréas. Puis, après une période de surveillance de cinq semaines, ils ont fait une longue cure de cyclosporine à faible dose (5 mg/kg/jour, dose considérée comme non néphrotoxique) pour empêcher de nouvelles activations. Un an après, les résultats sont très encourageants : la maladie est en rémission partielle ou très avancée chez la plupart des patients, lesquels ont pu diminuer leurs doses d'insuline. Deux d'entre eux les ont même arrêtées (tout en restant sous contrôle médical). Ajoutons à ce bilan positif que, aux faibles doses auxquelles est injectée l'IL2-toxine, elle ne provoque aucun autre effet secondaire qu'une légère fièvre (qui passe avec un simple Doliprane). Elle n'est donc absolument pas nocive pour l'organisme. Quant aux risques d'infection opportuniste ou de cancer liés au pouvoir immunosupresseur de la cyclosporine, un recul de plusieurs années permet de dire qu'à la dose prescrite dans le cas du diabète aucun effet secondaire n'a jamais été observé.

Dire que l'on a trouvé le remède contre le diabète serait tout de même prématré, compte tenu du petit échantillon de patients ainsi traités. Il est particulièrement important de noter que ce n'était qu'un essai clinique des phases 1 et 2, visant à évaluer la tolérance du produit par l'organisme et à définir ses effets positifs⁽²⁾. Les résultats de cette étude, une première mondiale, vont bientôt être suivis par un essai multicentrique de phase 3 – incluant une centaine ou plus de diabétiques dans plusieurs hôpitaux⁽³⁾ – qui seul pourra dire si ce traitement est vraiment efficace. Selon Christian Boitard, l'association IL2-toxine-cyclosporine semble prometteuse pour le traitement des diabètes précoces, détectés le plus tôt possible. Il serait en revanche inefficace vis-à-vis des diabètes plus tardifs, car, quand le principal symptôme – l'élévation de la glycémie – se manifeste, 80 % des cellules sécrétrices d'insuline sont déjà détruites. Il faut donc agir rapidement. C'est pourquoi un tel traitement ne pourra être appliqué qu'en association avec des méthodes de dépistage permettant de détecter les futurs

diabétiques et de les traiter avant même l'apparition de la maladie. Soigner le diabète nécessite des médicaments efficaces, mais c'est aussi une course contre la montre avec la maladie.

L'intérêt de l'IL2-toxine ne se limite pas au diabète. Elle pourrait servir contre d'autres maladies auto-immunes, comme la polyarthrite rhumatoïde, ou des cancers dont les cellules possèdent les récepteurs de l'IL2 (le lymphome T, par exemple, cancer des lymphocytes T). Là aussi, les premiers essais cliniques sont en cours. Quelques autres hormonotoxines ont été construites en substituant au fragment A de la toxine d'autres interleukines ou des facteurs de croissance, comme l'α-MSH (*Melanocyte Stimulating Factor*), capable de détruire les cellules des cancers de la peau ou mélanomes. Bien qu'encourageantes, les études dans ce domaine n'en sont pas encore aux essais sur l'homme.

Le principe de toxine ciblée, une nouvelle voie dans la lutte contre le sida ? Ici, on ne peut plus véritablement parler d'hormonotoxine, car ce n'est pas une hormone que les laboratoires de Patrice Boquet, à l'Institut Pasteur, et ceux de Ira Pastan, à Bethesda dans le Maryland, ont choisi d'ajouter aux toxines de la diphthérie ou de *Pseudomonas*⁽⁴⁾, mais la molécule CD4. Celle-ci caractérise les récepteurs situés à la surface des cellules sujettes à l'infection virale. Ils ont utilisé la capacité d'une protéine du virus VIH, la gp 120, à se lier avec la molécule CD4⁽⁵⁾. La gp 120 permet normalement au virus de se fixer sur ses cibles. Cette fois-ci, c'est la gp 120 qui a été prise pour cible. En effet, lorsqu'un virus est en train de se répliquer dans un lymphocyte T4 ou un macrophage infecté, celui-ci arbore à sa surface la molécule gp 120. Les deux laboratoires ont fabriqué une chimère formée d'une toxine et d'un morceau de CD4 : ce dernier a pour rôle de reconnaître les cellules cibles, porteuses de gp 120, et la toxine, de les tuer, éliminant du même coup le virus se trouvant à l'intérieur.

(1) Ses résultats ont été présentés au Congrès de diabétologie européen, qui a eu lieu du 7 au 11 septembre 1992 à Prague.

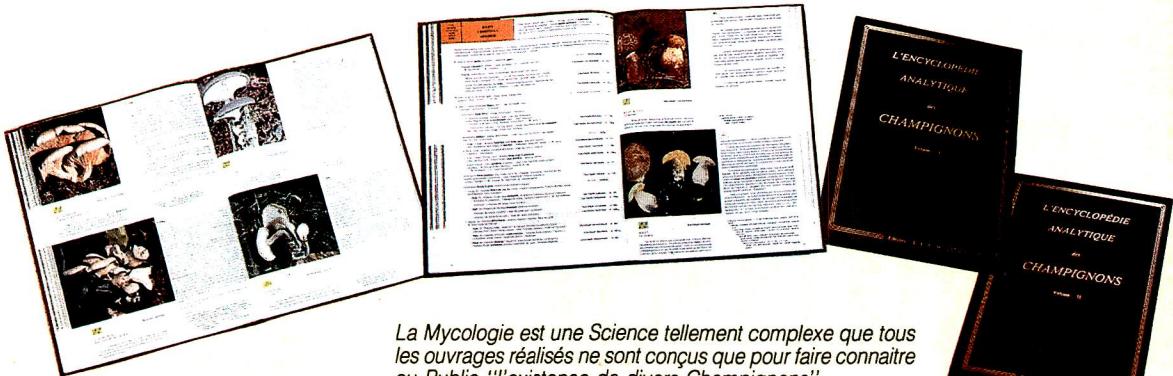
(2) L'évaluation clinique d'un médicament s'effectue en 4 phases :

- phase 1 : étude de la tolérance de l'organisme ;
- phase 2 : évaluation des effets et des possibilités d'utilisation ;
- phase 3 : la plus importante ; étude de l'efficacité du produit et comparaison avec des médicaments déjà existants, s'il y en a ;
- phase 4 : suivi du médicament après la mise sur le marché.

(3) Cette étude a débuté fin février 1992 et concerne, outre le laboratoire de l'hôpital Necker, des équipes des hôpitaux Bichat (Dr R. Assans), Lariboisière (J. Lubetzki), J. Verdier (J.-P. Attali), d'Amiens (X. Debussche), de Compiègne (E. Kaloustian), de Poissy (M.-L. Anclaux), de Rennes (H. Allanic) et de Lyon (J. Orgaïzzi).

(4) La toxine produite par la bactérie *Pseudomonas aeruginosa*, responsable d'infections occasionnées par des blessures ou des brûlures, est proche de la toxine diphthérique.

(5) Voir *Science & Vie Hors Série* n° 179.



La Mycologie est une Science tellement complexe que tous les ouvrages réalisés ne sont conçus que pour faire connaître au Public "l'existence de divers Champignons".

Car pour "les reconnaître, les identifier" parmi les 1600 espèces les plus répandues faut y avoir consacré au moins 20 ans de sa vie !

L'ENCYCLOPÉDIE ANALYTIQUE des CHAMPIGNONS

Un énorme travail de Jacques MONTEGUT qui vous donne **une chance** sérieuse, **sans être Mycologue** de reconnaître les Champignons parmi 1600 espèces car il les a analysés sur le plan de leurs **caractères morphologiques** et ensuite classés en fonction de la présence ou de l'absence de ces caractères. Répartis dans 7 grands groupes empiriquement constitués, 205 INTERCALAIRES portent les analyses de 2350 Espèces dont **1600** parmi les plus répandues sont présentées, en sus avec **photos couleurs, descriptifs complémentaires, sigles et mots-clés**.

En **1114 pages** ; format : **H. 32,5 x 24,5 cm, 4,8 kg** en **2 Volumes**, couverture en dur et dorure à chaud.

Prix **1 800 F** TTC et franco, **disponible**,

l'envoi est effectué en Colissimo recommandé R3

La **Cassette Vidéo** VHS de 3 heures, commentée par J. Montégut passe en revue les caractères qui ont une importance sur un champignon.

La recherche s'effectue à partir de **7 groupes** empiriquement constitués et représentés chacun par une couleur distincte sur la gauche des Onglets (= les 3 cm du haut) de leurs INTERCALAIRES (= les porteurs de toutes les analyses).

- ① **Formes diverses** : masses, coupes, doigts gélatineux, éponge avec pied, forme de selle avec pied, buisson gélatineux ; et formes diverses, **selon croquis**.
 - ② Chapeau et pied et **sous le chapeau des aiguilles**
 - ③ **Durs comme du bois** à l'âge adulte ; consoles au pied des arbres
 - ④ chapeau et pied et **sous le chapeau des tubes** terminés par des pores ; bolets, suillus, etc...
 - ⑤ chapeau et pied et **sous le chapeau des lames** 6 petits
- groupes reconnaissables au premier coup d'œil (Chanterelles, Hygrophores, Russules, Lactaires, Pleurotoides, Bolets lamellés) et on vous indique bien sûr comment les reconnaître
- ⑥ chapeau et pied et **sous le chapeau des lames** ; 46 groupes d'analyses ; aucun de ces 5 caractères : *cortine, armille, anneau, volve, bulbe marginé*
 - ⑦ chapeau et pied et **sous le chapeau des lames** ; avec **1 ou 2 caractères** parmi les 5 indiqués ci-dessus.

- a) Après avoir défini dans lequel des 7 groupes indiqués ci-dessus, doit se trouver le champignon examiné, la recherche d'identification s'effectue en 2 autres étapes : b et c.
- b) Il faut rechercher l'Intercalaire dont l'onglet indique des caractères que possède également le champignon que vous examinez.
- c) Il faut ensuite trouver, sur ce même Intercalaire, ou sur la ou les "suites" qu'il peut avoir, les autres caractères du champignon examiné, et seront alors inscrits le nom de Genre, d'Espèce, et le numéro que porte l'espèce dans l'Encyclopédie.

BON DE COMMANDE à renvoyer à : S.E.C.N - BP 39 - 78630 ORGEVAL - Tél. : (1) 39.75.51.51

NOM : PRENOM :

Règlement échelonné pour l'ENCYCLOPÉDIE + Cassette Vidéo

ADRESSE :

Ci-joint mon chèque d'acompte de Fr. **600**

CODE POSTAL VILLE :

et ci-joint mon RIB ou RIP

Je désire payer le solde en :

REGLEMENT : Ci-joint mon chèque de Fr.

3 prélèvements de Fr. **480** (agios de 60 F).

CASSETTE VIDEO, 3 heures, VHS "Connaissance des Champignons" achetée avec l'Encyclopédie Prix **180 F**

ou 6 prélèvements de Fr. **250** (agios de 120 F).

CASSETTE VIDÉO achetée seule Prix **427 F**

Livraison de l'ENCYCLOPÉDIE en "Colissimo" R3

REGLEMENT : Ci-joint mon chèque de Fr.

Date :

Signature

Je désire d'abord recevoir votre **Documentation-Présentation** (140 g) : (7 documents représentatifs, extraits de l'ENCYCLOPÉDIE ANALYTIQUE Intercalaires, planches, croquis, index, glossaire).

Ci-joint mon chèque de Fr. **35**, que je déduirai de mon achat éventuel de l'ENCYCLOPÉDIE ANALYTIQUE DES CHAMPIGNONS.

PAR MARIE-FRANÇOISE LANTIERI

ÉLECTROCHOC SUR LE CANCER

Une équipe de chercheurs de Villejuif a réussi à éliminer des tumeurs humaines en couplant chimiothérapie et électrochoc localisé. En laboratoire, l'efficacité de la drogue utilisée s'accroît d'un facteur 650 000 ! Un événement qui pourrait modifier considérablement la thérapie anticancéreuse des prochaines décennies.

Luis Mir n'est pas cancérologue. Lorsque, au début des années quatre-vingts, ce chercheur s'intéresse aux effets des électrochocs sur les cellules, il est probablement loin d'imaginer que son nom sera, quelques années plus tard, associé à un traitement audacieux de certaines tumeurs humaines. A l'époque, Mir vise essentiellement le perfectionnement de la méthode. Car le procédé existe depuis longtemps ; depuis 1972 plus exactement, date à laquelle un chercheur allemand du nom de E. Neumann, du Max Planck Institut de Munich, révéla qu'en soumettant des cellules à un bref champ électrique on augmente leur perméabilité jusqu'à les transformer en véritables passoires. Cet état d'égarement passé, la membrane cellulaire recouvre tout son hermétisme habituel. Il y a malgré tout un hic : au cours du traitement, les cellules en prennent un sérieux coup et, la plupart du temps, elles meurent très rapidement.

C'est cette mort assurée que tente d'esquiver L. Mir. Comment ? En modifiant la "forme" de l'impulsion électrique, c'est-à-dire en substituant à un courant très fort puis rapidement décroissant, un électrochoc doux : une brève impulsion d'intensité modérée mais constante, ce que l'on nomme une impulsion carrée.

Et ça marche ! Après un tel traitement, non seulement les cellules se transforment momentanément en passoire, mais leur croissance n'en est pas pour autant altérée⁽¹⁾. Un succès qui incite tout naturellement L. Mir à tester son procédé sur divers systèmes biologiques. Ainsi tente-t-il de



1 N'entre pas qui veut dans la cellule, c'est la membrane externe qui en décide. Or, justement, la bléomycine, un médicament anticancéreux, est normalement refoulée par ce barrage naturel.

(1) L. Mir et al., CRASS (Compte rendu de l'Académie des sciences), tome 313, série 3, p. 612. Paris, 1991. Les mécanismes responsables de cette éphémère perméabilité ne sont pas encore élucidés.

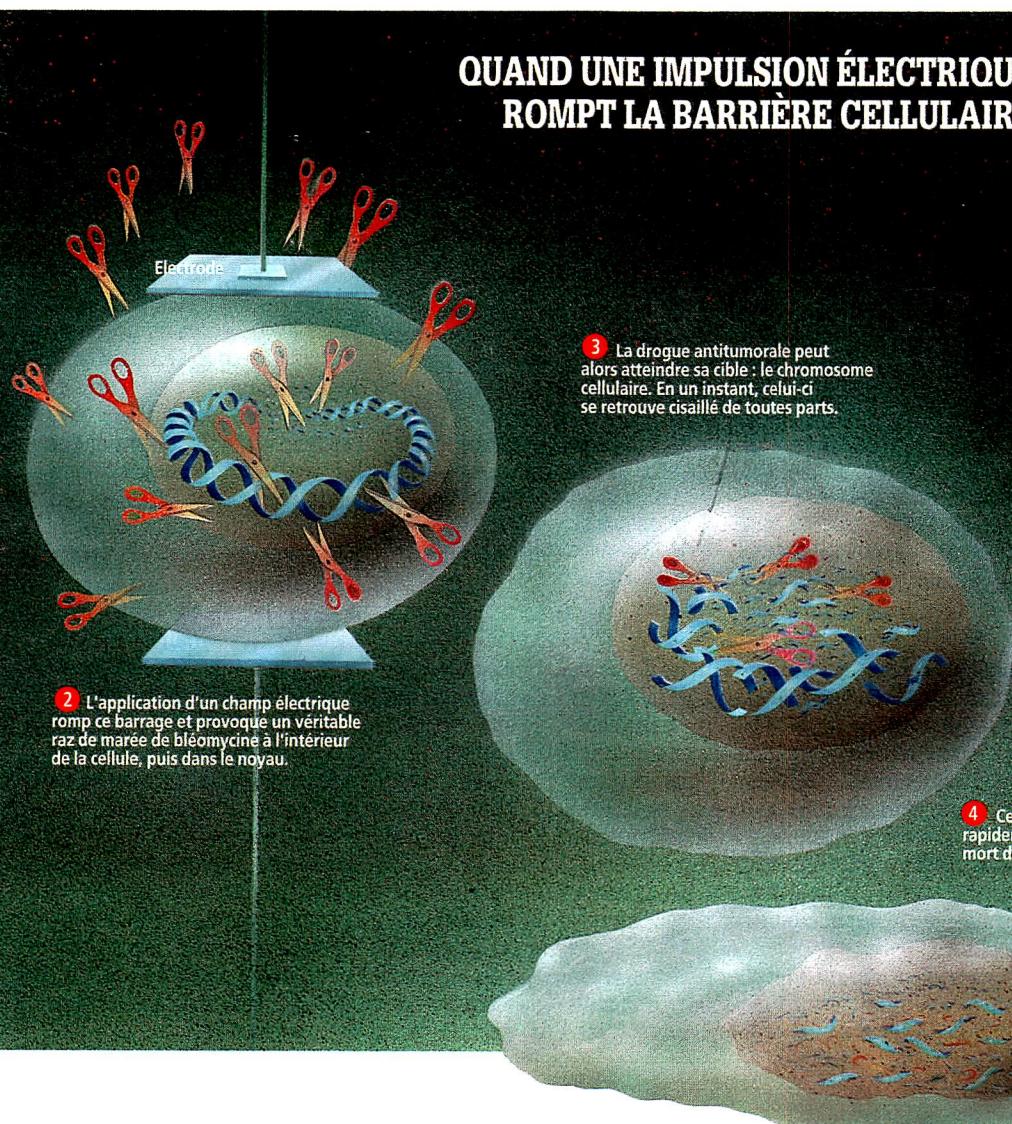
faire pénétrer toutes sortes de substances à l'intérieur des cellules : des nucléotides, des drogues antitumorales et même des anticorps.

Parmi la multitude de molécules testées, il y en eut une qui se distingua très nettement, une dont l'effet fut fulgurant. Il s'agit d'une drogue antitumorale nommée bléomycine. L'enthousiasme des chercheurs aurait pu retomber car cet anticancéreux intervient rarement dans les traitements en raison de sa faible efficacité : habituellement, cette drogue reste prisonnière à l'intérieur de petites vacuoles et ne peut donc exercer son effet dévastateur sur le matériel génétique. L'avenir leur aurait donné tort : l'impulsion carrée "délivre" la bléomycine et provoque un véritable raz de marée de cette substance dans les cellules en culture.

Après ce traitement, le pouvoir de la drogue s'accroît... D'un facteur 100 ? D'un facteur 10 000 ? Non, c'est une sensibilité 650 000 fois accrue que l'on observe ! Un chiffre qui se passe de commentaires. Et les cellules meurent par paquets. On assiste à une véritable hécatombe. En revanche, dans le lot témoin - celui dans lequel l'addition de bléomycine n'a pas été suivie d'un électrochoc -, les cellules se portent comme un charme.

Ce que ces expériences, effectuées dans le laboratoire du professeur Paoletti à Villejuif, viennent de démontrer, c'est bien sûr l'efficacité du traitement électrique, mais aussi la toxicité de la bléomycine. Celle que l'on croyait modérément offensive se révèle redoutable pour peu qu'elle accède au milieu intracellulaire. La bléomycine y effec-

QUAND UNE IMPULSION ÉLECTRIQUE ROMPT LA BARRIÈRE CELLULAIRE



tue un véritable travail de sabotage en tailladant les chromosomes. Quelques centaines de molécules suffisent pour tuer une cellule. L'électrochimiothérapie vient ainsi de propulser la bléomycine au premier rang des anticancéreux.

Forts de cette certitude, les chercheurs français ont entrepris le long chemin semé d'embûches qui mène de la découverte d'une substance et/ou d'un procédé à sa mise sur le marché. Premier passage obligé : l'essai *in vivo* sur l'animal. De malheureuses souris, porteuses de tumeurs sous-cutanées (dont plusieurs tumeurs mammaires spontanées) ont été traitées par l'injection intramusculaire ou intraveineuse de bléomycine suivie d'un électrochoc. En fait d'électrochoc, il s'agit d'un champ électrique appliqué au niveau du nodule tumoral.

Comment circonscrire l'impulsion aux seules

ces questions qu'a vocation de répondre l'essai de phase I. Pour l'entreprendre, on a choisi des patients "au-delà de toute ressource thérapeutique", c'est-à-dire en phase terminale.

Sept malades présentant des métastases cutanées au niveau du cou, de la tête et du thorax – des nodules de perméation provenant de tumeurs primitives des voies aéro-digestives supérieures – ont été traités par électrochimiothérapie. Pour chaque nodule, l'expérience a consisté en une série de quatre ou huit impulsions électriques transcutanées (1 300 V/cm pendant cent microsecondes), ceci trois minutes et demie après l'injection d'une dose de bléomycine dix fois inférieure à celle que l'on administre habituellement. Les électrodes, placées de part et d'autre du nodule, étaient constituées de deux lames d'acier larges de 1 centimètre, épaisses de 0,6 millimètre et distantes de six millimètres.

Alors que les chercheurs craignaient des brûlures cutanées importantes, aucun effet secondaire n'a été rapporté, si ce n'est quelques contractions musculaires locales indolores et une brève impression de choc au niveau de la zone traitée.

L'électrochimiothérapie a donc passé avec succès sa première véritable épreuve. D'autant plus que le traitement s'est d'ores et déjà révélé aussi efficace chez l'homme que chez la souris. Sur les trente-quatre nodules ayant subi l'électrochoc, dix-sept ont bel et bien disparu. Certes, le traitement des nodules de grosse taille s'avère plus complexe ; il faut, en effet, que le champ électrique englobe parfaitement la tu-

meur, car une seule cellule tumorale oubliée signifie une récidive assurée. C'est sur ce problème que travaille actuellement l'équipe de Villejuif, avant de passer aux essais de phase II. Le rôle de ces essais est de préciser quelles sont les tumeurs humaines concernées par ce traitement ainsi que le mode d'administration le plus efficace.

On peut dès maintenant prédire que les cancérologues ne s'arrêteront pas aux seuls cancers superficiels. En effet, les modalités du traitement autorisent son application aux tumeurs profondes. Il suffit pour cela d'accéder au nodule malin ; avec l'endoscopie ou même la chirurgie c'est chose tout à fait possible.

L'ÉLECTROPERMÉABILISATION

Après un choc électrique, la cellule devient un véritable moulin. On y entre et on en sort sans contrainte. Les scientifiques ont bien sûr eu l'idée de tirer profit de cette observation pour établir, à l'intérieur du tube à essai, un système de libre-échange, éphémère certes mais savamment contrôlé. La paroi, gardienne de l'intégrité cellulaire n'est-elle pas, pour les chercheurs, l'obstacle majeur à la pénétration de substances aussi intéressantes pour leurs travaux que des anticorps, des médicaments ou des gènes étrangers ?

C'est justement dans la création

de ces chimères chères des scientifiques que l'électroperméabilisation a pris toute son ampleur. En 1985, ce procédé occupe la première place des techniques de "transformation", un phénomène visant la fabrication de mutants par l'introduction, à l'intérieur de la cellule, puis au sein des chromosomes, de différents gènes étrangers.

Actuellement, la principale application de l'électroperméabilisation reste toujours la transformation cellulaire. Gageons que l'électrochimiothérapie lui ravira bientôt la place.

cellules cancéreuses ? En disposant les deux électrodes de part et d'autre du tissu ciblé. Là encore, les résultats frisent le spectaculaire : on ne déplore aucun effet secondaire. Mais, surtout, 100 % des animaux traités voient leurs tumeurs régresser totalement ! Quatre mois plus tard, 60 % d'entre eux vivent encore, au lieu du sinistre bilan habituellement observé avec de telles affections.

L. Mir et ses collaborateurs sont donc passés à l'homme, en réalisant ce que l'on appelle un essai de phase I.

Quels effets observe-t-on chez l'homme, secondairement au traitement ? Quel mode d'administration l'organisme tolère-t-il le mieux ? C'est à

ETUDES SECONDAIRES 1^{ER} CYCLE

- Classe de 6e ■ Classe de 5e ■ Classe de 4e ■ Classe de 3e ■ Brevet des collèges.
- Secondes ■ Premières A.B.S. ■ Première G, enseignements communs et optionnels ■ Premières F1, F8 ■ Premières d'adaptation ■ Terminale A.B.C.D.E. ■ Terminales G1, G2, G3. ■ Terminales F2, F3, F8. ■ Programme annuel pour toutes les matières.

CAPACITE EN DROIT

- 1^{re} et 2^e années - Accessible sans le baccalauréat. Nombreux débouchés. Accès concours administratifs.

ETUDES SUPERIEURES

- Admission des non-bacheliers.
- DROIT** : ■ Capacité en droit ■ DEUG de droit ■ DEUG sciences économiques ■ Institut d'études politiques.
- SCIENCES** : ■ DEUG sections A et B ■ P.C.E.M. ■ 1^{re} année de pharmacie ■ Math sup. Mat spé. ■ Entrée écoles vétérinaires

CARRIERES SOCIALES ET PARAMEDICALES

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

FONCTIONNAIRE

- Secrétaire comptable à la Banque de France ■ Contrôleur des impôts ■ Rédacteur de mairie ■ Adjoint administratif ■ Rédacteur Banque de France ■ Agent recouvrement du trésor ■ Contrôleur du trésor ■ Inspecteur des impôts.
- P.T.T.** : ■ Préposé ■ Agent d'exploitation ■ Contrôleur ■ Inspecteur.
- POLICE** : ■ Gardien de la paix ■ Enquêteur ■ Commis ■ Inspecteur ■ Secrétaire administratif.

Possibilité de bénéficier des dispositions sur la formation continue.

ETUDES METIERS AVENIR



Apprenez efficacement
à votre rythme
par correspondance
avec

L'ECOLE UNIVERSELLE

COMPTABILITE - BANQUE

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

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

TOURISME - HOTELLERIE

- B.T.S. tourisme-loisirs ■ Hôtesse de tourisme ■ Hôtesse ■ Directeur gérant d'hôtel ■ Maître d'hôtel ■ Secrétaire réceptionniste ■ Gestion hôtelière. ■ Restauration collective.

COMMERCE - DISTRIBUTION

- B.T.S. action commerciale ■ B.T.S. commerce international ■ Bac G3
- Entrée écoles supérieures de commerce ■ Ingénieur commercial
- Représentant ■ Vendeur ■ Responsable export ■ Inspecteur des ventes.

DECORATION

- Décorateur d'intérieurs et d'ameublement ■ Assistant décorateur ■ Décorateur designer ■ Antiquaire ■ Cours universel de décoration ■ Histoire de l'art ■ Histoire des styles.

MODE - COUTURE

- C.A.P. couture universel de coupe
- Styliste de mode ■ Dessinateur de figurines de mode ■ Cours complet de couture.

SECRETARIAT BUREAUTIQUE

- C.A.P. ■ B.E.P. ■ B.P. ■ Bac pro option secrétariat et gestion administrative
- B.P. bureautique option assistance bureautique et organisation administration ■ Bac G1 ■ B.T.S. bureautique et secrétariat ■ Secrétaire de direction
- Secrétaire bureautique ■ Secrétaire trilingue ■ Secrétaire commerciale ■ Secrétaire médicale ■ Secrétaire informatique ■ Secrétaire juridique ■ Secrétaire comptable ■ Secrétaire sténodactylo ■ Dactylo comptable ■ Cours de sténographie et dactylo.

INFORMATIQUE

- B.T.S. informatique ■ Analyste programmeur ■ Programmeur de gestion
- Opératrice traitement de textes ■ Comptable sur informatique ■ Opératrice de saisie ■ Initiation à l'informatique ■ Pratique du micro-ordinateur.

LANGUES ETRANGERES

- Cours universel d'anglais avec cassettes ■ Allemand, Espagnol, Italien avec cassettes ■ Américain ■ Russe ■ Arabe ■ Anglais commercial ■ Allemand commercial ■ Anglais touristique ■ Interprète ■ Traducteur commercial.
- Langue** : diplômes officiels ■ First certificate in English ■ Certificate of proficiency of Cambridge ■ Chambre de commerce britannique : diplôme des affaires, examen supérieur ■ Chambre de commerce franco-allemande ■ Chambre de commerce espagnole.

COURS DE FRANCAIS

- Orthographe ■ Rédaction ■ Orthographe sur cassettes ■ Le Français notre langue ■ Résumé de texte ■ Synthèse ■ Analyse ■ Commentaire ■ Cours pratique et universel de philosophie ■ Rédaction administrative.

DESSIN PEINTURE

- Cours élémentaire de dessin ■ Cours pratique de dessin et peinture ■ Cours universel de dessin et peinture ■ Dessinateur de publicité.

INSCRIPTION
A TOUT MOMENT
DE L'ANNEE

Bon pour une documentation gratuite :

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

M. Mme Melle

NOM Prénom

Adresse : N° Rue

Code postal Ville

Tél.

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

Age Niveau d'étude Diplômes obtenus

Profession exercée (si vous êtes en activité):

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

Quelle formation avez-vous choisie ?

USV/03



Institution d'Enseignement Privé par Correspondance
sous le contrôle du Ministère de l'Education Nationale
63, Boulevard Exelmans - 75208 PARIS Cedex 16

Adresssez-nous ce Bon dès aujourd'hui à l'ÉCOLE UNIVERSELLE
63, Boulevard Exelmans - 75208 PARIS Cedex 16 - Tél. (1) 47.73.01.84

PAR JACQUES HAPPA

SIDA : LE VIRUS TRAHI PAR SA SIGNATURE

En Floride, un dentiste malade du sida aurait transmis le virus à huit de ses patients. Un procès est ouvert : des preuves formelles d'une transmission aussi surprenante sont indispensables. C'est la variabilité génétique, qui donne à chaque virus des caractères uniques, qui a fourni la solution du problème : la signature génétique du virus du dentiste a été retrouvée chez cinq patients. Les trois autres, contaminés autrement, ne seront pas indemnisés. Une enquête étrange où, une fois de plus, le débat scientifique a lieu devant les tribunaux. Son enjeu : comprendre comment se transmet le virus du sida, pour améliorer la prévention.

L'affaire éclate en Floride dans le courant de l'été 1990, lorsque le Center for Diseases Control (CDC), l'organisme responsable de la surveillance épidémiologique aux Etats-Unis, rapporte une observation *a priori* invraisemblable : une jeune femme, du nom de Kimberley Bergalis, est infectée par le virus du sida. Or, elle n'a aucune activité sexuelle, n'a reçu aucune transfusion sanguine, ni autre injection intraveineuse et même pas la moindre "piqûre" (acupuncture, tatouage ou insémination artificielle). Un seul élément de risque est retrouvé en examinant en détail son histoire personnelle : l'extraction de deux molaires par le dentiste David Acer, pour lequel le sida a été diagnostiqué trois mois auparavant, au vu d'une lésion buccale due à un sarcome de Kaposi. Kimberley Bergalis émeut l'Amérique toute entière par ses déclarations devant le Congrès, peu avant de mourir.

Les chercheurs du CDC avaient isolé le virus de la jeune femme à partir d'une prise de sang. Ils avaient ensuite analysé ses séquences génétiques afin de les comparer à celles du virus prélevé dans le sang du dentiste avant sa mort (¹). Ces séquences n'étaient pas totalement identiques. Cependant, elles étaient plus proches l'une de l'autre que de n'importe quelle autre souche de VIH jamais étudiée en Amérique du Nord. C'était la première fois que le CDC décrivait la possibilité d'une transmission du virus VIH d'un membre du personnel médical à son patient. Il

n'existe pas cependant d'explication très claire sur les circonstances exactes de cette transmission. L'affaire n'allait pas en rester là.

Juste avant sa mort, fin août 1990, le dentiste avait écrit à tous ses patients pour les informer qu'il était atteint du sida et qu'il pouvait les avoir contaminés accidentellement. Sur six cents personnes qui se présentèrent initialement pour le dépistage, deux se révélèrent séropositifs. La première était Barbara Webb, une femme âgée qui n'avait aucun facteur de risque du sida, tout comme Kimberley Bergalis. L'autre patient était Richard Driskill, un agriculteur de trente et un ans qui, d'après le CDC, avait de nombreux partenaires. Cette affirmation fut ensuite démentie ; il n'existe en fait aucune preuve que Driskill avait eu un comportement sexuel "à risques".

Ces trois patients reçurent un million de dollars d'indemnités de l'assurance professionnelle du dentiste. En revanche, seules Webb et Bergalis furent indemnisées par le centre de soins dentaires qui utilisait les services d'Acer. Ce centre refusa de faire de même pour Driskill, s'appuyant pour cela sur la possibilité d'une contamination sans lien avec les soins dentaires. Ce dernier en appela donc aux tribunaux.

Dans un article de sa revue *Morbidity and Mortality Weekly Report*, parue en juin 1991, le CDC avait rapporté l'analyse qu'il avait faite des virus des trois patients, et leur comparaison avec celui du dentiste et ceux de huit personnes séropositives qui ne fré-





La contamination par des instruments ?

Elle peut survenir lors de soins entraînant des saignements, comme une extraction dentaire, en cas d'erreur pendant les manœuvres de désinfection pratiquées après chaque patient. Certains professionnels utilisent des instruments jetables à usage unique.

quentaient pas le cabinet dentaire. Ces derniers servant à évaluer le taux de différence génétique existant entre deux virus prélevés dans la même région, mais entre lesquels n'existaient pas de lien de transmission directe. La comparaison des virus infectant les trois patients et le dentiste montrait qu'ils étaient très similaires entre eux, et différents des autres virus prélevés dans la même région.

Ces résultats alimentèrent de violents débats : juridiques, bien sûr, entre les avocats de Driskill et ceux du centre dentaire, mais aussi scientifiques, entre les chercheurs choisis comme experts par chaque camp. L'interaction des débats juridiques et scientifiques aboutit à des situations bien particulières. Par exemple, du fait des règles de libre accès aux dossiers, les équipes de chercheurs pouvaient être au courant des moindres détails des résultats obtenus dans les laboratoires concurrents. Dans ce cas, le risque existe qu'une équipe peu scrupuleuse, notamment du fait des intérêts financiers en jeu, s'empare du travail avant que ceux qui l'ont réalisé n'aient eu la moindre chance de le publier.

Chaque détail de l'instruction était discuté. Par exemple, un des scientifiques jouant le rôle de conseiller auprès du centre de soins dentaires, Stanley H. Weiss, directeur de la division des maladies infectieuses et d'épidémiologie de l'école médicale du New Jersey, fit remarquer que le CDC avait manqué de rigueur dans l'examen des preuves physiques au cours de l'analyse initiale de l'infection de Kimberley Bergalis : aucun examen gynécologique n'avait été pratiqué pour vérifier ses dires sur l'impossibilité d'une transmission sexuelle (par la recherche de signes, par exemple des infections vénériennes antérieures, contredisant qu'elle fût vierge). D'autre part, il estimait que les comparaisons, effectuées entre les virus de séropositifs de la région et ceux du dentiste et de ses patients, étaient insuffisantes pour qu'on puisse affirmer qu'on n'avait jamais trouvé ces derniers ailleurs en Floride du Sud : « Le CDC, déclara Weiss, utilise une technique tout à fait nouvelle et sa mise en application pratique nécessite un grand nombre de contrôles. » On peut alors se demander sur combien de virus aurait dû porter l'étude pour que soit établi avec certitude que le dentis-

te avait infecté ses patients ? En matière d'épidémiologie et d'analyse des modes de transmission, la certitude n'existe pas : les interprétations sont probabilistes et s'appuient sur les statistiques. Quelle correspondance faudra-t-il établir entre la notion de « significativité statistique » et celle de « doute juridique » ? De plus, notre sens commun déteste les statistiques : nous nous moquons de savoir que la transmission du virus par la salive, par exemple, est extrêmement improbable. Ce qui nous préoccupe surtout, c'est de savoir si elle est absolument impossible. Or, l'épidémiologie ne peut affirmer cette impossibilité absolue. Ce type de lacune laisse le champ libre à des craintes et à des comportements irrationnels, comme « Si la salive peut contaminer, ça sert à quoi de mettre un préservatif ? » Ces attitudes extrémistes et obscurantistes compliquent terriblement la mise en place de vraies stratégies de prévention en matière de sida.

Aujourd'hui, l'affaire du cabinet dentaire a pris

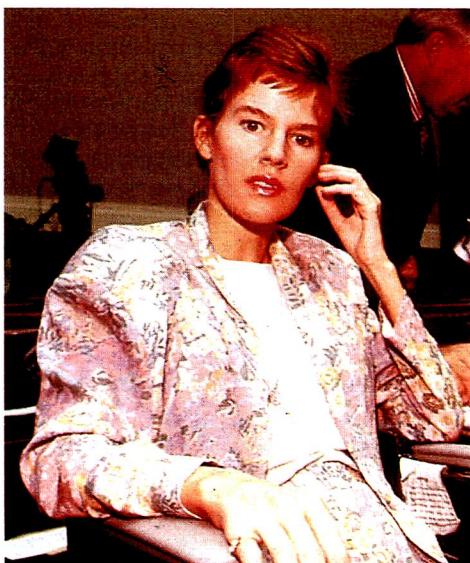
(1) Grâce à la technique de biologie moléculaire connue sous le nom de réaction de polymérisation en chaîne, ou PCR. Voir *Science & Vie* n° 869, p. 39, et n° 893, p. 32.

une autre dimension. Ce n'est plus deux ou trois accidents survenus dans le cabinet dentaire que l'on déplore : au total, huit patients du dentiste ont été trouvés séropositifs. Les premiers, nous l'avons vu, avaient été découverts lors des tests systématiques effectués à la suite de l'annonce publique faite par le dentiste. Un autre cas fut découvert par le Département de la santé en comparant une liste des patients du dentiste avec la liste des cas de sida survenus en Floride. Deux autres de ses patients contactèrent eux-mêmes le CDC pour annoncer qu'ils étaient infectés par le VIH. Un ancien partenaire sexuel d'une des patientes infectées et qui avait été soigné par le même dentiste s'est aussi présenté. Plus récemment, un huitième patient a été identifié par le CDC.

Au total donc, trois femmes et cinq hommes sont touchés. Pour trois d'entre eux seulement, d'autres facteurs de risque liés à leur vie sexuelle ont été identifiés. L'évaluation de ces risques "extérieurs" fut précisée lors de discussions avec les sujets, leurs familles, et le personnel soignant, lors d'examens détaillés des dossiers médicaux et dentaires, et par le test de séropositivité VIH effectué chez les partenaires sexuels des personnes touchées. En dehors de ces trois patients à risques, les cinq autres nient également l'utilisation de drogues par voie intraveineuse et n'avaient jamais reçu de transfusion de sang ou de dérivés sanguins. Le diagnostic de séropositivité du dentiste fut effectué fin 1986. En septembre 1987, il fut atteint du sarcome de Kaposi. Cependant, son état de santé lui permit de continuer à

Elle porta l'affaire au grand jour

Peu de temps avant de mourir du sida, Kimberley Bergalis émut l'Amérique par ses déclarations devant le Congrès.

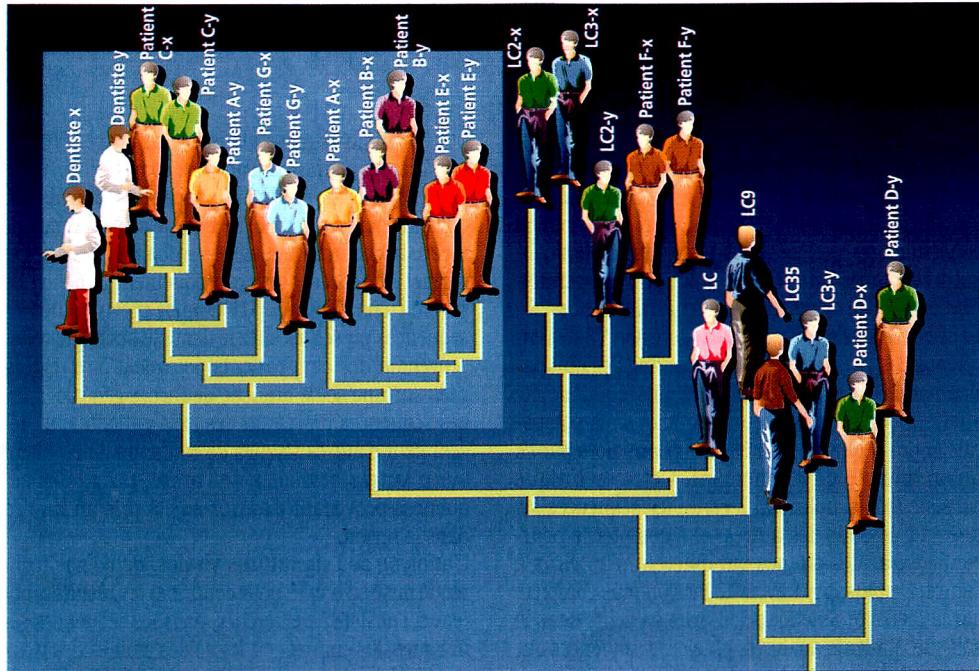


exercer son métier pendant environ deux ans. Pendant cette période, chacun des cinq patients qui révélèrent ne pas présenter d'autres facteurs de risques de l'infection VIH effectua des visites multiples au cabinet dentaire pour y recevoir des soins dits "invasifs" comme des extractions dentaires. Richard Driskill s'est plaint maintes fois que son dentiste, se sachant porteur du virus du sida, avait quand même décidé de «prendre le pari qu'il pourrait continuer à pratiquer les soins dentaires pour gagner sa vie». Cependant, étant donné nos connaissances sur la transmission du VIH, ce pari n'était pas bien risqué : même s'il existait quelques cas établis de transmission à partir des patients vers le personnel médical, notamment les infirmières (à l'occasion de piqûres accidentelles avec des aiguilles contaminées, par exemple) il n'y avait jusqu'alors aucun cas connu de transmission du personnel soignant vers le patient.

C'est en grande partie pour cela que, malgré les émouvantes déclarations de Kimberley Bergalis au Congrès, le CDC refusa de recommander le test systématique chez le personnel soignant. En fait, avec des millions de dollars à la clef, le procès risque surtout de s'enliser dans des querelles scientifiques hautement spécialisées, concernant par exemple l'évolution des séquences génétiques du virus du sida. Le jury du tribunal, formé de non scientifiques, peut avoir à rendre son verdict à partir d'arguments portant sur des systèmes moléculaires complexes. Tout cela dans un contexte économique et émotionnel qui semble nuire à la lucidité des responsables politiques et médicaux de la santé publique : faut-il rappeler l'incroyable affaire française de la transfusion sanguine ?

La crise de confiance qui s'instaure entre les médecins et le public ne risque pas de s'apaiser tant que des questions terribles resteront en suspens : faut-il protéger les patients vis-à-vis des travailleurs de santé porteurs du sida ? Que s'est-il réellement passé chez ce dentiste ? Toutes les hypothèses ont été avancées : le dentiste avait-il des relations avec ses patients, ou les patients entre eux ? Y a-t-il eu inoculation volontaire ? Ou sabotage ? Plus sérieusement, le matériel du dentiste était-il désinfecté correctement ?

Avant tout, il était donc nécessaire de vérifier que c'est bien le virus du dentiste qui avait contaminé les huit patients, et ce de manière indiscutable – nous l'avons vu, les premières expériences du CDC furent vivement critiquées. Pour établir (ou infirmer) sans conteste cette origine commune des virus analysés, les chercheurs utilisèrent les techniques de l'épidémiologie moléculaire. Cette dernière consiste à ana-



LA GÉNÉTIQUE REFLÈTE LA TRANSMISSION DU VIRUS DU SIDA

À partir des séquences génétiques, l'ordinateur peut retrouver les liens de parenté existant entre différents virus. Ici, il s'agit de reconstituer l'arbre généalogique des virus du dentiste, de ses huit patients malades du sida et d'un certain nombre de personnes séropositives habitant la même région. Pour une plus sûre reconstitution, on analyse deux séquences génétiques par individu, baptisées x et y. Pour chaque paire possible de virus, on compte le nombre de différences (les

mutations). Les deux virus les plus semblables sont placés de part et d'autre d'un embranchement qui correspond – comme dans un arbre généalogique standard – au plus jeune ancêtre commun de ces deux virus. Ici le virus x du patient C et le virus y du même patient sont classés comme "frères", et l'embranchement qui leur donne naissance représente leur "père". On recherche ensuite le virus qui est le plus semblable à ce père théorique (ici le virus y du dentiste) et on le place sur l'embranche-

ment suivant. Ainsi, de proche en proche, jusqu'à ce que tous les virus aient été utilisés et l'arbre entièrement reconstitué des feuilles vers le tronc. Le tronc correspond au virus théorique qui aurait pu donner naissance à toute la progéniture virale étudiée. Cette technique montre une grande parenté entre le virus du dentiste et ceux des patients A, B, C, E et G. En revanche, les virus des patients B et F ne sont pas plus apparentés à celui du dentiste que ceux provenant des sujets témoins.

lyser la variabilité du virus VIH et à établir les liens entre cette variabilité et la diffusion épidémique du virus⁽²⁾. On peut ainsi établir des liens entre les variations du virus et l'origine géographique de l'infection et, de la même façon, analyser les transmissions du virus de personne à personne. Pour réaliser cette enquête, on s'est appuyé sur l'observation préalable d'une ressemblance génétique élevée entre les souches virales isolées de personnes qui possèdent un lien épidémiologique confirmé : les partenaires sexuels, les mères et leurs enfants, les donneurs de sang et leurs receveurs, et les hémophiles qui ont été contaminés par le même lot de produits sanguins.

Comment mesure-t-on cette variabilité génétique ? Parmi les gènes viraux, le gène d'enveloppe

est celui qui montre la plus grande diversité génétique. De plus, à l'intérieur même du gène d'enveloppe, la répartition de la variabilité n'est pas uniforme. On peut en effet y distinguer des régions constantes, et des régions variables. Le changement permanent de la structure des régions variables de l'enveloppe virale, dont certaines servent de cible aux anticorps capables de neutraliser le virus, permet à celui-ci d'échapper aux défenses immunitaires. Une de ces régions, appelée V3 (ce qui signifie 3^e région) a été abondamment étudiée, car son utilisation permet d'augmenter considérablement l'efficacité de certaines préparations vaccinales. Elle est actuellement utilisée lors des essais vaccinaux menés en France. Et c'est sur cette même région V3 que, du fait de sa grande variabilité, les études d'épidémiologie moléculaire se concentrent le plus souvent. Par un cu-

(2) Voir *Science*, vol. 256, 22 mai 1992, p.1165.

rieux renversement, les épidémiologistes vont en effet tirer parti de l'hypervariabilité de cette région. Lorsque l'on mesure des différences génétiques, plus les gènes étudiés sont variables, plus l'information concernant l'origine des virus sera solide. Il serait absurde d'étudier une région constante, qui permettrait en effet de ne distinguer aucune différence.

Le séquençage nucléotidique. La région V3 de l'enveloppe des virus présents dans le sang des huit patients ainsi que dans celui du dentiste a donc été analysée par séquençage nucléotidique. La comparaison des séquences génétiques passe alors par ce qu'on appelle un alignement. Cette technique consiste tout simplement à écrire les séquences les unes au dessous des autres, et à compter le pourcentage d'acides aminés qui diffèrent d'un virus à l'autre. De plus, pour avoir une vision plus complète sur la diversité génétique des virus présents dans le sang des patients analysés, plusieurs séquences ont été étudiées pour chacun d'entre eux. Finalement, les comparaisons ont révélé que la distance génétique entre les virus des cinq patients et du dentiste était de 3,4 % à 4,9 %. Un tel pourcentage correspond à ce qui avait été rapporté auparavant pour des virus présentant un lien épidémiologique direct (mère et enfant, partenaires sexuels, etc.). Au contraire, les virus présents dans le sang des trois autres patients présentaient des différences de 10,7 % à 13,6 % avec celui du dentiste, distance correspondant à des virus sans liens épidémiologiques ; de plus, ils étaient ceux-là même dont le mode de vie rendait possible une contamination par le virus du sida en dehors du cabinet dentaire.

Les chercheurs ont ensuite vérifié qu'il n'existant pas de forme virale prédominante dans cette partie de la Floride. L'existence d'une telle forme dans une région géographique se produit lorsque l'introduction du virus y est récente ; elle pourrait expliquer la haute ressemblance des séquences du dentiste et des cinq patients, indépendamment d'un contact direct entre eux. Les chercheurs ont analysé les séquences V3 de trente-cinq personnes séropositives habitant dans la même région et n'ayant eu aucun contact direct ni avec le dentiste ni avec les patients. Les distances génétiques entre les virus des cinq patients et ceux des personnes habitant la même région étaient de l'ordre de 10,8 % à 11,8 %.

Les arbres phylogénétiques. Afin de confirmer ces résultats, deux autres techniques de comparaison ont ensuite été utilisées : celle des arbres généalogiques (on parle ici d'arbres phylogénétiques) et celle des signatures virales. Les arbres phylogénétiques sont construits par un ordinateur qui compte le nombre de mutations théoriquement nécessaires

pour transformer un virus en un autre. Plus ce nombre est petit, plus l'ancêtre commun des deux virus est récent, et plus la chaîne de transmission qui les sépare est courte. Ce type de calcul permet de reconstruire une généalogie probable des virus et permet de représenter graphiquement leur lien de parenté (voir dessin p. 51). Comme prévu, toutes les séquences présentes chez le dentiste ainsi que celles provenant des cinq patients pouvaient être regroupées sur une seule branche de l'arbre généalogique. Les séquences provenant des trois patients qui présentaient d'autres risques de contamination étaient sur d'autres branches de l'arbre, parmi des séquences provenant d'autres sujets pris au hasard dans la région.

L'analyse des signatures virales, deuxième technique mise en œuvre pour confirmer les résultats obtenus, consiste à rechercher, dans les séquences génétiques, les endroits où les acides aminés des virus du dentiste sont uniques, c'est-à-dire différents de ceux de toutes les autres séquences virales connues⁽³⁾. Ces acides aminés propres au virus du dentiste, huit au total, constituent ce que l'on appelle sa signature. Cette signature a été ensuite recherchée dans les séquences virales provenant des patients ainsi que des séropositifs de la région. Les séquences provenant des cinq patients ne possédaient jamais moins de sept des huit acides aminés de la signature du dentiste. Au contraire, pour les trois autres, comme pour les séropositifs de la région, on ne retrouvait jamais plus de deux acides aminés de cette signature. Les données scientifiques aboutissent donc à une conclusion claire et nette : le dentiste et cinq de ses patients sont infectés par la même souche virale, confirmant la transmission directe entre ces personnes. Le dentiste ayant été infecté le premier, c'est donc lui qui a contaminé ses patients, et non l'inverse. Quant aux trois autres patients, ce n'est pas dans le cabinet dentaire qu'ils ont été infectés. Reste une question, dans quelles circonstances un tel accident a pu avoir lieu ? Après avoir présenté les résultats de son analyse génétique, le Dr Gerald Schochetman, du CDC d'Atlanta nous a déclaré à ce propos «n'en savoir absolument rien».

En d'autres termes, nous en sommes réduits aux spéculations indémontrables, et ce d'autant que

(3) A l'origine des acides aminés, on trouve dans le noyau cellulaire, l'ADN, qui est constitué d'une succession de "triplets", ou association de trois bases dans un ordre donné. Quand la machinerie cellulaire "lit" un triplet, elle va chercher dans le cytoplasme l'acide aminé qui lui correspond. Elle enchaîne les acides aminés les uns aux autres, jusqu'à constituer une protéine complète. On trouve donc, dans l'ADN, des séquences uniques de triplets, correspondant bien sûr à des successions uniques d'acides aminés dans la protéine.

Dent-I	LAEEVVVIRSANFTNAKIVQLMASVEINCRPNNTRKGIEHGPGRAYATGEIIIGDIROAHCNISREIGMNTLROYTKLREQFGN
Dent-II	Y-R-Y-AEK-R-K-Y-T-P-V
Pt-A-I	Q
Pt-A-II	-R-V-AEK-R-K-V-
Pt-B	
Pt-C	Y-DR-GA-E-K-
Pt-E	--I-G-K-
Pt-G	
Pt-D	S-T-K-?-?-S-QS-P-K-?-DR-V-E-Y-KL-A-V-
Pt-F	E-V-T-E-Q-S-A-?-I-SI-7-IAK-K-?-T-Q-I
LC1	E-N-H-KT-H-T-RS-PH-K-T-N-I-KAE-I-K-K-V
LC2	I-T-E-S-?-?-?-T-?-7A-?-KRI-I-V-DQP-K
LC3	K-E-T-T-G-S-TM-KV-L-7A-D-K-I-G-Q-V-VE-NF
LC4	E-T-KN?-RSV-S-L-T-D-I-AM-K-E-I-G-KH-V-S-F
LC5	E-N-T-KE-K-I-RS-NH-T-D-KAE-K-I-Q-K-R-V-Q-V-T
LC6	E-N-S-T-KE-V-RS-M-T-K-T-T-N-A-S-E-K-IAI-F-KG-S-V
LC7	E-S-T-KE-R-TM-VL-T-Q-V-R-GWQ-KA-K-A-K-R-V-KPP-T
LC8	E-N-T-ET-S-T-D-L-AQ-K-I-E-K-S-V-KP-T
LC9	E-N-T-V-D-Y-A-K-I-T-N-Y-V-PV-L
LC10	E-T-KEP-S-T-G-L-A-D-K-I-K-E-V-Q
LC11	-T-KDP-S-A-G-A-G-I-S-H-T-TVAFQ-
LC12	-I-L-D-T-E-V-N-AAM-T-K-IAI-K-N-R-T
LC13	G-D-T-K-S-S-T-T-V-T-D-K-I-R-G-K-ETK-EP-TT-D-STVI
LC14	-D-V-T-EA-V-R-T-A-K-I-V-V
LC15	-E-T-E-I-S-P-D-L-AT-K-I-R-V-Q
LC16	-I-E-L-T-KEP-T-S-K-D-D-Y-STE-E-A-KGL-T-VA-Q-D-I
LC17	-ET-S-K-AQ-ERI-T-G-KTN-V-Q-V
LC18	N-E-V-H-T-A-E-K-E-G-TAS-K-TT-TLV
LC19	D-T-V-RS-T-D-GTR-E
LC20	E-N-T-L-A-LS-K-RS-D-D-K-I-I-G-TT-A-K
LC21	E-IS-T-E-V-RS-A-D-Y-T-NKT-H-K-E-N-T-V-R
LC22	D-S-RT-E-Y-SRR-S-T-REG-GAE-ES-KRI-E-G-K-V
LC23	E-T-Q-RS-K-G-L-TA-KLI-D-V-Q-T
LC24	-T-T-S-T-D-T-E-K-IA-Y-NT-V-Q-T
LC25	E-T-T-KDP-S-D-A-T-DIC-V-V-Q-T
LC26	-K-T-EP-S-T-D-L-A-K-I-V-V-Q-T
LC27	D-E-V-S-S-T-D-H-L-A-D-K-I-I-E-R-R-V-KQ-T
LC28	-I-E-N-RT-H-E-IV-G-S-LA-G-H-N-L-A-E-D-EKIAK-G-R-P-N-TK
LC29	I-E-S-N-N-L-K-PI-A-TV-R-L-ST-D-G-IAI-T-Q-K
LC30	-T-D-T-QT-S-G-E-L-V-E-E-IAI-K-V-Q
LC31	E-N-T-E-A-P-T-D-L-AD-D-KLI-E-Q
LC32	E-T-TEP-S-A-T-A-D-Q-IAI-S-N
LC33	-K-T-E-A-S-D-L-AD-KLI-EN-G-HL-MQ
LC34	--I-E-L-N-KEP-G-RS-T-N-L-A-K-IAE-E-V-F-T
LC35	E-N-T-E-V-S-P-D-L-A-K-A-XE-T

À LA RECHERCHE DES SIGNATURES VIRALES

Quarante-trois séquences virales, provenant du dentiste, de ses patients séropositifs et de sujets témoins, ont été mises en correspondance, c'est-à-dire ont été placées les unes en dessous des autres, de façon à ce que les acides aminés identiques soient sur la même colonne. Afin de faciliter la lecture du document, seule la séquence de la ligne supérieure (appartenant au den-

tiste) a été écrite intégralement. Dans les autres séquences sont indiqués seulement les acides aminés qui diffèrent. La recherche des signatures est en fait un artifice d'analyse statistique qui consiste à rechercher, dans les séquences du virus du dentiste, les acides aminés qu'on ne retrouve jamais à cette même place chez les sujets témoins. Ces positions sont indiquées par une

flèche rouge. L'ensemble des acides animés indiqués forme le mot "AIA-GAEVH". On recherche alors la présence de ce mot rare, toujours aux positions indiquées par les flèches, chez les personnes qui ont été soignées par le dentiste. Ce mot est présent chez les patients A, B, C, E et G. Il est donc très improbable que leur virus provienne d'une autre personne que du dentiste.

cette affaire reste exceptionnelle et que le dentiste en cause est aujourd'hui décédé. Aucun des patients n'a remarqué la moindre blessure chez le dentiste lorsqu'il s'occupait de lui. La transmission peut avoir été provoquée par la contamination d'instruments dentaires par le sang du dentiste ou bien par le sang d'un patient déjà infecté par le dentiste. L'équipe du CDC fait remarquer que les cinq patients ont reçu des soins dentaires importants (avec d'abondants

saignements) après la survenue du sida-maladie chez le dentiste. Or, on sait aujourd'hui que dans la phase finale de la maladie, le virus se multiplie très activement. Les sujets malades sont donc plus à même de transmettre leur virus que les sujets asymptomatiques, dont le système immunitaire encore solide parvient à limiter considérablement la multiplication virale.

Quoi qu'il en soit et malgré son caractère excep-

(suite du texte page 175)

PAR GUY FOURRÉ

CHAMPIGNONS : INTOXICATIONS EN SÉRIE DANS L'EX-URSS

Plus de deux cents personnes sont mortes en moins d'un an dans l'ex-URSS, empoisonnées par des champignons. Or, devant une telle hécatombe, il est difficile de croire à de banales confusions entre espèces comestibles et vénéneuses. On parle d'un mystérieux phénomène de pollution, qui rendrait dangereux des champignons jusque là inoffensifs. Les experts s'interrogent.

L'an dernier déjà, en septembre, les services officiels de la Fédération de Russie avaient enregistré 240 empoisonnements, dont 30 cas mortels, essentiellement dans quinze districts de la région de Krasnodar (Sud de la Russie, au pied des montagnes du Causase).

Cette année, au mois d'août, des dépêches de presse faisaient état de 25 morts à Voronej et Volgograd, au sud de la Russie, et de 60 morts dans l'est de l'Ukraine. Un article du quotidien *Izvestia* du 18 août 1992 précisait que «le comité d'Etat pour la surveillance sanitaire et épidémiologique, ainsi que le comité d'Etat pour les situations extraordinaires, ont réuni le 17 août des mycologues, botanistes, toxicologues, médecins cliniciens, pour examiner les cas d'empoisonnement par les champignons de 233 personnes, ayant entraîné 30 décès (dont 16 enfants), dans six régions centrales et du Sud du pays». Le même article indiquait qu'en 1991 on avait déjà recensé 450 cas

d'empoisonnement, dont 75 décès, dans ces régions. Cette hécatombe donne lieu à toutes sortes de supputations, les médias transformant parfois aux yeux du grand public les interrogations des chercheurs en apparentes certitudes...

Il est toujours très difficile, en effet, même pour des empoisonnements dus à une banale méprise, de déterminer quel champignon a été réellement consommé, et en quelle quantité. On ne peut guère accorder de crédit aux dires des proches des victimes ou des rescapés qui affirment avoir absorbé des espèces comestibles connues. Ceux qui s'intoxiquent sont toujours persuadés qu'il s'agit de champignons sans danger, sinon, ils ne les mangeraient pas ! Et les profanes sont capables de commettre d'incroyables confusions.

De même, si un rescapé – ou la personne qui a fait la cueillette – montre des champignons qu'il déclare identiques à ceux ingérés, il peut très bien confondre des espèces qui se ressemblent mais

Une confusion classique...

La russule charbonnière (*R. cyanoxantha*) et l'amanite phalloïde (*A. phalloides*) sont connues dans le monde entier, et fréquemment confondues par les profanes. Leur chapeau, de couleur variable, est le plus souvent verdâtre. Mais alors que la première est comestible, la seconde est mortelle. Pour les distinguer, il faut savoir que l'amanite phalloïde (1) possède un anneau (ou "collerette") sur le pied, et une volve (sorte de sac) à la base de ce dernier : deux éléments inexistant chez la russule charbonnière (2).





sont en réalité différentes. Sur les causes des nombreuses intoxications dans l'ex-URSS, on en est donc réduit, comme dans l'immense majorité des cas d'empoisonnement par des champignons, à formuler de simples hypothèses.

La dépêche d'*Izvestia* évoque l'éventualité d'un «Tchernobyl chimique que l'on nous aurait caché». La formule est sans doute excessive, mais elle se rapporte à un problème bien réel, celui de l'absorption et de la concentration de toutes les pollutions – en particulier des retombées atmosphériques – par les champignons.

Il faut savoir que ce que nous appelons un champignon est le fruit d'une sorte d'"arbre", le mycellium, réseau souterrain et invisible mais toujours présent, même quand il ne porte pas de champignons en surface. Cette pérennité de l'appareil végétatif des champignons l'expose à stocker toutes les pollutions. D'autant plus que, contrairement aux racines des arbres, qui puisent leur nourriture loin sous le sol, le mycélium se situe à une faible profondeur, là où se concentrent les retombées de polluants atmosphériques.

On peut ainsi retrouver dans les champignons le témoignage de pollutions anciennes : nous avons expliqué dans un précédent numéro (1) qu'ils livrent encore, en France, les traces de re-

tombées radioactives provenant des essais nucléaires effectués dans l'hémisphère Nord, au cours des années soixante : il y a près de trente ans (2) ! On y retrouve aussi des métaux lourds (plomb, mercure, cadmium), notamment à proximité des grands axes de circulation, des zones industrielles et des usines d'incinération d'ordures. René-Charles Azéma, mycologue français très réputé, a diffusé dans notre pays les travaux effectués sur ce sujet par des chercheurs de pays voisins (Suisse et Allemagne, notamment). L'hypothèse de champignons pollués serait donc tout à fait vraisemblable, surtout dans une région comme le sud de l'ex-URSS, connue pour l'importance des désastres écologiques qui s'y sont produits depuis quelques décennies.

Mais la consommation d'aliments pollués par des métaux lourds ou des éléments radioactifs se traduit essentiellement par une augmentation du risque de cancer. Une menace grave, mais à long terme. Un consommateur de champignons trop chargés en césium radioactif ne tombe pas malade de tout de suite. Il ne s'aperçoit de rien. Et s'il développe un cancer un ou dix ans plus tard, il sera bien difficile d'en déterminer l'origine.

Il existe aussi un risque de contamination par des pesticides d'origine agricole. Mais ce genre d'empoisonnement ne provoque généralement qu'une gastro-entérite sans gravité. Les champignons pollués pourraient être responsables d'une partie des intoxications non mortelles, mais il paraît difficile, dans l'état actuel de nos connaissances, de leur attribuer des dizaines de décès immédiats.

Il reste l'hypothèse, moins séduisante pour les médias, de banales confusions entre des champignons comestibles et d'autres, vénéneux, qui leur ressemblent – souvent très dangereusement. R.-C. Azéma a publié dans plusieurs revues mycologiques, notamment le bulletin de l'AEMBA (3), un rapport établi l'an dernier par le Dr Anatoli Petoukhov, médecin-inspecteur (4), qui s'était rendu sur les lieux de l'hécatombe de septembre 1991 avec une équipe d'experts. Le rapport de cette commission d'enquête signalait que, d'après tous les survivants (ou les parents des victimes), les champignons incriminés étaient d'espèces di-

L'OBSERVATOIRE MYCOLOGIQUE

Les problèmes de relations entre les champignons et leur environnement sont encore mal connus. C'est ce qui a incité un groupe de mycologues à créer récemment une association "loi 1901", l'Observatoire mycologique, en vue de susciter et de diffuser des études sur ces questions. Elle a une vocation nationale, et même européenne, son président, Olivier Daillant, étant bien placé pour établir des contacts avec les chercheurs des pays voisins : il exerce la profession d'interprète de conférences internationales.

Parmi les objectifs de cette nouvelle association figurent les études sur la contamination des champignons par la radioactivité et d'autres pollu-

tions. L'Observatoire mycologique a offert sa collaboration aux experts soviétiques en vue de faire analyser les champignons qui pourraient être impliqués dans de nouveaux cas d'intoxications multiples.

L'influence (bénéfique) de la plupart des champignons sur la croissance des arbres et la bonne santé de la forêt, la recherche des causes de raréfaction de certaines espèces (les girolles par exemple) sont quelques-uns des autres thèmes inscrits au programme d'activités de l'Observatoire mycologique.

Pour en savoir plus sur cet organisme, on peut écrire au président, Olivier Daillant, Néronde, 71134 Mazille ; ou au secrétaire, Guy Fourré, 152 rue Jean-Jaurès, 79000 Niort.

(1) *Science & Vie* n° 867, p. 98.

(2) Le problème de la présence d'éléments radioactifs dans les champignons a été exposé plus en détail dans l'ouvrage *Dernières Nouvelles des champignons* (1990), édité et diffusé par l'auteur, Guy Fourré, 152 rue Jean-Jaurès 79000 Niort.

(3) AEMBA : Association entrevalaise de mycologie et de botanique appliquée, 04320 Entrevaux. Bulletin n° 24, mars 1992.

(4) Chef du service d'hygiène alimentaire du comité d'Etat de la Fédération de Russie pour le contrôle épidémiologique.

verses. Le seul point commun aux différents cas était la présence, parmi les champignons consommés, de russules charbonnières et d'armillaires de miel.

La présence de russules dans la récolte de tous les intoxiqués laisse penser à une confusion, classique, avec l'amani phalloïde : tous les mycologues savent que les russules comestibles ressemblent énormément à ce champignon mortel. E. N. Beliaev, président du comité d'Etat pour la surveillance sanitaire et épidémiologique, note dans l'article d'*Izvestia* que «on a vu apparaître des amanites phalloïdes dans les paniers plus souvent que d'habitude». L'erreur fatale était d'ailleurs l'hypothèse provisoirement retenue par le Dr Petoukhov. En revanche, R.-C. Azéma, l'un des premiers à enquêter sur le problème en Russie, estime improbable qu'un nombre aussi élevé d'amateurs aient pu commettre une mortelle méprise, et reste persuadé qu'il s'agit des conséquences de la pollution...

Le Dr Giacomoni, mycotoxicologue réputé⁽⁵⁾, nous a communiqué un bref rapport du Pr M. S. Sokolov, directeur de l'institut de phytopathologie du Caucase du Nord, où ont été analysées des russules et des chanterelles récoltées dans la région de Krasnodar où s'étaient produits les empoisonnements de septembre 1991. Ces analyses étaient négatives pour les métaux lourds et la radioactivité, mais elles auraient révélé la présence «de substances très toxiques d'une nature inconnue, de mycotoxines absentes dans les champignons ordinaires». On a évoqué à ce propos l'éventualité de mystérieuses et effrayantes «mutations», qui transformeraient sournoisement des champignons apparemment comestibles en aliments mortels. Certaines dépêches ont même annoncé que les «champignons mutants» étaient peut-être arrivés en France, attribuant à ce scénario de science-fiction le décès d'un «mycophage» survenu dans notre pays. Sceptique sur ces prétendues mutations, le Dr Giacomoni, lui, penche plutôt pour la thèse d'une pollution d'origine industrielle. Et pas seulement en Russie... Il conseille donc la plus grande prudence et la modération dans la consommation de champignons.

Le fait que les intéressés aient déclaré avoir

(5) Auteur de l'ouvrage *les Champignons : intoxications, pollutions, responsabilités* (1989), éd. Billes, 33 rue de la Tour, 92240 Malakoff.



...mais qui peut être fatale.

Ce beau champignon blanc sympathique est en réalité un poison mortel. Des amanites printanières (*ci-dessus*) ont parfois été trouvées au milieu de champignons comestibles d'aspect très semblable, notamment des amanites ovoïdes appelées «bolets blancs» dans certaines régions...

mangé des espèces comestibles et le nombre anormalement élevé des victimes sont deux arguments de base en faveur de l'hypothèse d'une pollution, ou d'une «mutation», qui aurait rendu dangereuses des espèces habituellement inoffensives. Nous avons dit plus haut ce que nous pensions du premier de ces arguments, qui ne nous paraît absolument pas probant. Quant au nombre des victimes, il pourrait s'expliquer par les conditions de vie actuelles dans l'ex-URSS. La pénurie de denrées alimentaires et les prix exorbitants peuvent avoir amené de nouvelles couches de population – les citadins notamment – à rechercher cette nourriture gratuite et abondante que constituent les champignons. L'article paru dans *Izvestia* y fait clairement allusion : «Sous la pression de nos folles conditions économiques, des dizaines de nouveaux cueilleurs se sont mis à exploiter en dilettantes ces dons de la forêt, faisant fi de toutes les recommandations d'usage», écrit Kim Smirnov. Le nombre inhabituel de telles méprises pourrait être une conséquence indirecte de la crise économique.

L'éventualité d'une «mutation» est à étudier, mais n'est pas encore démontrée. Il serait très hasardeux d'imputer toutes les intoxications à d'hypothétiques «mutants». La réalité est souvent beaucoup plus simple...

Guy Fourré

PAR PIERRE ROSSION

L'ARBRE GÉNÉALOGIQUE DES MAMMIFÈRES REVU ET CORRIGÉ

La gazelle et le tigre n'ont jamais fait bon ménage, pas plus que le loup et l'agneau. Pourtant, pendant plus de deux siècles, la classification des mammifères les a fait allégrement cohabiter.

Grâce à la découverte de nouveaux fossiles et aux apports de la biologie moléculaire, un Américain vient de remettre chacun à sa place. Comme le long d'un fil d'Ariane, on peut désormais suivre l'évolution des mammifères depuis leur origine.

Sous prétexte que leurs pattes ou leurs nageoires étaient pourvues de sabots, de griffes ou de peau cornée, le Suédois Linné, au XVIII^e siècle, puis l'Américain Simpson, il y a une cinquantaine d'années, avaient mis dans le même "sac" sept ordres de mammifères : le loup avec l'agneau, le cheval avec l'éléphant, le tigre avec le lamantin, etc. Pour Linné, ce monde hétéroclite constituait les ongulés, pour Simpson les *Ferrungulata*.

Grâce à la biologie moléculaire, à la découverte de nouveaux fossiles et à l'anatomie comparée Michael Novacek, de l'American Museum of Natural History, a "fait le ménage" dans la généalogie des mammifères (¹). Il répartit désormais ces sept ordres en quatre groupes bien distincts (*voir encadré pages 60 et 61*).

Si Cuvier se vantait de pouvoir reconstruire un animal entier à partir d'un seul de ses os, il est en revanche impossible d'établir l'histoire des animaux lorsque l'on dispose de peu de fossiles, seules sources d'information sur la chronologie des événements le long d'un arbre évolutif. Comme le fait remarquer Malcolm McKenna, également de l'American Museum of Natural History : «Les fossiles ont leurs défauts [ils sont rares et souvent incomplets], mais eux seuls permettent de distinguer ce qui aurait pu se passer de ce qui s'est réellement passé.» Donc, plus les archives

fossiles sont importantes, plus on est sûr d'approcher la réalité. Le fossile idéal possède une forme intermédiaire entre les deux groupes dont on souhaite établir les parents. C'est le cas de l'archéoptéryx, découvert en Allemagne en 1861, un petit vertébré, vieux de 140 millions d'années, encore très proche des reptiles mais doté de plumes, ou de la célèbre Lucy, un australopithèque âgé de plus de 3 millions d'années, découvert en 1974 dans l'Afar éthiopien, qui présente à la fois des caractères d'humains et de singes.

On imagine généralement cet "intermédiaire" comme un être moitié-moitié : mi-poisson mi-amphibien, mi-reptile mi-oiseau, mi-reptile mi-mammifère, mi-singe mi-homme. «Or, nous dit le paléontologue Pascal Tassy (²), cela n'a aucun sens, car l'observation empirique des fossiles montre que c'est toujours un caractère ou un type de caractère qui évolue à un rythme donné et non la morphologie tout entière.»

A preuve encore, l'archéoptéryx, par excellence fossile intermédiaire entre les reptiles et les oiseaux, n'a rien d'un être moitié-moitié : il possède davantage de caractères reptiliens que de caractères d'oiseaux ; de même, Lucy ressemble plus à un singe qu'à une femme.

Pour compléter son argumentation, Tassy prend l'exemple des proboscidiens, dont il est spé-





cialiste. Comme Novacek, il admet que les éléphants actuels sont de très proches parents des siréniens, mammifères aquatiques appelés communément vaches marines, comme le lamantin des eaux douces d'Afrique et d'Amérique et le dugong de l'océan Indien. Or, il serait vain de chercher dans le sol un fossile mi-éléphant mi-sirénien. En revanche, l'étude, caractére par caractère, de fossiles vieux de plus de 40 millions d'années trouvés en Egypte, en Libye et en Algérie et appartenant aux premières espèces connues de siréniens et de proboscidiens, montre que les éléphants ont, à certains égards, plus divergé de l'ancêtre commun à ces deux groupes que ne l'ont fait les siréniens. Bref, conclut Tassy : «La recherche d'espèces moitié-moitié apparaît non seulement vouée à l'échec, mais complètement étrangère à ce que l'on sait de l'évolution.»

Faute de forme intermédiaire, les paléontologues ne peuvent qu'estimer le moment où proboscidiens et siréniens ont divergé. Au vu des seuls fossiles dont ils disposent, la séparation se serait faite il y a plus de 40 millions d'années. Mais c'est là que la biologie moléculaire vient au secours de la paléontologie.

Grâce à elle, Novacek a pu situer très précisément cette divergence à 67 millions d'années. La technique consiste à compter, sur un gène donné,

Le reptile, père des mammifères

Cette espèce fossile âgée de 280 millions d'années, le *Procynosuchus*, découverte à Korbach, en Allemagne, se situe au point de divergence des reptiles et des mammifères : elle ne pondait pas d'œufs, mais mettait au monde ses petits, ce qui ne signifie pas nécessairement qu'elle les nourrissait comme le font les vrais mammifères.

les différences dans la succession des nucléotides (les "briques" élémentaires des chromosomes) de l'ADN de deux espèces actuelles⁽³⁾. Plus ce nombre est grand, plus est long le temps écoulé depuis la séparation des espèces en question. Pour évaluer cette distance génétique, on utilise généralement le gène 28 S, impliqué dans la fabrication des ribosomes (qui interviennent dans la synthèse des protéines). Ce gène, qui comprend environ 5 000 nucléotides chez les mammifères, se retrouve chez tous les organismes vivants, de la bactérie à l'éléphant, du pissenlit au baobab.

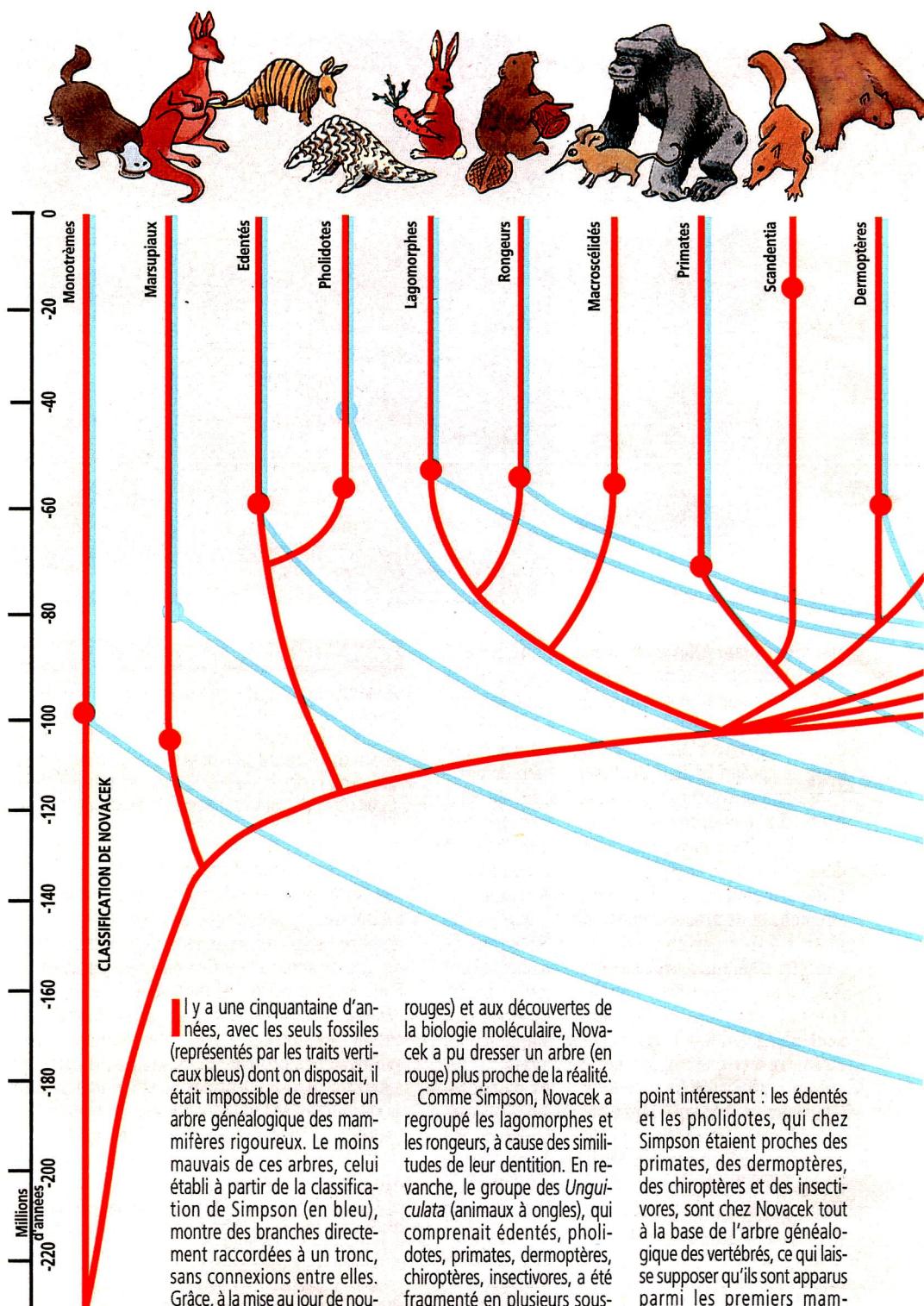
(suite du texte page 62)

(1) Voir *Nature*, vol. 356, 12 mars 1992.

(2) Spécialiste des proboscidiens, Pascal Tassy est maître de conférence à l'université Pierre et Marie Curie et vient de publier le *Message des fossiles* (Hachette).

(3) Les plus vieux ADN rencontrés dans des fossiles humains ou animaux proviennent d'organismes ensevelis dans de la tourbe ou dans des marais et sont âgés au maximum de 8 000 ans.

GRÂCE À LA BIOLOGIE MOLÉCULAIRE LES MAMMIFÈRES ONT



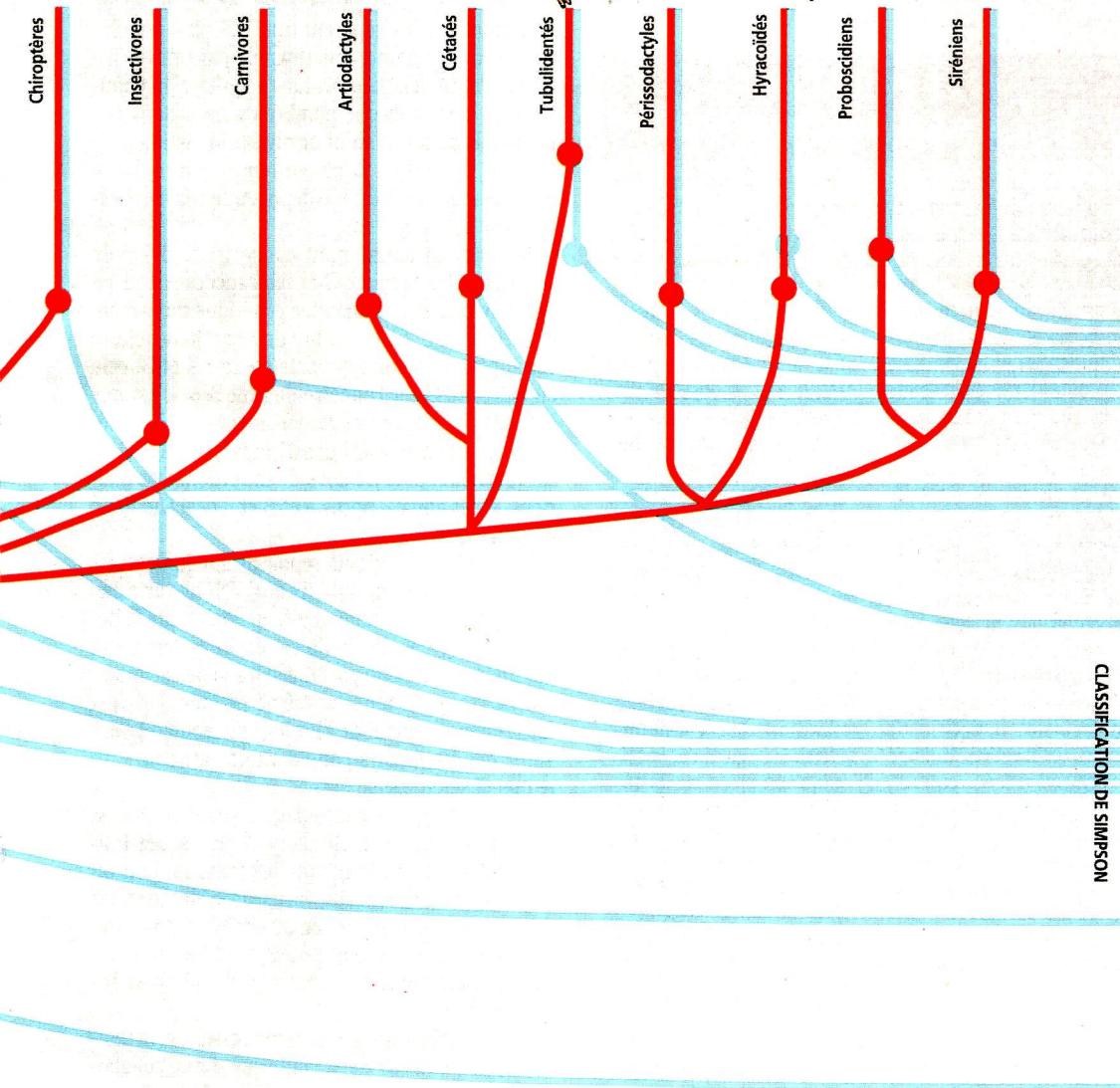
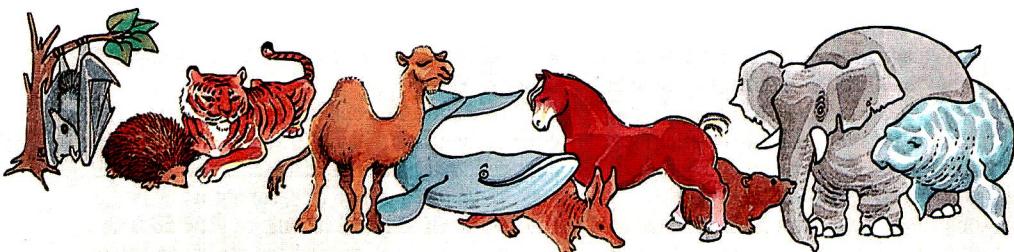
Il y a une cinquantaine d'années, avec les seuls fossiles (représentés par les traits verticaux bleus) dont on disposait, il était impossible de dresser un arbre généalogique des mammifères rigoureux. Le moins mauvais de ces arbres, celui établi à partir de la classification de Simpson (en bleu), montre des branches directement raccordées à un tronc, sans connexions entre elles. Grâce, à la mise au jour de nouveaux fossiles (traits verticaux

rouges) et aux découvertes de la biologie moléculaire, Novacek a pu dresser un arbre (en rouge) plus proche de la réalité.

Comme Simpson, Novacek a regroupé les lagomorphes et les rongeurs, à cause des similitudes de leur dentition. En revanche, le groupe des *Unguliculata* (animaux à ongles), qui comprenait édentés, pholidotes, primates, dermoptères, chiroptères, insectivores, a été fragmenté en plusieurs sous-groupes par Novacek. Autre

point intéressant : les édentés et les pholidotes, qui chez Simpson étaient proches des primates, des dermoptères, des chiroptères et des insectivores, sont chez Novacek tout à la base de l'arbre généalogique des vertébrés, ce qui laisse supposer qu'ils sont apparus parmi les premiers mammifères. On retiendra aussi que

ACQUIS DE LA BRANCHE



CLASSEMENT DE SIMPSON

les insectivores ont été scindés par Novacek en trois groupes : macroscélidés, *Scandentia* et insectivores, et que les *Ferungulata* (les animaux à sabots ou à griffes), qui comprenaient carnivores, artiodac-

tyles, tubilidentés, périssodactyles, hyracoidés, proboscidiens et siréniens se trouvent, chez Novacek, éclatés en quatre groupes. Enfin, les cétoacés qui, chez Simpson, formaient un groupe unique se

trouvent aujourd'hui raccordés aux artiodactyles et aux tubilidentés.

Pour faciliter la compréhension, nous n'avons ici tenu compte que des ordres de mammifères actuels, les ordres fossiles ayant été volontairement supprimés.

C'est donc un outil remarquable pour dresser les arbres généalogiques de tous les êtres vivants et établir ainsi les liens de parenté qui existent entre les différentes espèces. Prenons l'exemple d'une espèce C, dont on veut savoir si elle est proche parente, ou seulement cousine à la mode de Bretagne, de deux autres espèces A et B.

Supposons que l'on possède sur A et B de nombreuses données fossiles qui permettent de

LES SCIENCES DE LA NATURE MENACÉES

Il est loin le temps où un Pierre-Paul Grassé trouvait, sans problème, à la fois compétences et crédits pour publier la quarantaine de volumes de son monumental *Traité de zoologie*. Aujourd'hui, ce serait impensable car toutes les disciplines faisant appel à l'observation (anatomie comparée, botanique, embryologie, géologie, physiologie, paléontologie, zoologie), jugées, à tort, désuètes, sont devenues les parents pauvres de la science : postes de chercheurs et de professeurs renouvelés au compte-gouttes, crédits attribués chichement.

En revanche, la biologie moléculaire bénéficie de toutes les faveurs. Situation extrêmement dangereuse car, si les sciences de la nature ont tout à gagner des apports de la biologie moléculaire, celle-ci a tout à perdre de la disparition des premières. «Pour deux raisons», nous dit Michel Delsol, directeur à l'Ecole

pratique des hautes études de Paris et professeur de biologie à l'Institut catholique de Lyon, «d'une part, parce que la biologie moléculaire, encore dans les limbes pour ce genre d'études, n'a pas réponse à tout, d'autre part, parce que les réponses qu'elle apporte peuvent être sujettes à erreur». Par exemple, la datation d'un fossile par le biais de la biologie moléculaire ne peut être confirmée que par la paléontologie, à partir de l'étude des caractères anatomiques du fossile, par la géologie, à partir de la position du fossile dans les couches géologiques, ou encore par la botanique, à partir de la flore trouvée dans le gisement fossilifère. Autrement dit, la collaboration entre ces différentes disciplines est non seulement bénéfique, mais indispensable. Si les sciences de la nature venaient à disparaître, la biologie moléculaire perdrait, en grande partie, de son intérêt.

connaître leurs ancêtres ; elles serviront de référence. Même si l'on ne dispose pas du fossile qui leur a donné naissance, on peut supputer le moment de leur divergence par l'étude comparée de leurs fossiles respectifs. Admettons que des aïeux successifs de ces deux espèces aient été mis au jour dans des couches géologiques vieilles de 30, 40 et 50 millions d'années ; un œil exercé pourra,

à partir de leurs degrés de ressemblance, estimer le moment de leur séparation, à 70 millions d'années par exemple.

L'étape suivante consiste à comparer les deux espèces actuelles A et B sur le plan moléculaire. Pour ce faire on détermine directement l'ordre de succession des quatre bases, constituants essentiels des nucléotides⁽⁴⁾ le long du gène 28 S des deux espèces A et B, puis on compte le nombre de mutations qui les séparent (une cytosine remplacée par une guanine, une thymine par une adénine, par exemple). Pour évaluer le rythme du changement, c'est-à-dire le nombre de mutations par million d'années, il suffit de diviser la distance génétique entre A et B par le temps (en millions d'années) qui s'est écoulé depuis que ces deux espèces se sont séparées.

Si l'on veut maintenant connaître le degré de parenté entre l'espèce C et les espèces A et B, il suffit de calculer la distance génétique qui sépare C de A ou de B. Si le nombre de mutations obtenu est supérieur à celui qui existe entre A et B, cela signifie que C est l'ancêtre de A et B et il est dès lors possible de connaître le moment où C s'est séparé de la lignée ayant donné naissance à A et B. En revanche, si le nombre de mutations est inférieur, C est apparu après A et B et il descend donc de l'un d'eux.

Toutefois, ces calculs reposent sur le postulat que le rythme des mutations de l'ADN ne varie pas dans le temps ; autrement dit, on admet que le tic-tac de l'«horloge moléculaire» est régulier. Cette méthode serait donc parfaite si les gènes se modifiaient vraiment tous au même rythme. Or c'est faux. Le mouvement de l'horloge moléculaire peut subir des variations considérables au cours du temps et selon les espèces.

Le seul moyen de contourner cette difficulté est de disposer d'une «bibliothèque» de fossiles toujours plus fournie, car plus les fossiles dont on dispose sont nombreux, plus on a de chances d'établir une échelle de temps correcte et de dessiner des arbres généalogiques proches de la réalité, comme vient de le faire Novacek avec les mammifères.

Les progrès futurs des recherches évolutionnistes ne pourront donc venir que d'une collaboration, toujours plus étroite, entre paléontologues et biochimistes, et non de leur affrontement, que certains semblent prendre plaisir à alimenter.

Pierre Rossion

(4) Les quatre bases caractéristiques de l'ADN sont l'adénine (A), la thymine (T), la cytosine (C) et la guanine (G). Elles constituent les quatre «lettres» de l'alphabet génétique.



VOUS AVEZ DES IDEES ? MESUREZ-VOUS AUX MEILLEURS EN EUROPE EN PARTICIPANT AU CONCOURS EUROPEEN DES JEUNES SCIENTIFIQUES*

RESERVE AUX 15-21 ANS

* EUROPEAN CONTEST FOR YOUNG SCIENTISTS concours gratuit sans obligation d'achat, sous l'égide de la CEE.

Les magazines **SCIENCE & VIE** et **SCIENCE & VIE JUNIOR** organisent pour la sélection française un grand concours doté de nombreux prix. Vous avez la bosse des sciences ? Vous avez des idées ? Alors vous avez vos chances pour être sélectionné et concourir pour le trophée européen.

Pour participer, il vous suffit de nous adresser le bulletin de demande de dossier de candidature ci-dessous avant le 31 décembre. Puis, avant le 15 mars 1993, vous nous adresserez votre projet scientifique. Quel genre de projet ? Vous avez carte blanche, à condition de rester dans le domaine des sciences exactes, naturelles

ou de la technologie.

Vous pouvez concourir individuellement ou par équipe (représentée par 3 personnes maximum). Le jury, composé de scientifiques, jugera la qualité scientifique de votre projet et la cohérence de votre démarche. La sélection française aura lieu en juin et la remise des prix au niveau européen aura lieu en octobre 1993 à Bruxelles.

Parmi les prix, des chèques de 5 000 ECU, des abonnements annuels sur **AIR INTER**, des stages en laboratoire et la possibilité de faire avancer vos idées avec des savants de renommée internationale

avec

AIR INTER

SCIENCE & VIE

SCIENCE & VIE JUNIOR

Avec la participation du CNRS, de l'INSERM, l'INRA et l'IFREMER.
Sous le patronnage du Ministère de l'Education Nationale et de la Culture.

QUELQUES EXEMPLES DE PROJETS PRIMÉS

Ce concours a lieu chaque année depuis quatre ans mais c'est la première fois que la France y participe. Parmi les projets primés, citons une station d'observation des météorites, une étude sur la migration d'une algue marine, une autre sur la qualité de l'eau potable, un logiciel de traduction de texte en braille, etc...
Et maintenant, à vous de jouer !



DEMANDE DE DOSSIER DE CANDIDATURE

à retourner sous enveloppe affranchie avant le 31 décembre 1992 à

CONCOURS EUROPEEN DES JEUNES SCIENTIFIQUES 1, rue du Colonel Pierre Avia 75 503 PARIS CEDEX

OUI je souhaite recevoir le règlement complet du CONCOURS EUROPEEN DES

JEUNES SCIENTIFIQUES et un dossier de candidature.

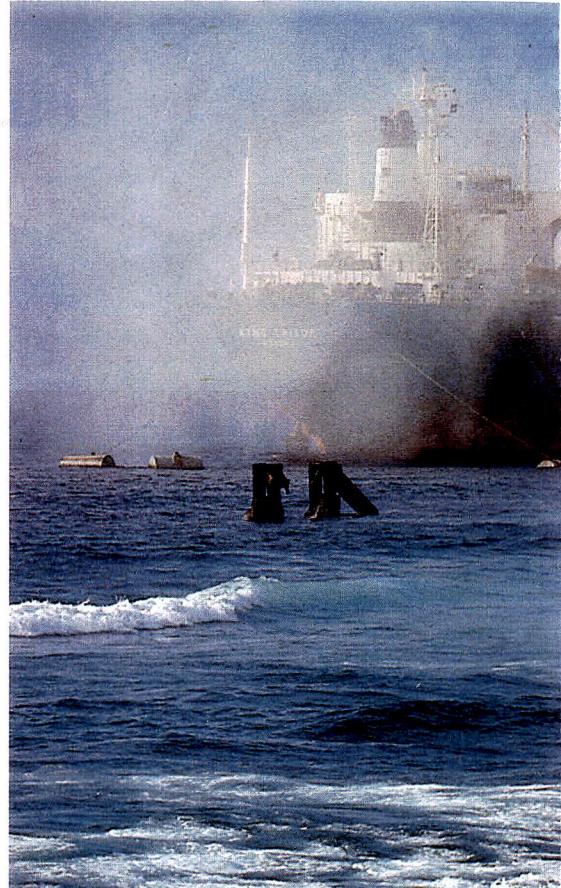
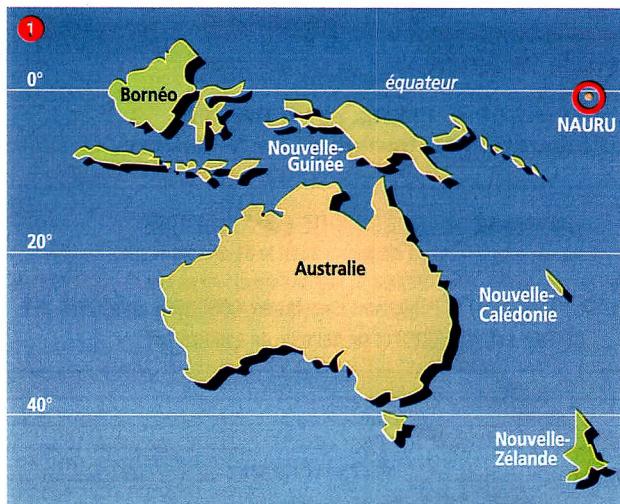
Nom _____
Prénom _____
Adresse _____
Code postal _____ Ville _____
Date de naissance : _____ Niveau d'études : _____

PAR JEAN FERRARA

L'ÎLE AU DIABÈTE

L'exploitation du phosphate a rendu les habitants de Nauru, petite île du Pacifique, riches et... malades. Pour mieux résister aux disettes chroniques, leur organisme a développé, au fil des générations, des gènes de prédisposition au diabète, lesquels ont été activés par l'abondance alimentaire de ces dernières années.

Donne moi ton phosphate, je te passerai mon diabète. Tels ont été, essentiellement, les termes d'un échange qui a transformé une île équatoriale du Pacifique en un désert parsemé de "menhirs" de corail fossile, et dont la population est atteinte d'une véritable épidémie de diabète, sans équivalent ailleurs dans le monde. Les quelques milliers de citoyens de Nauru, bien qu'ils soient parmi les plus riches au monde, ont une espérance de vie parmi les plus courtes : cinquante ans pour les hommes et cinquante-cinq ans pour les femmes. Les événements qui ont mené à cette situation sont édifiants.



Nauru est une île de 21 km², située au nord de l'Australie et à 42 km au sud de l'équateur. L'île et ses habitants, d'origine polynésienne, furent "découverts" en 1798. Relais baleinier, Nauru fut annexé par les Allemands en 1888, puis occupée par les Australiens au début de la Première Guerre mondiale. L'île passa en 1920 sous le mandat de la Société des Nations, administrée par l'Australie, la Grande-Bretagne et la Nouvelle-Zélande. Nauru fut occupée par les Japonais de 1942 à 1945, puis placée en 1947 sous la tutelle des Nations unies. L'Australie fut le principal administrateur de l'île entre 1920 et 1968, date à laquelle Nauru devint une république indépendante, membre du Commonwealth.

Dès 1840, on avait découvert que l'île était couverte de phosphates, résultat de la décomposition de micro-organismes marins et d'excréments d'oiseaux. En 1882, des expériences démontrent que l'apport de phosphates au sol australien, qui en est peu pourvu, augmentait considérablement la production céréalière. L'exploitation intensive des phosphates commença en 1906 ; en 1995, cette ressource sera épuisée. Non seulement les quelque 10 000 habitants de Nauru seront alors privés de leur seule source de revenus, mais leur île aura été transformée en un désert inculte entouré d'une mince bande de plages de sable blanc et d'une rangée de palmiers.



3

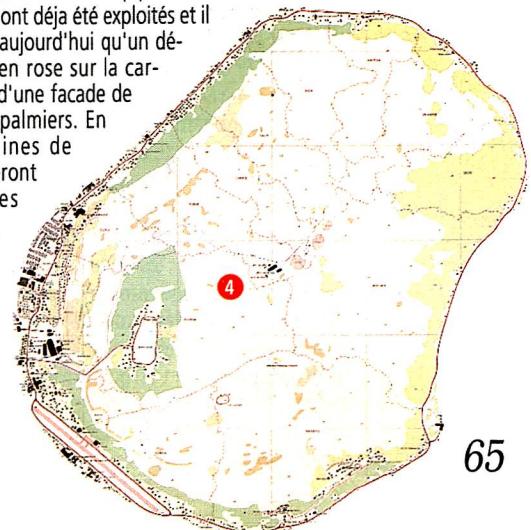


2

La petite république a donc décidé de porter plainte auprès de la Cour internationale de justice à La Haye pour exploitation abusive de ses ressources avant son indépendance, et pour réclamer à ses anciens "tuteurs," surtout l'Australie, le financement d'une partie de la remise en état de l'île. Le procès, s'il a lieu, sera alors attentivement suivi par les pays industrialisés, car il pourrait créer un précédent et inspirer à d'anciennes colonies des demandes de réparation auprès des puissances coloniales d'antan. L'issue du procès n'a, de toute façon, rien de certain, car l'île est indépendante depuis 1968. On peut penser que les Nauruans ont mal géré le "pactole" de 900 millions de dollars qu'ils avaient mis de côté. Air Nauru, ligne aérienne "internationale" dotée d'un

Au pays de l'or gris

Nauru, ce caillou juché sur l'équateur dans l'immensité du Pacifique (1), n'est qu'une gigantesque mine. L'exploitation intensive des phosphates dans la plus petite république du monde a commencé en 1906, après que les Australiens en eurent découvert l'utilité pour fertiliser leurs sols. Actuellement, l'île vit au rythme des bateaux : chaque jour de production, un train de plusieurs centaines de tonnes (2) achemine le minerai concassé jusqu'au port où, dans un nuage de poussière, il est chargé sur un minéralier (3). Les trois quarts de l'île ont déjà été exploités et il ne reste plus aujourd'hui qu'un désert inculte, en rose sur la carte (4), bordé d'une façade de plages et de palmiers. En 1995, les mines de phosphate seront épuisées. Les Nauruans, riches mais diabétiques, pourront-ils remettre leur île en état, ou devront-ils la quitter ?



seul avion, ne cesse de perdre de l'argent, et d'autres investissements ont été catastrophiques.

Mais la plus grande calamité qui ait frappé les Nauruans est d'ordre sanitaire : l'incidence extraordinaire élevée du diabète. C'est le résultat du brusque passage d'une vie primitive, active, ponctuée d'intermittentes disettes alimentaires et reposant sur une alimentation "naturelle", à un régime d'abondance et d'inactivité. Ce changement est intervenu trop rapidement pour permettre à la sélection naturelle d'adapter le patrimoine génétique de la population à sa nouvelle condition de vie. Les Nauruans travaillent peu : l'exploitation des mines de phosphate est confiée aux "travailleurs immigrés", provenant des îles voisines de Kiribati et de Tuvalu. Les Nauruans, riches et inactifs, sont les victimes de gènes portés par leurs ancêtres : des gènes de prédisposition au diabète, et plus particulièrement au diabète sucré non insulino-dépendant, dit diabète du type 2, qu'il faut distinguer du diabète juvénile, ou type 1. Le diabète du type 2 se déclare surtout à l'âge adulte, et il est caractérisé par la résistance à l'insuline, plutôt que par la destruction des cellules pancréatiques spécialisées dans la fabrication de cette hormone.

De nombreux chercheurs pensent que, dans les conditions de disette chronique du passé, les gènes prédisposant au diabète étaient utiles, car ils favorisaient l'accumulation de graisses de réserve qui permettaient de mieux supporter les périodes difficiles. Ces gènes ne mènent au diabète que dans des conditions d'abondance et d'inactivité de longue durée, conditions rares dans le passé mais qui sont la règle aujourd'hui.

Selon le Pr Jared M. Diamond, de la faculté de médecine de l'université de Californie, à Los Angeles, une sélection favorisant les gènes du diabète aurait été particulièrement forte chez les Nauruans pour trois raisons : leurs ancêtres ont atteint l'île après de longs voyages en canoë, au cours desquels les individus ayant une tendance à l'obésité ont eu de meilleures chances de survivre ; les sécheresses et les mauvaises récoltes étaient fréquentes sur l'île, provoquant des disettes intermittentes ; enfin, la quasi-totalité des habitants furent déportés pendant l'occupation japonaise, de 1942 à 1945, et un quart d'entre eux sont morts de faim. Pour le Pr Diamond, l'extraordinaire prévalence du diabète chez les Nauruans s'explique donc par un passé de disette et un enrichissement rapide.

Une abondance alimentaire toute relative a également provoqué une augmentation des cas de diabète dans de nombreuses autres populations : Indiens américains, Asiatiques immigrés en Europe, Polynésiens, habitants de Taiwan et de Hong Kong. Mais jamais à un tel degré : plus de la moitié des adultes de Nauru sont diabétiques. Globalement, le taux de diabète est passé de 0 % à 28 % en quelques décennies.

La quasi-totalité des individus ayant une prédisposition génétique au diabète en ont été atteints, pense le Pr Diamond. Une majorité d'entre eux est également devenue obèse. Le diabète s'est répandu à la manière d'une épidémie infectieuse, à la différence qu'il a épargné non les individus dotés d'une bonne résistance immunologique, mais ceux qui n'avaient pas le gène de prédisposition à cette maladie.

Le Pr Diamond craint que le diabète ne devienne un grave problème de santé publique dans de nombreux pays aujourd'hui en voie de développement. Il souligne que ce n'est pas sans raison que l'on appelle un mode de vie sédentaire, avec une alimentation riche en calories et

Le diabète, un risque majeur pour les nouvelles générations des sociétés en voie de développement

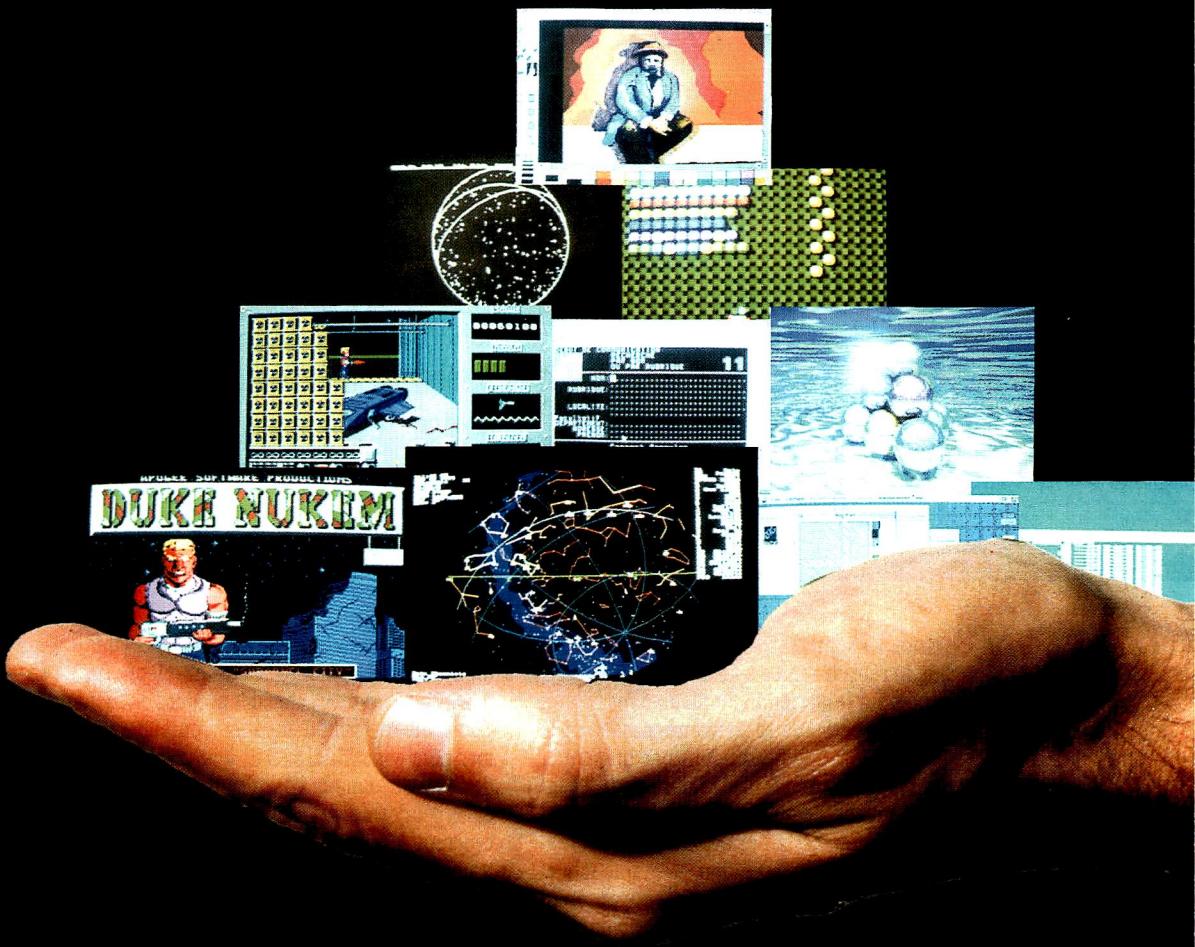
une tendance à l'obésité, "le mode de vie occidental", précisément parce qu'il est d'abord apparu dans les pays occidentaux industrialisés. Et, avant que la médecine moderne ait permis de traiter le diabète, cette maladie entraînait une plus forte mortalité. Une partie des individus génétiquement susceptibles d'en être atteints auraient donc été graduellement éliminés par sélection naturelle, et les gènes du diabète se sont raréfiés dans la population. Ainsi cette forme de diabète est relativement peu répandue dans les pays occidentaux ; sa prévalence a certes augmenté mais reste en dessous de 10 %.

Le risque pour les pays en voie de développement est tout autre, car la transition d'une société de disette à une société d'abondance ne se fait pas en plusieurs siècles, mais souvent en quelques générations. La sélection naturelle n'a pas le temps d'éliminer les gènes autrefois bénéfiques et soudain devenus nocifs.

Ainsi, pour le Pr Diamond, l'épidémie de diabète à Nauru n'est pas une bizarrerie de la nature, mais, peut-être, un avant-goût des événements qui sont en train de se préparer dans bon nombre de pays en voie de développement.

Jean Ferrara.

DES MILLIERS DE LOGICIELS A TELECHARGER AVEC QUICKTEL SUR 36 15 SM1



POUR RECEVOIR QUICKTEL, RETOURNEZ-NOUS LE BON CI-DESSOUS A :
SM1 - CMD1 - 110, RUE SAINT-DENIS, 75002 PARIS OU PASSEZ VOTRE
COMMANDE SUR LE 36 15 SM1.

AVEC VOTRE ORDINATEUR ET VOTRE MINITEL, (OU UN MODEM COMPATIBLE MINITEL) TELECHARGEZ CHAQUE SEMAINE DE NOUVEAUX LOGICIELS SANS VIRUS. FAITES VOTRE CHOIX SUR 36 15 SM1, LANCEZ QUICKTEL SUR VOTRE MICRO PUIS ATTENDEZ QUELQUES MINUTES POUR RECEVOIR LE PROGRAMME.

VOUS POUVEZ ALORS L'UTILISER ET LE GARDER CHEZ VOUS. SI C'EST UN SHAREWARE ET QU'IL VOUS PLAÎT, N'OUBLIEZ PAS L'AUTEUR... UNIQUE ! SM1 VOUS OFFRE SON ASSISTANCE TELEPHONIQUE POUR VOUS CONSEILLER.

ALORS, SANS PLUS TARDER, VENEZ DECOUVRIR LA RICHESSE DE NOTRE COLLECTION DE SOFTS SUR 36 15 SM1.

CP N° 69874 - 1.27 FRS/MINUTE

BON DE COMMANDE S&V

Je désire recevoir votre logiciel QUICKTEL au prix de :
 Logiciel seul : 20 francs Logiciel + câble : 100 francs

Mon micro est un :

PC 31/2 PC 51/4 ATARI ST AMIGA MAC

Pour PC et ATARI ST spécifiez le nombre de broches de votre sortie série :

Câble 9 broches Câble 25 broches

Merci de joindre votre règlement par chèque bancaire ou postal.

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Ville : _____ Code Postal : _____

PAR JEAN-MICHEL BADER ET MICHAEL HEIM

HIBERNATUS, L'ÉNIGME VENUE DU FROID



La découverte d'un homme momifié de 5 100 ans, dans un glacier du Bas-Tyrol, continue de susciter une attention considérable dans le monde savant. Mais cet intérêt se nuance désormais de soupçons, car le dossier de celui qu'on surnomme "Hibernatus" est obscur et douteux. Certains vont même jusqu'à soupçonner un montage comparable à celui du célèbre "Crâne de Piltdown", faux préhistorique notoire.

Le jeudi 19 septembre 1991, Helmut et Erica Simon, retraités mais sportifs, de Nuremberg, montés sur le glacier du Similaun dans le haut Adige, à la frontière austro-italienne, passèrent la nuit au refuge local. Redescendant par un sentier non balisé, ils parvinrent le lendemain à midi devant une grosse cuvette de glace, en surplomb du chemin ; ils la contournèrent et avisèrent ce qui ressemblait à une poupée de chiffon, avec une tête et deux épaules émergeant de la glace. Ils supposèrent que c'était la dépouille d'un alpiniste, comme les glaciers en rejettent chaque été... Ils prirent la première photo de celui qu'on allait surnommer "Hibernatus", ou encore "Otzi" en dialecte autrichien.

Ainsi commençait non une découverte, mais une affaire, voire une cause célèbre. Son mérite est de démontrer de façon éclatante, pour le grand public et non pour une poignée de savants, l'intérêt de la méthodologie scientifique, en l'occurrence archéologique. En effet, comme celle-ci n'a pas été observée, Otzi apparaît à certains scientifiques non comme un voyageur précieux venu de l'époque néolithique, mais comme un suspect. Nous sommes allés enquêter sur place. Nous pouvons donc offrir à nos lecteurs un dossier complet, quitte à les laisser en tirer eux-mêmes leur conclusion.

Les Simon retournèrent au refuge prévenir le gardien Markus Pirpamer. Celui-ci téléphona à son père Alois Pirpamer, chef des secours en montagne. Comme il s'agissait d'une zone frontalière, M. Pirpamer père conseilla d'avertir à la fois les carabinieri de Schnalz, dans la province italienne de Bolzano, et les gendarmes autrichiens de Soden. Les Italiens cédèrent la responsabilité de la découverte aux Autrichiens. Au refuge, un témoin suivait les péripéties : Reinhold Meissner, guide célèbre et "himalayiste" italien. Son rôle dans l'histoire est appréciable, mais quelque peu obscur.

Débute alors une série de manquements et d'erreurs. Tout d'abord, du jeudi au lundi suivant, le corps à demi émergé de la glace est laissé sans protection, ni garde ; il eût pu ainsi être attaqué par des

Encore dans leurs orbites ces yeux ont vu l'âge de pierre

Cela semble un miracle : d'habitude, ce sont ces fragiles membranes qui sont détruites en premier. Pourtant, la datation au carbone 14 d'un échantillon de la momie glaciaire lui a bien attribué un âge de 5 000 ans. C'est dans une cuvette rocheuse du glacier de Hauslabjoch – en Italie, à 100 m de la frontière autrichienne – qu'Otzi a été trouvé.

animaux. Erreur suivante, on tente à plusieurs reprises de le sortir de sa gangue glacée à coups de marteau-piqueur pneumatique, instrument visiblement mal adapté à la délicatesse de l'intervention et dont l'utilisation a indigné nombre de spécialistes. Mais, à la décharge des "chercheurs", presque personne ne sait encore qu'"Otzi" vient de passer du Néolithique tardif à l'ère médiatique.

Vendredi, les guides du refuge se rendent sur les lieux de la trouvaille - le corps y est encore prisonnier de la glace - et y découvrent une hotte, une hache, une fourrure, des lanières, une bourse et un arc fiché dans la glace. Ils photographient le tout et l'emportent, troisième erreur, sans plus de repérages, avant de redescendre.

Samedi, Meissner et deux autres alpinistes, Hans Kammerlander et Kurt Fritz, arrivent sur les lieux. Le corps est à moitié dégagé ; les hanches et les membres inférieurs

sont encore pris sous une épaisse couche de glace grise, opaque.

Quatrième erreur, ils consent au

piolet la glace qui enrobe le cadavre. Meissner, qui n'est ni archéologue ni paléontologue, déclare que le cadavre a au moins 500 ans, voire 3 000 ans. Sur quelles bases, on l'ignore. On sait seulement que

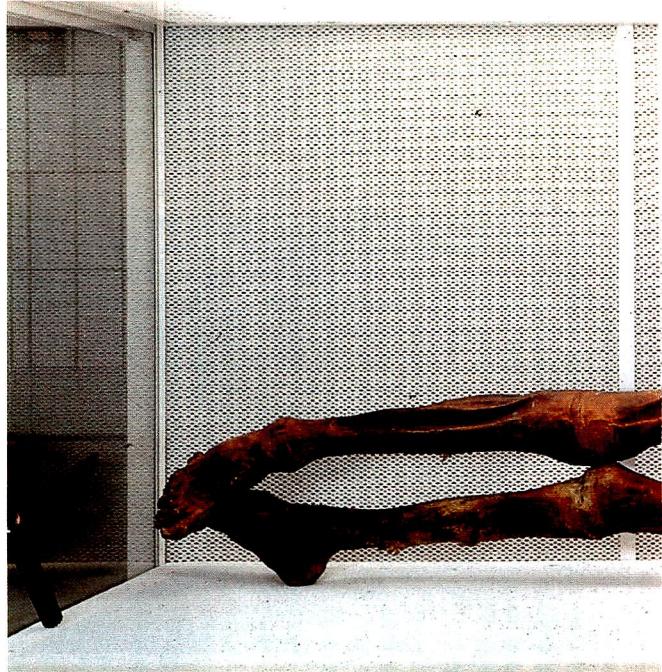
son attaché de presse



lui conseille de s'en tenir à 500 ans. Peut-être son "expérience" des yéti de l'Himalaya, ou des "Aryens du Tibet", qu'il affirmait avoir découverts il y a quelques années, lui servit-elle pour cette datation impromptue... Mais on ne peut manquer d'être intrigué par le fait que, le soir même⁽¹⁾, au cours d'une conférence de presse, Meissner déclare que, oui, l'homme est vieux, très vieux, il a encore au pied une chaussure en cuir à lacets, fourrée de foin qui le protégeait du froid. Ceci est bien exact, mais ce détail ne sera connu que le lundi suivant, quand Otzi, enfin dégagé de sa gangue, sera présenté aux caméras de l'ORF autrichienne. L'intuition de Meissner laisse rêveur. Car ce n'est que le lendemain, dimanche 22 septembre, qu'Alois Pirpamer et Franz Gurschler, un guide qui dit s'être lui aussi trouvé là par hasard, dégagent complètement le cadavre, de nouveau avec un piolet de montagne.

Le lundi 23, l'université d'Innsbrück prend enfin des dispositions pour gérer la découverte. Un hélicoptère est affrété pour aller, fût-ce tardivement, effectuer un inventaire du site. Passager principal, le Pr Rainer Henn, de l'institut médico-légal de l'université. Selon Lisa Rausch, ex-collaboratrice de la cellule de communication de ladite université, le pilote Anton Produnger s'est vu confier, juste avant le décollage, un appareil-photo par Werner Nosko, photographe et alpiniste local, qui ne pouvait prendre place dans l'appareil. Les photos de Produnger sont les seules qui aient échappé à l'exclusivité vigilante imposée par l'université, mais déjouée sans cesse par les médias : à l'atterrissement sur le Hauslabjoch, la télévision autrichienne est déjà là pour accueillir le Pr Henn.

Otzi a regelé pendant la nuit : heureusement, Markus Wiegele, un autre alpiniste présent par hasard, prête son bâton de ski pour le dégager. Cinquième erreur, à consterner un étudiant en archéologie de première année : à coups de bâton, on gratte furieusement la glace, on tire sur les membres, on fait gicler la glace, on jette dans la neige une bourse de cuir et de précieux débris végétaux – le foin dont la chaussure était garnie. Otzi est retourné sur le dos avec si peu de ménagements que, d'une déchirure de la peau de sa hanche gauche, perce le fémur, déboité du cotyle. Sixième erreur, personne n'effectue de relevés topographiques, ni de prélèvements de la glace en-



Sorti intact du broyeur glaciaire

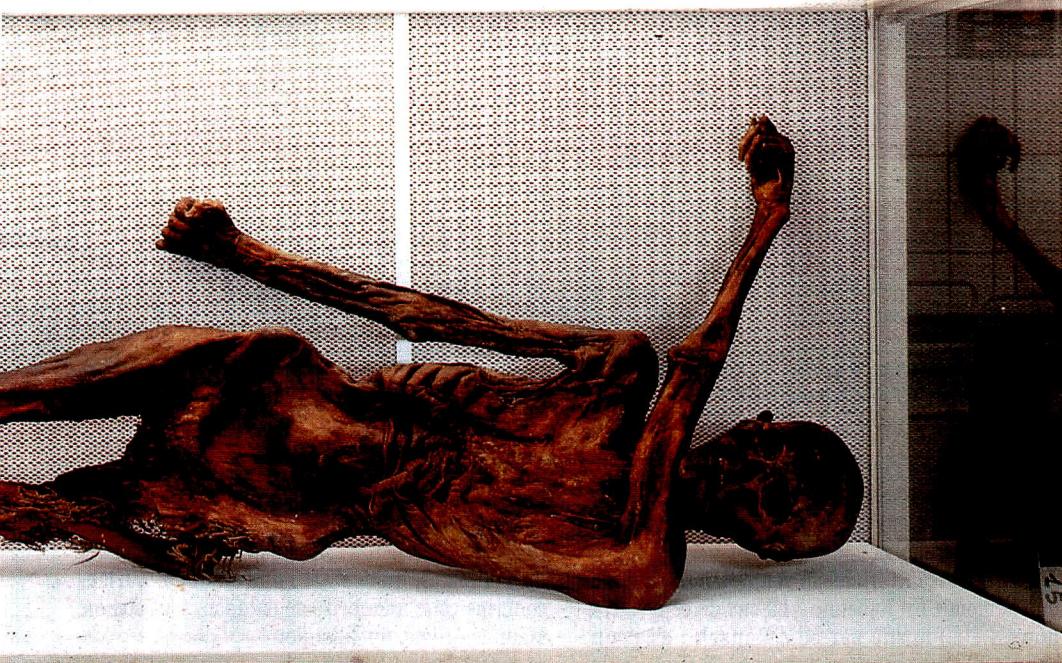
Deux énigmes : si l'on en croit l'analyse au carbone 14, Otzi serait bien resté cinq mille ans dans la glace ; or les glaciers les plus lents se renouvellent tous les six cents ans au maximum et ils ont "recraché" alors tout ce qu'ils contenaient. D'autre part, ils broient tout ce qui y est tombé : la pression statique moyenne est de 14 à 20 tonnes par m² ; leur masse est parcourue de courants, de failles, de zones de subduction, et la glace est parsemée de roches qui peuvent peser des dizaines de tonnes. Comment alors ce corps humain a-t-il pu rester intact ?

tourant le corps. Aucune mesure n'est prise non plus pour la conservation des objets jusqu'alors prodigieusement préservés.

Mis en bière, Otzi est héliporté jusqu'à l'institut médico-légal d'Innsbrück. C'est la lecture du quotidien local qui avertit le Pr Konrad Spindler, préhistorien universitaire, lequel accourt aussitôt. Prématurément, il déclare que la hache de l'homme paraît typique de l'époque du bronze ancien, entre le II^e et le I^r millénaire avant notre ère. Mais, aux erreurs relevées plus haut – que peut à la rigueur expliquer le fait que les scientifiques aient été pris au dépourvu – se joignent des contradictions, et des singularités portant sur de fausses pistes ou des pistes non suivies, qui sont, cette fois, imputables à ces mêmes scientifiques.

Le site de la découverte prête déjà à contestation. Nous avons comparé les photos qui y ont été faites à plusieurs reprises et selon de multiples angles : celle des Simon, prise le jeudi, montre une mer de

(1) Témoignage recueilli par Michael Heim (Bayerische Rundfunk TV, Munich) auprès de Werner Nosko, photo-journaliste d'Innsbrück. Les journaux *Alto Adige* en Italie (édition du dimanche 22 septembre 1991) et *Tyrolean Tageszeitung* en Autriche (édition du lundi 23 septembre 1991) ont également rapporté les déclarations de Reinhold Meissner.



glace sale entourée de neige fraîche, et l'arrière du crâne de la momie, qui dépasse de la surface de la glace ; mais le samedi, sur un autre cliché, Meissner est photographié de face devant une barre rocheuse surplombant la momie. Or, il eût fallu que le niveau de la glace eût baissé de deux mètres en deux jours pour dégager ainsi ce promontoire rocheux. C'est à dire qu'il eût fallu des températures sahariennes. Mais rien de tel n'a été enregistré par les stations météo. Le dimanche, seuls présents sur les lieux, Pirpamer père et Gurschler. Aucune photo de ce jour-là n'est disponible pour comparaison.

Le lundi, sur les clichés pris par le pilote de l'hélicoptère, le site a encore totalement changé d'aspect : la neige est mouillée, parsemée de gros rochers gris et noirs absents des autres photos. Otzi, qui la veille encore était pris jusqu'aux hanches dans la glace, est inexplicablement posé dans un mélange de neige et de glace sale. Le site est donc complètement remanié. Certes, les paysages changent vite en haute altitude et le violent orage de neige qui, le vendredi soir, secoua la montagne et interrompit les recherches a pu tout modifier. Pas au point cependant que les alpinistes du samedi aient été obligés de faire de nouvelles fouilles, puisque, le lendemain, on a facilement retrouvé Otzi.

Les soupçons qu'inspirent ces modifications du site et de l'aspect de la momie sont confirmés par les déclarations du pilote de l'hélicoptère, rapportées par Mlle Rausch. Quand il revient le deuxième jour sur le site qui lui est désigné par un responsable de l'université, il ne le reconnaît pas : arrivant par l'est, face à son appareil se dresse cette fois, dans un axe nord-sud, le glacier du Hausebajoch, devant lequel une petite vallée secondaire, qui en est issue, se termine en surplomb dans la fameuse cuvette.

Deux cents mètres au-dessus de celle-ci, au milieu d'un névé vierge qui éblouit le pilote, trois piquets de bois sont érigés. C'est là que la momie aurait été découverte, du moins selon les déclarations de Meissner, lors de sa conférence de presse. Plus tard, le pilote confiera à Nosko, celui qui lui a prêté sa caméra, se souvenir d'un autre site. On a failli ne jamais le savoir, car ce pilote a, depuis, échappé à la mort dans un accident d'hélicoptère.

Ces contradictions flagrantes sur le site s'expliquent sans doute par des considérations d'ordre juridique : en effet, quand les carabiniers italiens sont mandés pour prendre la momie en charge, ils se récusent, alléguant qu'elle a été découverte en territoire autrichien. Ce qui est singulier, car la frontière passe au milieu du site. L'argument est d'ailleurs tellement subtil que, pour savoir de quel côté on a trouvé Otzi, les gouvernements italien et autrichien devront faire appel à des topographes (voir photo p. 75) et à des douaniers, qui dégageront les bornes frontière. Comment donc les policiers italiens de Schnals auraient-ils su où se trouve la frontière ?

Tout se passe comme si Meissner, citoyen du Bas-Tyrol italien, avait voulu que la momie fût italienne. Tel semble avoir été également le souhait de la municipalité d'Innsbrück, de l'université, du vice-chancelier autrichien et d'un cabinet d'avocats internationaux. L'hypothèse d'une manipulation est renforcée par une périple déconcertante : quand les topographes interviennent pour établir la frontière, ils dégagent d'abord deux bornes délimitant une ligne droite ; Otzi est un citoyen autrichien. Mais, miracle ! Au dernier moment, comme le capitaine Haddock retrouvant par hasard la grotte cherchée par Tintin au Tibet, ils dégagent, devant l'omniprésent Meissner, une troisième borne

Des pièces à conviction contradictoires

Pourquoi la bourse est-elle perméable ?

Le cuir animal et la peau humaine ont la même structure cellulaire. Si la momification des deux s'est faite sur place, pourquoi la bourse prend-elle l'eau, alors que la peau d'Otzi reste imperméable ?

entre les deux premières. Les bornes définissent, cette fois, un triangle ! En foi de quoi, la momie a été trouvée en Italie.

Pourquoi les Autrichiens souhaitaient-ils donc que la momie fût italienne ? La clef de ce mystère nous a été fournie par Mlle Rausch : c'est un couple allemand qui a "inventé" (2) Otzi ; s'ils avaient pu faire valoir leurs droits sur la découverte, l'Etat autrichien eût dû se plier au droit international et partager les royalties avec eux, si royalités il y a. En revanche, en Italie, un décret de 1938, toujours en vigueur, stipule que toute découverte effectuée sur le sol italien est un trésor historique national, exclu de tout partage.

On ne peut donc s'empêcher de penser que ces considérations ont pu faire modifier le site de la découverte de la momie et faire transporter celle-ci d'un endroit à l'autre. Pour la science seul compte ce dernier point : une étude archéologique précise du site n'a pu être réalisée. En effet, en archéologie de terrain, le site est aussi important que la découverte. Reste qu'Otzi, propriété de l'Italie, a été prêté aux Autrichiens pour étude, puis il repartira pour un musée (équipé d'un réfrigérateur à - 6 °C et à 98 % d'hygrométrie) dans la province de Bolzano.

La datation de la momie et des objets est-elle correcte ? On s'est, en effet, empressé de prêter à l'inconnu du Similaun une origine très ancienne. Après tout, c'aurait pu être quelque pasteur du siècle dernier perdu dans la montagne et mort de froid. Mais quatre laboratoires, Gif-sur-Yvette, Oxford, Zürich et Uppsala, ont daté des échantillons du corps et des objets attenants. Le Dr George J. Van Klinken, du Radio Carbon Unit Accelerator d'Oxford, a bien voulu nous faire parvenir la liste des datations des os et de la peau d'Otzi. Sachons lui gré de ne pas s'être soumis à l'embargo de publications qu'impose l'université d'Innsbrück aux autres chercheurs !

La momie a donc plus de cinq mille ans. Les physiciens, après calibration, ont établi trois fourchettes de datation : entre 5 341 et 5 291 ans, entre



5 201 et 5 151 ans, et entre 5 131 et 5 111 ans. C'est la fourchette la plus jeune qui semble la plus probable aux chercheurs britanniques. Le Dr Bonnani, du Politeknik Institut de l'université de Zurich, confirme cette fourchette de datation, tout comme Maurice Arnold, du laboratoire des faibles radioactivités du CEA-CNRS de Gif-sur-Yvette. Interrogés par nous sur la provenance des échantillons, ils sont tous formels : ceux-ci sont arrivés par la poste à Oxford et à Paris, et ont été apportés au Dr Bonnani, à Zurich, par le Pr Garber, l'assistant du Pr Platzer. Nous n'avons aucune raison de douter du sérieux et de la compétence de l'université d'Innsbrück. Toutefois, il eût été plus satisfaisant, surtout dans une aussi ténébreuse affaire, que les échantillons pré-

Carquois et flèches inutiles

Le carquois, en cuir lui aussi, prend l'eau, à la différence de la peau de la momie. Quant à l'arc en if de 1,80 m, il n'est pas achevé : renfort central manquant, branches non aplatis, aucune encoche ni pointe à ses extrémités pour recevoir et maintenir la corde. Qui va s'embarrasser d'un arc inutilisable en haute montagne ? Les flèches, elles, sont en aubier brut. Sur les quatorze retrouvées près d'Otzi, douze ne possèdent ni empennage ni pointe, bien qu'elles aient été fendues. Pourquoi ces flèches qui n'en sont pas ?



(2) En termes de fouilles, l'inventeur est le découvreur d'un site.

levés pour la datation l'eussent été en présence d'une tierce autorité.

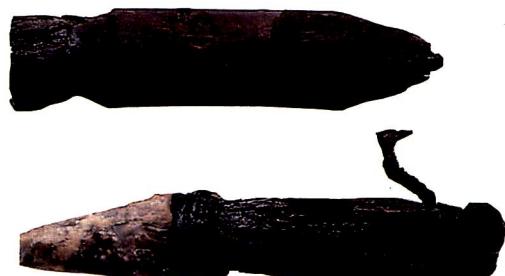
Il faut, en tout cas, déplorer que les cellules d'Otzi n'aient pas été confiées à des cryobiologistes. Eux seuls eussent pu établir la "signature du froid", l'empreinte laissée sur les organites, les membranes, les protéines, par les congélations et décongélations successives. En effet, les modifications de structure des éléments cellulaires (les mitochondries, le réticulum endoplasmique) donnent des indications sur ce qui s'est passé au cours de la momification, qu'elle ait été froide ou chaude. La carence est lourde.

On peut également s'étonner de l'échec des analyses des cheveux retrouvés à côté de la momie,



Le briquet et la dague n'ont pas été datés

Il n'y a pas eu datation au ^{14}C pour les bois du briquet (*ci-dessous, en bas*) et du manche de la dague (*ci-dessous, en haut*). Ni utilisation de la méthode de thermoluminescence qui aurait permis de dater les silex du briquet et de la lame.



mêlés à des tresses de crin animal. Des échantillons en ont été envoyés à Wiesbaden, au laboratoire de police scientifique du Bundes Kriminal Büro. Les spécialistes de ce laboratoire n'y ont trouvé aucune structure moléculaire identifiable, ni ADN ni protéines de groupe. De son côté, Manfred Wittig, un inspecteur du bureau criminel fédéral autrichien, assure, après analyse, que les cheveux



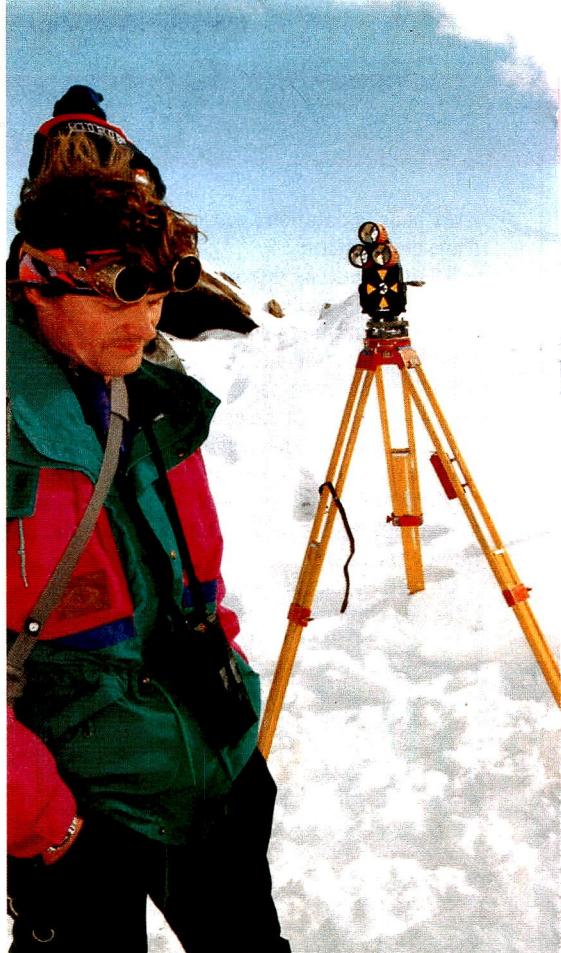
La hache en bronze, ou en cuivre ?

On l'a d'abord crue en bronze, ce qui aurait été un anachronisme flagrant. Puis on l'a reconnue en cuivre, déjà utilisé au Chalcolithique, époque à laquelle aurait vécu Otzi.

et les poils de barbe prélevés sur Otzi appartiennent à la catégorie Y (!). Pourtant, il y a vingt ans que l'analyse microscopique permet de différencier, grâce à leur structure, des cheveux et des poils d'animaux, de savoir de quelle partie du corps ils viennent par exemple, et, par activation neutronique, de mesurer même les traces métalliques qu'ils contiennent (l'analyse des cheveux des momies égyptiennes remonte déjà à de nombreuses années). Le traitement des vestiges d'Otzi par Wittig est donc également décevant. Mais peut-être le dossier n'en a-t-il pas été communiqué à la presse.

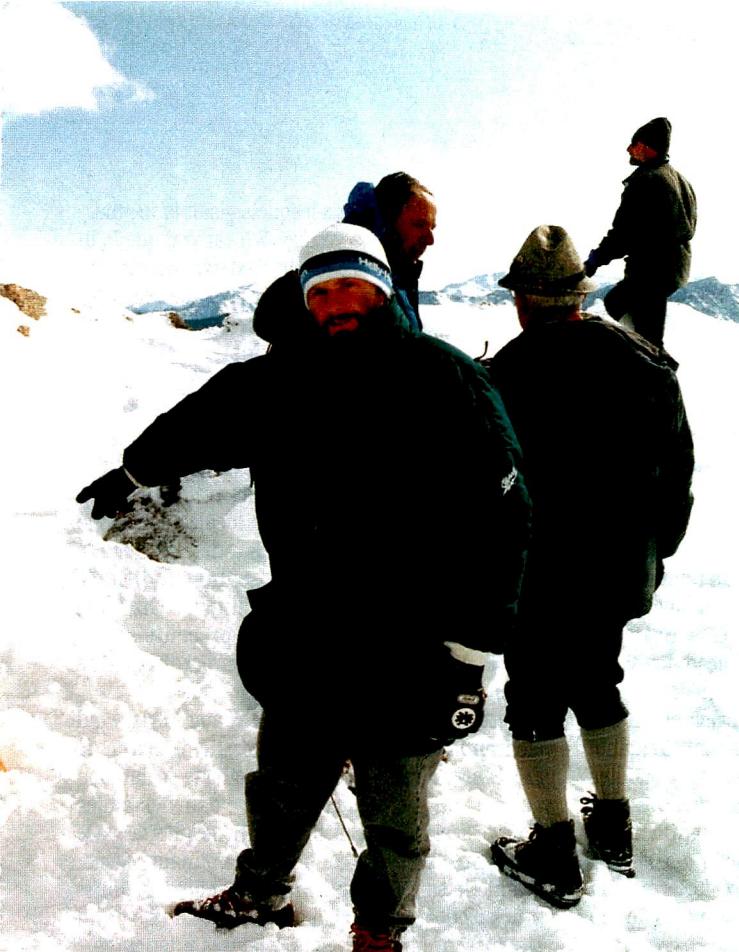
Quelques autres aspects des datations comportent des singularités, sans doute pas irrecevables, mais troublantes. Celle des objets a ainsi réservé quelques surprises. Seule la hache (voir photo p. 73) a été étudiée avec des méthodes modernes. Le Pr Spindler, déjà cité, l'a expertisée. C'est un spécialiste reconnu des haches anciennes, et l'auteur d'un livre sur ce sujet. Il décrit l'objet comme typique des haches à rebords du début du Néolithique (de fait, elle est plus tardive, on le verra plus loin). Pour le vérifier, la lame de métal a été bombardée par des photons X pour en exciter les atomes. Chaque corps chimique a sa propre signature atomique et renvoie à la machine un signal de fluorescence spécifique. Plus le corps est présent dans le métal, plus puissant sera le signal. C'est ainsi qu'on s'est avisé que la quantité d'étain contenu dans la hache est inférieure à 0,01 %. Ce n'est donc pas une hache de bronze, mélange d'étain et de cuivre, mais une hache de cuivre.

Cette découverte a soulagé les chercheurs : il était été fortement suspect qu'un homme de l'âge de pierre – qui a donc vécu il y a 5 000 ans – se servît d'une hache de bronze, métal qui n'allait être utilisé en Europe que deux mille cinq cents à deux mille ans plus tard. Une hache de cuivre, c'est à dire remontant à une période allant de - 3 000 à - 2 000 avant notre ère, est plus plausible : l'utilisation du cuivre est déjà connue à l'époque à laquelle appartient l'inconnu du Similaun, le Chalcolithique, le Néolithique tardif. L'analyse du Pr Spindler est infirmée. Bien que moindre, l'écart entre l'âge de l'inconnu et la date d'utilisation du cuivre ne satisfait pourtant pas Lawrence Barfield, de l'université de Birmingham, en Grande-Bretagne, qui l'a publiquement déclaré à la BBC. Telle n'est pas l'attitude de Patrice Brun, du CNRS à Paris : « Il n'y a pas encore eu de publication scientifique sur Otzi. Mais on connaît au moins deux sites en Suisse et un en Allemagne où l'on a découvert des haches de cuivre dans un contexte de l'âge de pierre. » Rare, mais possible donc.



En revanche, il est pratiquement impossible de dater les métaux : ils ne contiennent en effet aucun isotope dont la courbe de décroissance radioactive permette des datations. Seuls les objets en fer contenant du carbure de fer, lui-même préparé avec du charbon de bois, peuvent être datés, nous explique Michel Fontugne, physicien au laboratoire des faibles radioactivités de Gif-sur-Yvette. L'autre difficulté pour les métaux, c'est qu'il n'y a pas de «remise à zéro de la pendule», comme c'est le cas pour les poteries quand elles sont cuites au four : on obtient donc l'âge de constitution du minerai, lequel peut être très éloigné de celui de la fabrication de l'objet ; et le processus de fonderie primitive ne modifie pas sensiblement la composition atomique des métaux. On ne peut donc dater spécifiquement la hache trouvée près d'Otzi. Mais on peut se rabattre sur les objets annexes qui comportent des repères biologiques. Ainsi, le manche de la hache, en if, pourrait être daté au carbone 14 (3). Michel Fontugne en a bien reçu des échantillons, mais il n'a pas encore eu le temps de l'étudier. Reste à savoir aussi l'origine et l'époque du sable qu'on voit sur cette hache.

Otzi portait également sur lui un minuscule poignard (voir photo p. 73), qui intrigue le Pr Spindler :



A cent mètres près, Otzi était autrichien

Les topographes envoyés sur le glacier pour vérifier le tracé de la frontière ont fini par dénicher, grâce sans doute à Reinhold Messner (**à gauche**), la borne qui fait d'Otzi un citoyen de la péninsule. Ce qui, grâce à la loi italienne qui exclut tout partage, le met à l'abri des prétentions des découvreurs.

«Si l'on avait trouvé sans son manche cette lame dièdre rectifiée, on aurait assurément pensé à une pointe de flèche.» La lame, effectivement en mauvaise état, est en silex qu'on pourrait dater : une méthode d'étude par thermoluminescence, déjà utilisée pour les poteries, est actuellement adaptée, par Hélène Valadas à Gif-sur-Yvette, à l'étude des silex. En voici le principe : les minéraux au cours du temps sont soumis aux rayonnements bêta, gamma et alpha de l'environnement ; ces rayons déplacent des électrons des atomes de l'objet sur les couches les plus énergétiques. Les atomes stockent donc de l'énergie qui peut ensuite être libérée par chauffage. Les objets émettent alors une thermoluminescence témoignant de cette accumulation d'énergie au cours du temps. Les silex chauffés livreraient ainsi le secret de leur âge. Nous n'avons pas connaissance que cette lame ait été datée. Il serait, de toute façon, difficile d'utiliser ce silex comme repère pour confirmer l'âge de

l'inconnu du Similaun. Barfield estime que, dans ses montagnes, Otzi était loin des sites d'approvisionnement en silex ; cette lame n'est pas une «première main», elle a dû avoir de nombreux propriétaires antérieurs. Peut-être vient-elle de Monte Lessini, comme le croit Barfield, car il y a là, toujours présent, un gisement de silex qu'on pourrait comparer à celui de la lame.

Plus déconcertant est le reste de l'équipement d'Otzi. Quiconque a passé ne serait-ce qu'une journée de ski en haute montagne, chaussé de peaux de phoque, sait que le poids, c'est l'ennemi. Le strict minimum avant tout. Otzi avait minutieusement préparé son périple : bottes fourrées, cape végétale, vêtements doublés de fourrure, nourriture, carquois avec arc et flèches.

Mais certains détails choquent. Ainsi, l'arc en if de 1,80 m n'est pas dégrossi : on distingue encore des traces de taille sur ses bords, le renfort central n'a pas été réalisé, les branches de l'arc ne sont pas aplatis, les extrémités ne sont ni appointées ni encochées pour recevoir la boucle de la corde. Pourquoi s'embarrasser d'un arc qui ne peut tirer ? Les quatorze flèches (*voir photo p. 73*) sont tout aussi inutiles. Douze d'entre elles sont des hampes d'aubier écorcé, fendues pour recevoir la pointe, mais elles n'ont ni empennage ni pointe. Pourquoi s'embarrasser de flèches qui n'en sont pas ? Peut-être parce qu'on est un *chaman* qui part combattre symboliquement des esprits. Mais alors, pourquoi les

(3) Bien des choses reposent sur les données des datations au carbone 14. Hélène Guillemot expose les limites de cette méthode dans l'article intitulé "Carbone 14 : la pendule du passé remise à l'heure" dans ce même numéro, p. 80. Pour les objets vieux de 10 000 ans, le carbone 14 rajeunit l'âge réel de mille à trois mille ans. On le sait grâce à la dendrochronologie : les arbres ayant chaque année une enveloppe supplémentaire, on compte les cercles concentriques, visibles sur une coupe, pour calculer leur âge. Par chance, on en a trouvé quelques-uns vieux de presque 10 000 ans qui ont permis de "calibrer" la méthode au 14 C. Pour une datation à 5 000 ans, cette méthode est bonne, et ses résultats fiables.

autres armes, la dague, la hache, et les outils sont-ils bel et bien réels, et polis par l'usage ?

Le lieu de conservation de la momie, le glacier, suscite particulièrement des interrogations. Tout glacier est comparable à un fleuve. Certains sont rapides, comme le glacier des Bossons, à Chamonix, qui avance de 100 à 150 m par an. Il rend régulièrement, depuis les années 1950, les débris des corps d'alpinistes disparus ou de victimes des catastrophes aériennes. Ainsi, le 14 août dernier, on y a vu resurgir le bras d'un singe qui se trouvait dans la soute de l'avion d'Air India disparu, avec ses cent dix-sept passagers, le 24 janvier 1966 au-dessus du mont Blanc. D'autres sont plus lents : dans la région d'Innsbrück, l'an dernier, on découvrit sept corps de soldats disparus entre la Première et la Seconde Guerre mondiale. Le glacier Theodul, près de Zermatt, en Suisse, a libéré de sa prison de glace un soldat suisse tombé dans une crevasse il y a 400 ans. Une chose est sûre, depuis cent cinquante ans que les glaciologues étudient ces mastodontes – et surtout depuis qu'on effectue des prélèvements pour évaluer la teneur en 14 C d'échantillons de matériaux organiques inclus dans la glace – ces spécialistes sont unanimes : aucun glacier ne met plus de six cents ans à descendre des névés de son sommet à sa langue, tout en bas.

Otzi, lui, est un homme du Chalcolithique, et il est mort à peu près à l'âge de 30 ans ; il serait donc resté plus de cinq mille cent ans dans le glacier de Similaun. A l'époque, les neiges éternelles ne commençaient qu'à 3 300 m. Et le site de découverte est situé à 3 400 m. Un corps ne peut donc pas avoir passé cinq mille ans dans un glacier qui se renouvelle tous les six cents ans. L'équipe de glaciologues de l'université d'Innsbrück, dirigée par le Dr Gernot Patzelt, invoque ici l'hypothèse de la cuvette isolée. Le site de découverte est, en effet, constitué d'une sorte de ciboire rocheux, en surplomb au-dessus d'une vallée issue elle-même du glacier. Il y a cinquante siècles, le glacier primitif charriaît blocs de glace et rochers hors du trajet principal. Ceux-ci cheminaient dans la petite vallée et passaient par-dessus la cuvette où Otzi reposait. Comme l'anse abritée du courant d'une rivière, la cuvette aurait donc gardé à l'abri l'homme du Similaun pendant cinq mille ans. Ce serait le réchauffement brutal de ces dernières années, associé à un vent de sable venu du Sahara au mois de mars 1991, qui aurait alors accéléré la découverte. En effet, le sable jaune foncé déposé sur la neige ne réfléchit pas les rayons solaires, mais les absorbe et fait fondre jusqu'à 10 cm d'épaisseur de glace par jour. Il n'aurait donc fallu que six jours pour

attaquer les 60 cm sous lesquels gisait la momie.

C'est là un point à vérifier. S'il est vrai que la limite inférieure du glacier du Pasterze, au pied du Grossglockner, dans la même région, soit remontée de 169 m sous l'effet de la chaleur, les analyses statistiques des stations météo installées dans les autres massifs autrichiens n'ont enregistré, pendant cette période, qu'une remontée moyenne de 5,77 m en un an⁽⁴⁾. Selon Michel Vallon, du laboratoire de glaciologie de Grenoble, « autrement dit, les limites des glaciers n'ont pas vraiment bougé cette année-là ». Les conditions locales sont donc particulièrement importantes à déterminer : le sable saharien a-t-il beaucoup modifié le Similaun ? On a trouvé du sable autour d'Otzi ; une petite quantité en était même présente sur la hache. Mais aucune analyse comparative de ce sable n'est pour l'instant au programme.

Certes, il eût été nécessaire de dater la glace qui environnait la momie. A l'université de Berne, le Pr Hechger a mis au point une méthode de datation au 14 C du gaz carbonique piégé dans les bulles d'air de la glace. Quelques dizaines de kilos de glace suffisent aux mesures, toute la communauté glaciologique le sait : pourquoi les scientifiques d'Innsbrück n'ont-ils pas réclamé que des échantillons du site fussent préservés pour analyses ultérieures ? Septième erreur, sans doute assortie d'une huitième : en août 1992, les chercheurs sont revenus sur le site pour filtrer 600 tonnes de neige, afin d'y retrouver des débris qui auraient échappé aux fouilles... De toute façon, des éléments précieux pour une datation circonstanciée de l'environnement de la momie semblent perdus à jamais.

L'intégrité corporelle de la momie suscite aussi des interrogations. Dans un glacier, tombent des rochers de plusieurs dizaines de tonnes. Ils absorbent la chaleur solaire et, comme des pépites de chocolat chaud dans un sorbet, font fondre la glace autour d'eux, s'enfonçant peu à peu. Ils rejoignent alors d'énormes courants de convection qui font s'écraser et glisser les unes sur les autres des plaques, des zones de subduction, parsemées de pépites rocheuses. Cette gigantesque meule érode la montagne et broie tout ce qui y tombe. Un Chamoniard, Christian Mollier, gérant de la grotte située en bas de la langue du glacier des Bossons, évoque ses souvenirs : « Il y a quatre ans, j'ai vu en une semaine un crâne, une colonne vertébrale, une jambe. Il devait s'agir du même homme. Les corps ne sont jamais entiers car [...] ils ont été disloqués par les mouve-

(4) Ces travaux ont été effectués par l'équipe du Dr Patzelt, de l'université d'Innsbrück.

(5) Voir *France Soir*, 26 août 1992.

ments du glacier. A l'intérieur, il y a de véritables courants de glace qui cisaillement les corps. J'ai retrouvé des mains comme tranchées au niveau de l'avant-bras."⁽⁸⁾ Autres indications de Louis Reynaud, du laboratoire de glaciologie de Grenoble : «En 1988, un cadavre éjecté de la mer de Glace mesurait 2,80 m.» Le glacier l'avait étiré de plus d'un mètre. D'autres corps sont «épluchés» par le glacier et on en retrouve les pièces détachées sur plus de 150 m.

Pour expliquer qu'Otzi n'a pas subi ces pressions, il faudrait, une fois de plus, recourir à l'hypothèse de la cuvette qui l'aurait isolé des courants de glace circulant au-dessus de lui. L'équipe d'Innsbrück postule que, lorsque le glacier s'est retiré, au début de notre ère, seuls restaient plus de 5 m d'épaisseur de glace, laquelle aurait progressivement fondu. A quoi on peut objecter que, telle qu'elle apparaît sur les photos, la cuvette n'a pas 5 m, mais tout au plus 1,60 m de profondeur. Frêle carapace. Par ailleurs, la couche de glace des glaciers alpins mesure en moyenne de 14 à 20 m depuis cent cinquante ans. Même si elle était restée statique, la pression exercée sur un corps par le simple poids de la glace est formidable : 14 à 20 tonnes par m². A supposer même que cette pression fut restée, pendant cinq mille ans, parfaitement homogène en tous points, le moindre déplacement de la glace aurait produit des forces énormes. Comment cette main, gracie et pathétiquement crispée sur le vide, n'a-t-elle pas été broyée, ou tout au moins détaillée du corps ?

La momification suscite aussi des questions. Otzi a été retrouvé à 3 400 m d'altitude. Il y a cinq mille ans, les glaciers descendaient 100 m plus bas. La probabilité est donc grande que l'individu que voilà soit tombé dans la neige ou sur la glace. Selon le Pr Spindler, qui dirige les recherches à Innsbrück, l'inconnu du Similaun aurait chuté sur

un emplacement dépourvu de glace, au milieu du glacier. Et c'est un vent chaud, un foehn d'automne, qui aurait desséché et, en quelque sorte, «lyophilisé» le cadavre (la lyophilisation proprement dite est une déshydratation à basse température, sous vide).

Ce processus, si c'est le vrai, intriguerait alors par son homogénéité. Tombé face contre terre, selon les rapports, l'homme n'a pas offert également au foehn toutes ses parties. Les aisselles, le visage, les points d'appui eussent dû échapper au phénomène. En outre, c'est un vent brûlant, tropical, qui eût été nécessaire pour sécher rapidement le corps. Les chercheurs d'Innsbrück estiment en effet que sa mort est survenue en automne, c'est-à-dire peu de temps avant les premières neiges. On ignore si un climat tropical a régné il y a 5 000 ans sur la région. Les glaciologues, qui savent rechercher dans la glace les traces des climats anciens, eussent pu le dire ; ils n'ont pas été consultés.

L'hypothèse d'une momification naturelle par le foehn n'est donc que cela, une hypothèse. Certes, les victimes de meurtres rituels dans les Andes⁽⁹⁾, abandonnées à l'air en haute altitude, présentent un aspect momifié. Mais ce n'est pas le cas pour la momie du Similaun : la peau de celle-ci évoque un gant de cuir, enfilé au dessus d'un squelette. Il reste les parties



Un chat momifié à 2 400 m pour ajouter à l'incroyable

Dans une vallée proche du site de découverte d'Otzi, a surgi une momie de chat, apparemment aussi bien conservée que lui. S'agit-il d'un chat sauvage, domestique, ancien ou moderne ? Que faisait-il si haut dans la montagne ? La datation au carbone 14 est en cours. Attendons...

molles, les tendons, les muscles, les dents, les oreilles et... les yeux. Un idéal d'égyptologue : en effet les plus anciennes momies égyptiennes ont 3 000 ans et ne bénéficient certes pas d'une conservation aussi remarquable.

Quant à l'hypothèse d'une momification par la glace, à l'intérieur de la fameuse cuvette, elle ne satisfait pas plus le Pr Spindler. Nous l'avons interrogé à Innsbrück : «D'habitude, les corps pris dans la glace n'ont pas du tout cet aspect. La peau prend une coloration noirâtre, les tissus se boursoufle, se délitent et se morcellent. C'est la *fettwax* qui détruit peu à peu tout tissu et rend le corps méconnaissable. Les momies qui se rapprochent le plus de l'homme du glacier sont celles de l'expédition Franklin, dont les marins morts ont été enterrés en 1846 dans une île entre le Canada et Terre-Neuve. On retrouve le même aspect sec de la peau et du corps, qui se sont momifiés naturellement.» Toutefois, ces marins ont été enterrés dans la terre gelée, à l'abri de l'air. Leur milieu de conservation ressemble plutôt à celui des hommes des tourbières de l'âge de fer scandinave (Tollund et Grauballe) jetés après un meurtre rituel dans les marais danois. Parmi toutes les momies, eux seuls présentent cette intégrité générale, surtout de l'épiderme, qui distingue l'homme du Similaun. Or, le Pr. Spindler soutient que l'homme est mort sur le glacier. Serait-il alors tombé dans une crevasse, ou dans un trou qui aurait été ensuite recouvert de neige ? Mais alors, on pourrait reconnaître sur le site ces accidents de terrain. Non, la cuvette est plate, peu profonde, sans failles.

Il faudrait donc qu'Otzi eût été d'abord momifié, puis enseveli par la glace. Dans ce cas, objecte le Pr Spindler, «on ne s'explique pas pourquoi le cadavre, avant d'être enseveli par la neige, n'a pas été attaqué par des charognards.» Quand les vautours, par exemple, fondent sur un animal ou sur un homme morts, ils attaquent d'abord les yeux. Ce n'est pas le cas pour Otzi : les siens ont été conservés, donc préservés des coups de bec ou de griffes. Seul l'arrière du crâne porte une cicatrice compatible avec un coup de bec.

La peau d'Otzi déconcerte d'autant plus que, le jour de la découverte, le cuir de la bourse trouvée à proximité a été détrempé (voir photo p.72). La peau

de la momie, elle, eût dû subir la même transformation, d'autant plus qu'elle n'a évidemment pas été tannée. Ce n'est pas le cas : elle ressemble à du cuir tanné imperméabilisé. Quel phénomène chimique a ainsi transformé la peau de l'homme pour qu'il garde sa rigidité et son imperméabilité, à la différence du cuir de cette sacoche ? Si un processus naturel de momification a modifié le corps, pourquoi n'en a-t-il pas été de même pour la bourse ?

Plus étrange encore, Le Pr Henn, professeur de pathologie de l'institut médico-légal, s'est étonné auprès de nous de l'état parfaitement homogène de la momie, lors de l'exhumation, et de son insensibilité apparente aux changements de température qui se sont produits, pendant les quatre nuits et cinq jours après sa découverte, au cours desquels elle est restée exposée au froid et à la chaleur. Normalement, on aurait dû observer des plissures de la peau, des altérations des muqueuses ; elles font ici totalement défaut.

Citons à cet égard une neuvième erreur par omission : dans le cas où Otzi aurait été dûment momifié par des hommes avant sépulture, on eût pu retrouver la trace des ingrédients de la momification. Les bitumes, l'asphalte, les aromates utilisés pour



(6) Dans l'*Autel le plus haut : le sacrifice humain de l'Antiquité à nos jours* (Robert Laffont), Patrick Tierney rapporte que, de nos jours encore, des enfants sont drogués et emmenés à 6 000 m. Là-haut, on leur fracasse le crâne, et on les jette dans des puits à l'air libre, mais recouverts de branchages ; les oiseaux et les prédateurs ne peuvent atteindre leurs cadavres, qui se dessèchent sans décomposition.

(7) Avec les membres de l'école de Don Brondwell, du groupe d'archéologie de l'université de Londres.

embaumer une momie laissent des traces dans les tissus. On peut en rechercher la présence en soumettant des échantillons à la chromatographie ou à la spectrométrie de masse. Or, cela n'a pas été fait. Pis, Otzi a été imbiber de phénol, pour être mieux conservé, mais au risque de masquer les produits éventuellement présents.

De nombreuses autres singularités appellent des recherches poussées. Ainsi le Dr Cabacho, paléopathologiste de Bolzano, en Italie, a étudié⁽⁷⁾ les dents du sujet et il a trouvé que «la très forte abrasion des dents antérieures ne colle pas avec l'âge du squelette». Pourquoi ? Auraient-elles été limées ? On ne peut que s'étonner des carences répétées de toute la procédure autour d'Otzi ; c'est le cas du Dr Pierre-François Puech, connu de nos lecteurs pour ses études sur les dents préhistoriques et sur le crâne de Mozart. «J'avais posé ma candidature pour l'étude des dents en septembre 1991. Je n'ai jamais

eu de réponse de l'université d'Innsbrück», déplore ce spécialiste. «Pourtant, il serait fascinant de chercher dans ces dents devenues poreuses par très grande usure la présence, dans la chambre pulpaire, de ces produits d'embaumement. J'ai étudié à Lyon les momies égyptiennes du musée Guimet et j'ai trouvé de telles traces, car on badigeonnait de ces produits l'intérieur de la bouche et les dents.» Ces études ne sont pas programmées à Innsbrück, encore une piste négligée.

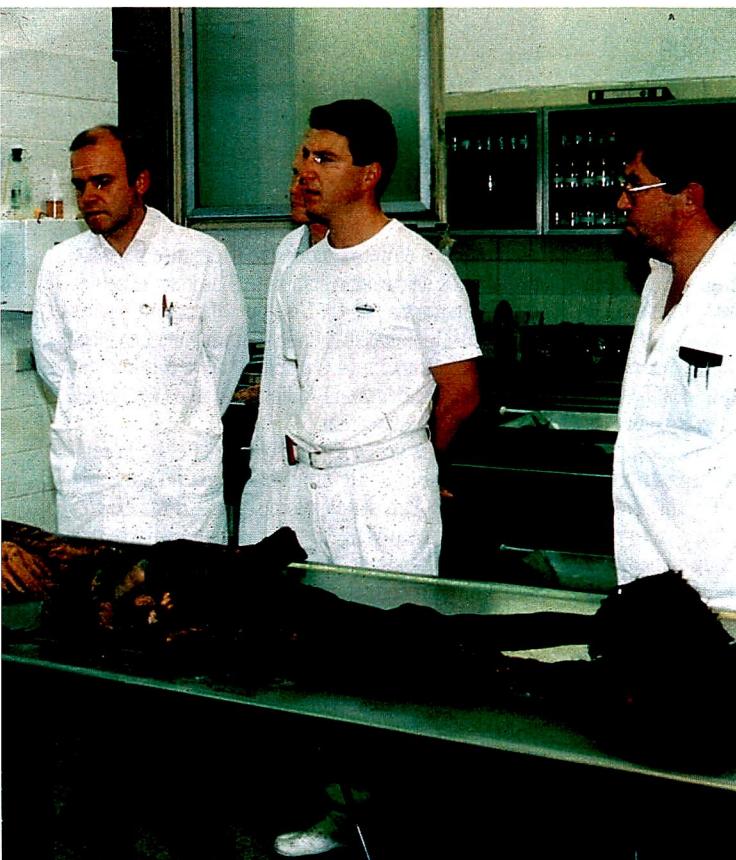
L'éénigme de la castration alourdit encore le dossier d'Otzi. Le fatidique lundi 23 septembre, le Pr Henn retourna Otzi et, désignant son pubis, signala l'absence de pénis. Comment ce scientifique interpréta-t-il cette singularité supplémentaire ? «Je refuse de répondre ou de prendre position sur ce point», a-t-il dit. On ne pourra plus lui poser à nouveau la question : le Pr Henn est mort depuis, dans un accident d'hélicoptère.

un accident d'automobile, c'en serait à croire aux malédictions des momies ! Le Pr Spindler, lui, est très affirmatif : Otzi n'a pas été castré, c'est la fouille qui a été trop brutale. Les archéologues ont fouillé le site sans succès à la recherche du pénis manquant ; c'est donc qu'ils espéraient le retrouver. Mais est-on bien certain qu'il n'y ait pas eu castration avant la mort ? C'est dans ce sens que penche le Pr Tilly, spécialiste de mythologie à l'université de Munich : Otzi serait un prêtre ou un *chaman* rituellement castré, d'abord consacré, puis sacrifié au culte du dieu Atys - l'époux de Cybèle, qui s'était lui-même châtré dans une crise de folie. «Un grand tatouage sur la peau du dos, qui forme trois faisceaux contigus de traits verticaux, un autre qui représente une croix sur le genou gauche, un autre encore sur la cheville droite fait de traits multiples, cet ensemble est en faveur d'un être volontairement distingué de sa communauté d'origine.» Et la

(suite du texte page 178)

Ceux qui y croient, ceux qui n'y croient pas

De gauche à droite, le Dr Bortonschlager (botaniste), le Dr Konrad Spindler (chef du groupe, médiévaliste), le Dr Rainer Henn (pathologiste), et leurs assistants ; dès le deuxième jour, le Dr Henn avouera croire à une supercherie.



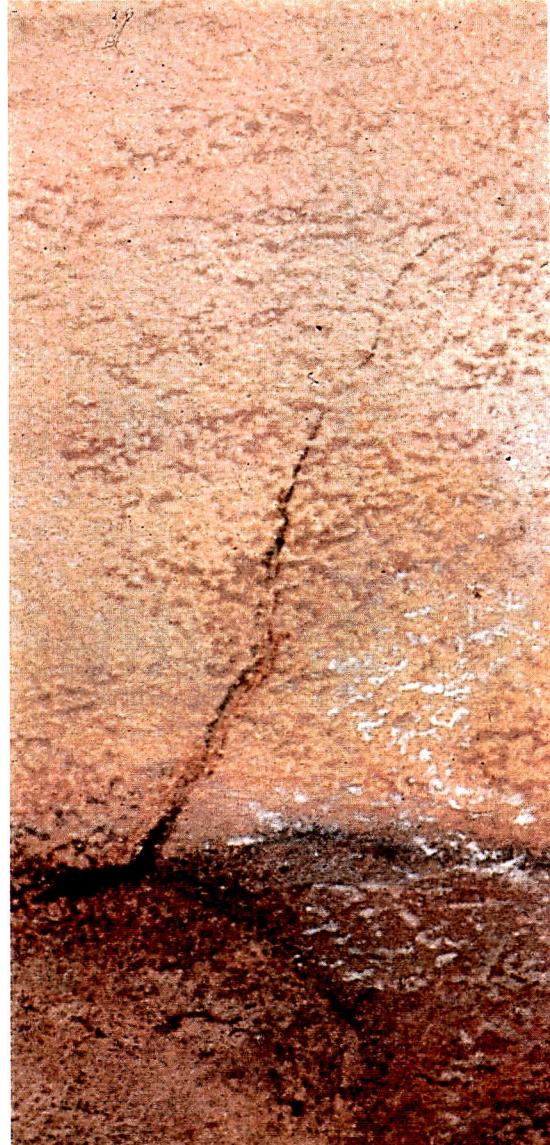
PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

CARBONE 14 : LA PENDULE DU PASSÉ REMISE À L'HEURE

On savait que la datation au carbone 14 "rajeunit" les objets vieux de plus de 10 000 ans. On connaît, depuis peu, la principale origine de l'erreur : la variation du champ magnétique terrestre. Tous les âges déterminés par cette méthode, entre 10 000 et 40 000 ans, sont à réviser à la hausse.

Depuis la naissance de la datation archéologique au carbone 14, au début des années 1950, les paléontologues et les spécialistes de la radioactivité savaient qu'elle est sujette à certaines imprécisions. Car la teneur de l'atmosphère en carbone 14 n'est pas restée identique durant des dizaines de millénaires. Elle a été modifiée, d'une part, par les variations de la production de radionucléides, liées aux variations du moment magnétique terrestre et de l'activité solaire, et, de l'autre, par les échanges entre les réservoirs de carbone, l'océan, l'atmosphère et la biosphère. Or on vient d'affiner beaucoup la méthode. Pour la comprendre, reprenons en détail les périples du carbone 14 (en abrégé 14 C).

L'atmosphère, l'océan et les êtres vivants végétaux et animaux contiennent beaucoup de carbone, mais sur 1 000 milliards d'atomes de carbone, un seul est du carbone 14. On l'appelle ainsi parce que son noyau est composé de 6 protons et 8 neutrons (donc



14 particules en tout), alors que l'immense majorité des atomes de carbone comporte 6 protons et seulement 6 neutrons (12 C). L'isotope (¹⁴C) carbone 14 est radioactif : instable, il se brise spontanément en éjectant un électron. Le 14 C disparaît donc continuellement par désintégration radioactive, mais est recréé tout aussi régulièrement.

Les atomes de 14 C naissent en effet de la rencontre, dans la haute atmosphère, d'une particule cosmique et d'un simple atome d'azote. Plus exactement, un proton venu des espaces intergalactiques réagit avec un atome en entrant dans l'atmosphère terrestre, pour donner un neutron ; et c'est ce neutron secondaire qui percutte à son tour un atome d'azote, pour le transformer en carbone 14. Celui-ci va, comme ses frères atomes de carbone ordinaire, se lier avec l'oxygène de l'air pour constituer une molécule de CO₂ (dioxyde de carbone, appelé gaz carbonique). Il est alors entraîné dans le grand cycle du gaz carbo-



Les peintures de Lascaux prennent un coup de vieux

On sait maintenant que ces animaux ont entre 18 000 ans et 19 000 ans, et non plus 16 500 ans environ comme on l'avait établi grâce à la datation au carbone 14.

nique, entre terre, mer et air : brassé dans la circulation atmosphérique, absorbé par la surface des océans, descendant vers les couches océaniques plus profondes, libéré dans l'atmosphère par les eaux marines, ingéré par les végétaux lors de la photosynthèse, rejeté par respiration des plantes et par la décomposition. Et le ^{14}C , détruit par sa propre radioactivité et régénéré en haute atmosphère, garde la même concentration dans l'atmosphère et les eaux de surface⁽¹⁾ ; donc aussi dans les végétaux et animaux qui, tant qu'ils sont vivants, échangent en permanence du carbone avec l'air ou

l'eau. Mais, dès qu'un végétal ou un animal meurt, tout échange avec l'atmosphère est stoppé et son carbone reste fixé dans l'organisme. Alors, les atomes de ^{14}C disparaissent peu à peu par désintégration radioactive, sans être remplacés par de nouveaux venus de l'atmosphère. C'est sur ce principe simple qu'est fondée la technique de datation : tant qu'un organisme est vivant, son taux d'isotope ^{14}C reste constant, égal au taux atmosphérique ; dès qu'il meurt, ce taux se met à décroître. La méthode du ^{14}C s'applique donc aux restes organiques (plantes et animaux fossiles, charbons de bois, etc.) et à ceux dits "carbonatés" : coquillages et squelettes de coraux.

Connaissant le rythme de la disparition du ^{14}C ,

(1) Les isotopes sont des atomes qui ont le même nombre de protons, mais un nombre différent de neutrons, comme le carbone 12 et le carbone 14.

(2) En fait, le taux de carbone 14 dans l'océan profond est un peu inférieur à la teneur atmosphérique : car le renouvellement en ^{14}C atmosphérique est ralenti par l'épaisseur d'eau à traverser.

c'est-à-dire sa période radioactive de 5 730 ans⁽³⁾, la teneur actuelle du fossile en 14 C indique donc le temps écoulé depuis que les échanges avec l'atmosphère - ou l'eau - ont cessé.

Mais ce raisonnement suppose que l'on connaisse les valeurs d'origine, autrement dit le taux de 14 C de l'atmosphère, à l'époque où la substance organique participait aux échanges. Comme on ignorait ce taux (du moins jusqu'à récemment), on postula qu'il n'avait pas varié au cours des cinquante derniers millénaires. Or ce n'est pas le cas : si le taux de décroissance radioactive est immuable, la production du 14 C dans la haute atmosphère, et les équilibres entre l'air, l'eau et la vie ont varié au cours du temps.

C'est grâce à des pièces archéologiques égyptiennes qu'on a relevé pour la première fois, il y a une trentaine d'années, le décalage entre l'âge réel et celui indiqué par le 14 C : connaissant l'âge réel de ces pièces, on a pu établir la différence. La datation au carbone 14 imprécise obligeait à trouver une technique plus fiable : on a imaginé une méthode, la dendrochronologie, fondée sur l'âge des bois fossiles en comptant les anneaux de croissance des troncs d'arbres (un chaque année) : si un arbre compte, par exemple, 100 anneaux, on sait que son âge réel est de 100 ans. On date ensuite ce même arbre au 14 C, et l'on note la différence.

Des comparaisons systématiques ainsi faites ont montré que le 14 C tend à "rajeunir" les objets vieux de plus de 2 000 ans ; au-dessous, la marge d'erreur est de l'ordre de dix ans, c'est-à-dire qu'elle est négligeable pour des vestiges tels que le Suaire de Turin. On a pu établir une courbe de calibration, qui corrige

(3) La période, qui caractérise chaque espèce radioactive, est le temps au bout duquel la moitié d'une population d'atomes radioactifs se sera désintégrée. La radioactivité étant un phénomène aléatoire par excellence, il est par principe impossible de prévoir quand un atome particulier va se désintégrer : ce peut être dans un millième de seconde, comme dans vingt ans ou dans un million d'années. En revanche, la radioactivité étant un phénomène statistique, on sait à quelle cadence disparaît un grand nombre d'atomes : c'est ce qu'indique la période radioactive. Ainsi, la période du carbone 14 est de 5 730 ans : si vous avez aujourd'hui 100 milliards d'atomes de carbone 14 (c'est ce que contiennent 2 grammes de carbone naturel), la moitié, soit 50 milliards, se sera désintégrée dans 5 730 ans. Il n'en restera que 25 milliards dans 11 460 ans, 12,5 milliards dans 22 920 ans et ainsi de suite... La période radioactive commande le rythme des désintégrations : il suffit donc de compter les désintégrations dans l'échantillon à analyser pour connaître le nombre d'atomes de carbone 14, puis son rapport 14 C/12 C, et en déduire son âge.

la dérive de la datation au 14 C. Muni de cet étalonnage, on pouvait déjà rétablir les âges réels, en toute confiance, jusqu'à environ 11 000 ans, âge des plus vieux arbres analysés.

Puis, en 1990, la correction des datations au 14 C a été poussée plus loin : une équipe franco-américaine a daté des coraux de l'île de la Barbade, dans les Caraïbes, à la fois par le 14 C et par la technique dite uranium-thorium. Au cours de sa formation, le squelette du corail absorbe, en effet, des traces d'uranium de l'eau de mer, mais sans en absorber aucune de thorium. Or l'uranium se désintègre en donnant du thorium radioactif (période de 72 500 ans). Lorsqu'on mesure, grâce à des techniques pointues, les quantités (infimes) de thorium et d'uranium présentes dans

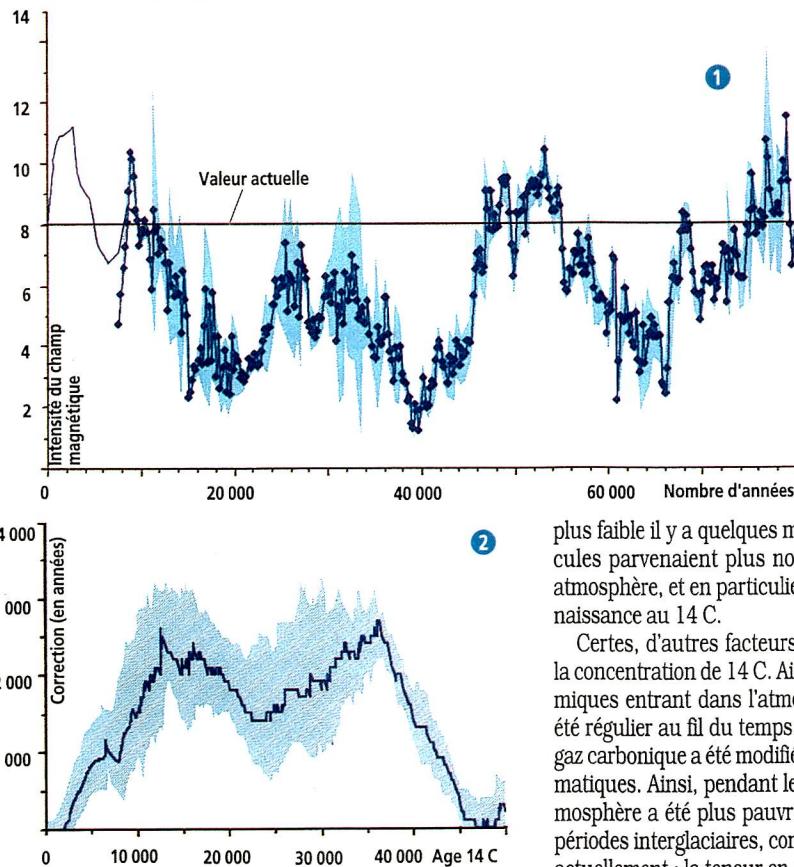
Une carotte de sédiments marins a fourni un enregistrement continu du magnétisme terrestre depuis 80 000 ans

les coraux, sachant que le thorium ne peut provenir que de la désintégration de l'uranium, on en déduit l'époque à laquelle le squelette du corail s'est formé. Comme cette méthode est complètement indépendante de celle du 14 C, on en a comparé les résultats avec des datations des mêmes coraux au 14 C. On a trouvé que celle-ci diverge de celle de l'uranium-thorium, et que sa dérive peut atteindre 3 000 ans pour

des objets datant de 20 000 ans. Cela indique que la concentration atmosphérique en 14 C était alors beaucoup plus élevée qu'aujourd'hui : jusqu'à 40 % de plus d'après les calculs. De nouvelles mesures, effectuées sur des sédiments marins cette fois, ont expliqué pourquoi.

Une équipe du Centre des faibles radioactivités (laboratoire mixte CEA-CNRS à Gif-sur-Yvette) a analysé l'aimantation de sédiments prélevés en Méditerranée, depuis notre ère jusqu'à - 80 000 ans. L'aimantation d'une roche, ou plutôt des minéraux magnétiques qu'elle contient, étant proportionnelle à l'intensité du champ magnétique de la Terre, la carotte de sédiments offre une "mémoire", c'est-à-dire un enregistrement continu du magnétisme de notre planète pour la période en question. Et on constate que l'intensité du champ magnétique de la Terre était notablement plus faible qu'aujourd'hui pour une période allant de 18 000 à 45 000 ans : elle avait alors, en moyenne, la moitié de sa valeur actuelle (voir courbes page ci-contre).

Or le champ magnétique terrestre influe beaucoup sur la production de 14 C. Quand des particules chargées d'électricité traversent un champ magnétique, elles sont déviées. Le champ magnétique terrestre



Le carbone 14 rajeunit le passé

Le champ magnétique terrestre agit sur la concentration du carbone 14 dans l'atmosphère : il dévie les particules cosmiques qui sont à l'origine de la production de cet isotope. Des chercheurs du Centre des faibles radioactivités de Gif-sur-Yvette ont obtenu un enregistrement continu du champ magnétique terrestre, d'il y a 80 000 ans jusqu'à aujourd'hui, grâce à une carotte de sédiments marins : entre – 10 000 et – 45 000 ans, ce champ était sensiblement plus faible (1), donc le taux de ^{14}C dans l'air plus élevé. Résultat, les âges calculés en supposant cette teneur constante sont à revoir à la hausse. Connais-
sant les variations du champ magnétique de la Terre par le passé, on a calculé la correction (2) à apporter aux âges attribués par la technique du ^{14}C . La surface bleutée de part et d'autre du tracé de cette correction représente la marge d'erreur, due à la relative imprécision des mesures de champ magnétique sur les sédiments. Par exemple, le gisement préhistorique de Pincevent, dans la région parisienne, qui renferme des foyers et des objets de chasseurs de rennes du Magdalénien et qui avait été estimé vieux de 12 000 ans, compte, en fait, 2 000 ans de plus environ. Ce qui d'ailleurs concorde avec les datations effectuées par une autre méthode, la thermoluminescence, qui attribue à ces vestiges un âge de 1 380 ans (± 400 ans).

dévie donc les particules cosmiques chargées qui foncent vers la Terre en provenance de l'espace ; il agit comme un bouclier. Plus ce champ est puissant, plus le bouclier est efficace et moins les particules cosmiques pénètrent dans l'atmosphère. Par conséquent, le champ magnétique terrestre ayant été

plus faible il y a quelques milliers d'années, les particules parvenaient plus nombreuses dans la haute atmosphère, et en particulier les protons qui donnent naissance au ^{14}C .

Certes, d'autres facteurs pourraient avoir modifié la concentration de ^{14}C . Ainsi, le flux de protons cosmiques entrant dans l'atmosphère n'a peut-être pas été régulier au fil du temps. Mais surtout, le cycle du gaz carbonique a été modifié par des changements climatiques. Ainsi, pendant les périodes glaciaires, l'atmosphère a été plus pauvre en CO_2 que pendant les périodes interglaciaires, comme celle que nous vivons actuellement : la teneur en ^{14}C de ce gaz carbonique a été alors plus élevée. Cela dit, malgré l'influence certaine des variations du CO_2 , on pense que le rôle principal dans les variations du ^{14}C atmosphérique revient bien au champ magnétique terrestre.

Grâce à cette nouvelle référence, il est donc possible de réétalonner la datation au ^{14}C pour obtenir une précision plus grande dans les datations de vestiges très anciens. On a ainsi construit une courbe de calibration remontant à 50 000 ans, c'est-à-dire couvrant toute la marge de validité du ^{14}C (au-delà, la proportion de cet isotope devient si faible que les mesures ne sont plus très significatives). Cette courbe fait apparaître que la différence entre l'âge mesuré par le ^{14}C et l'âge réel peut aller jusqu'à 2 000 et 3 000 ans (voir courbes ci-dessus) pour les objets âgés respectivement de 20 000 et 40 000 ans (soit, en gros, 10 % de l'âge). Elle recoupe désormais les résultats de la méthode uranium-thorium citée plus haut.

Archéologues, préhistoriens, paléontologues, géologues, spécialistes du climat vont donc réviser leurs chronologies. Ainsi, les bisons et chevaux de Lascaux prennent un petit coup de vieux : ils ont été peints il y a 18 000 ans environ, et non il y a 16 500 ans comme on le pensait jusqu'ici. Mais ils n'en ont que plus de charme !

Hélène Guillemot

Soif de partir !

DE CEUX QUI PARTENT VRAIMENT

Aujourd'hui, il existe mille façons d'étancher votre soif de partir. Vous pouvez très bien avoir une folle envie de bronzer sous les cocotiers. Quelque temps après, de vous délecter devant les portails romans de Saintonge et plus tard, de crapahuter dans les Carpates en solo. VOYAGE PRATIQUE décline les vacances sous tous leurs aspects. Il vous donne les solutions pratiques pour organiser votre voyage et les astuces pour profiter au maximum de vos vacances.



**NOUVEAU
LE MAGAZINE**

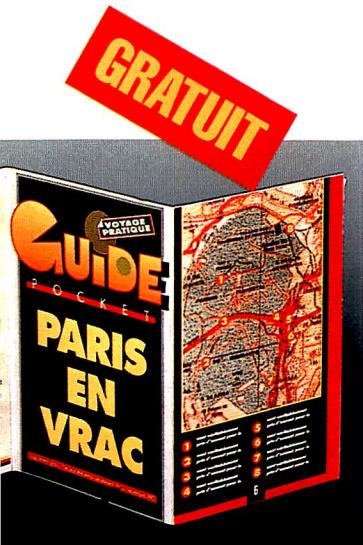


**N°2
SPECIAL
PARIS**

LE PREMIER MAGAZINE

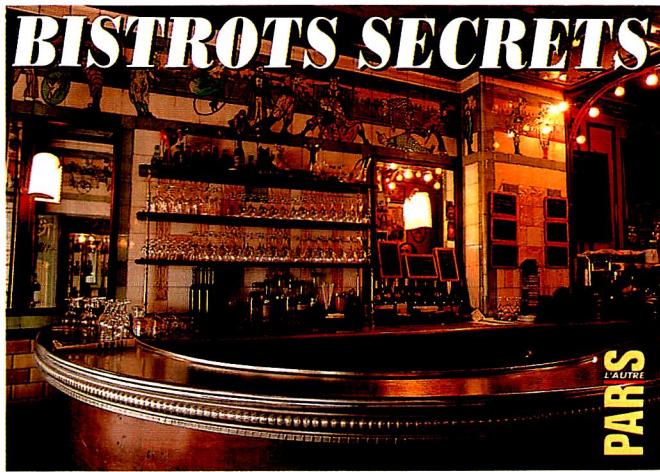
Voyager futé

Ceux qui le peuvent aiment partir huit jours en Septembre ou en Octobre. Bonne saison pour louer moins cher une villa ou un voilier, descendre le cours d'une rivière en bateau habitable... Bonne saison aussi pour préparer les vacances d'hiver ou un voyage au long cours. Le n°2 de Voyage Pratique fourmille d'idées...



Le Guide-Pocket détachable

Avec chaque numéro de Voyage Pratique, le Guide Pocket, plein de tuyaux et l'adresses. Dans le n°2, Paris en vrac : des promenades nez au vent par arrondissements, mélan-geant les boutiques rares, les petits musées incon-sus, les lieux les plus magiques de Paris. Un vade-necum à conserver, avec index par genres.



Un tout autre Paris

Eh oui, vous n'y pensiez pas : vous avez voyagé, vous avez bronqué, mais Paris est toujours à découvrir. Dans le n°2 de Voyage Pratique, le Paris des bistrots secrets, le Paris poétique de Doisneau, le Paris des Puces les moins chères d'Europe, le Paris des collections étranges. Bref, le Paris des surprises au coin de la rue.

Idées neuves pour vos week-ends

Trente destinations à portée de week-end. Le n°2 de Voyage Pratique vous promène en France et chez nos voisins proches. Au bord de la mer, sur des petites îles ou en pleine nature ; à Florence ou à Londres et même, pour vous ressourcer, dans un monastère... Hôtels douilletts, hôtels cocons, petits restaurants savoureux, fermes-auberges : une manière de prolonger les vacances en automne.

VOYAGE PRATIQUE

UN MAGAZINE DU GROUPE SCIENCE & VIE

RECOMMANDÉ PAR

L'ACTION AUTO

PRATIQUE DU VOYAGE

PAR PHILIPPE RICHARD

SETI : À LA RECHERCHE DES EXTRA-TERRESTRES

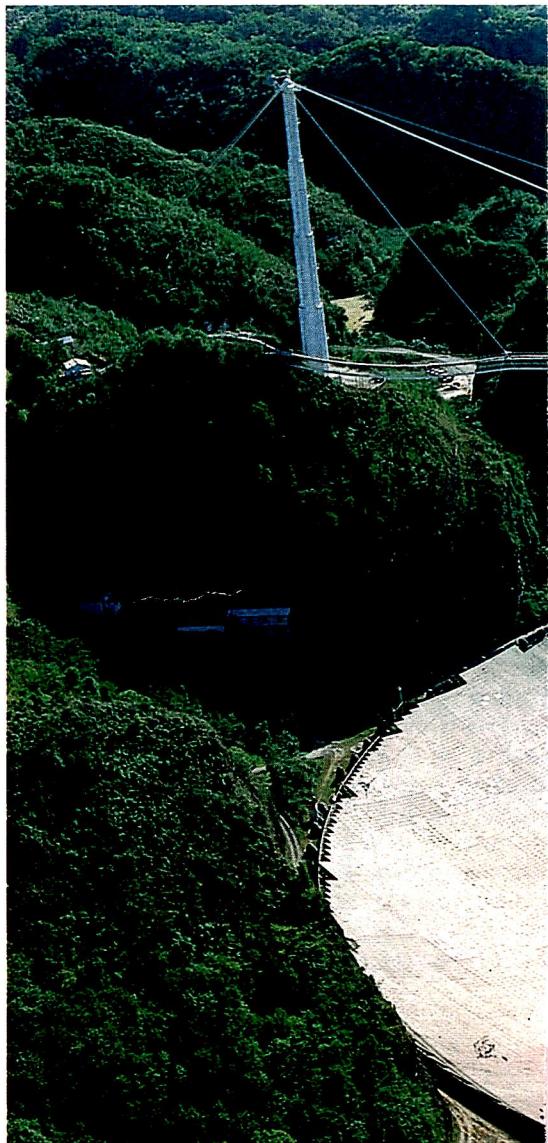
Le 12 octobre, au 500^e anniversaire de la découverte de l'Amérique, la NASA devrait relancer la recherche d'une vie intelligente dans l'Univers. Mais cette fois, et pendant dix ans, avec un équipement d'une puissance et d'une finesse sans précédent. L'espoir et le scepticisme se confondent : on attend une réponse venue d'ailleurs...

Il y a une trentaine d'années qu'on s'essaie à détecter des signaux de vie intelligente dans l'Univers. On en a adressé ça et là, et, dans l'espoir d'une réponse, on a tendu des oreilles électroniques. Mais en vain. On le conçoit sans peine, l'espace est un océan de signaux électromagnétiques, dont certains sont très faibles, trop faibles pour être captés et déchiffrés avec les équipements dont on disposait jusqu'à maintenant. Cette fois-ci, la NASA et la centaine de scientifiques qui participent au projet SETI (*Search for Extra-Terrestrial Intelligence*, soit recherche de l'intelligence extra-terrestre) se sont équipés de moyens infiniment plus puissants.

Pour écouter les ondes électromagnétiques qui se déplacent dans l'espace à 300 000 km/s, et dont certaines pourraient, en effet, comporter des messages venus d'une civilisation intelligente, la NASA prévoit deux missions :

- La Targeted Search (recherche ciblée) : le radio-télescope de l'observatoire d'Arecibo (*voir photo ci-contre*) à Porto Rico visera, parmi les étoiles les plus proches (dont les signaux sont donc assez puissants), les 800 qui ressemblent le plus au Soleil (pour avoir une chance de trouver une planète comparable à la Terre). Ces détecteurs balayeront des fréquences comprises entre 1 et 3 gigahertz (GHz) – ce qui correspond à des longueurs d'onde décimétriques (¹).

(1) Rappelons que la fréquence est le nombre d'oscillations par seconde du signal, tandis que, pour obtenir la longueur d'onde, on mesure... la longueur d'une période. Sachant que, dans l'air, les ondes radio se déplacent à la vitesse de la lumière (c), on a donc $F = c/\lambda$. Ainsi, si $\lambda = 1 \text{ dm} = 0,1 \text{ m}$, $F = 3 \cdot 10^8 \text{ Hz} = 3 \text{ GHz}$. Le choix des ondes décimétriques permet de pallier les inconvénients de l'écoute de l'Univers : les nébuleuses gazeuses, les quasars, les pulsars et autres supernovae émettent naturellement des ondes métriques.

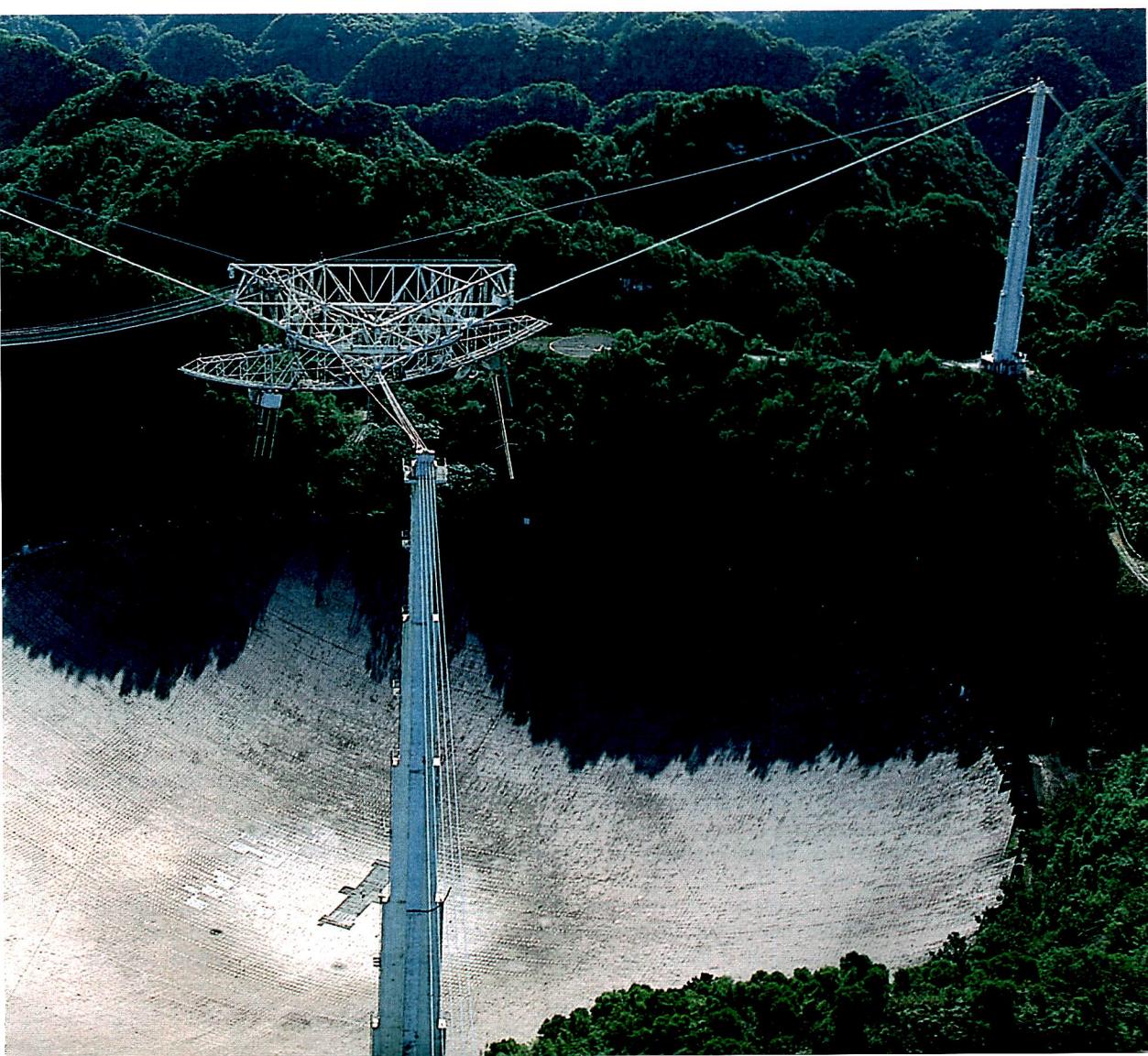




● Le Sky Survey (étude du ciel) : il utilisera les antennes de 34 m de diamètre du NASA's Deep Space Network, en Californie. Elles fouilleront le ciel dans les fréquences comprises entre 1 et 10 GHz et quelques fréquences de 25 GHz. Dès qu'un signal radio sera capté, la NASA alertera

Une oreille de 300 m de diamètre

Planté dans les montagnes de Porto Rico, le radiotélescope d'Arecibo écoute simultanément 10 millions de canaux tandis que ses prédecesseurs se contentaient de 1 000. Une puissance extraordinaire, certes, mais qui ne permettra pas de fouiller toutes les galaxies de l'Univers. Dans un premier temps, il "interrogera" 800 étoiles proches ressemblant au Soleil.



DES "EXTRA-TERRESTRES" EN ROUMANIE

La vie peut-elle se développer en absence d'oxygène ? Si oui, de nombreuses planètes de l'Univers pourraient bien héberger des êtres vivants. Cette hypothèse semblait extravagante avant la découverte de la grotte de Movile située sur le plateau karstique de la Dobrogea au sud-est de la Roumanie.

En effet, des ingénieurs et ouvriers occupés à réaliser sur ce site un forage en vue de l'installation d'une centrale thermique ont tout d'abord senti une odeur d'œufs pourris s'échappant des entrailles de la terre. Cette puanteur signala la présence d'hydrogène sulfureux. Empruntant le chemin du puits de forage, les chercheurs de l'institut de spéléologie de Bucarest, appelés à la rescousse, débouchèrent sur une magnifique grotte souterraine partiellement inondée. C'était en 1986. Depuis, les Roumains se sont associés à deux équipes françaises du CNRS (le laboratoire souterrain de Moulis et l'observatoire océanologique de Banyuls) pour approfondir leurs recherches.

L'eau, à 20°C, après s'être chargée en hydrogène sulfureux (H_2S), remonte dans la grotte par une faille de plus de 400 mètres de hauteur. Cette source inonde également des galeries en labyrinthe creusées dans le calcaire. La grotte Movile ne

représente donc qu'une petite partie du réseau souterrain. L'atmosphère du milieu est irrespirable, comme ont pu en juger les spéléologues : il ne contient que de 1 % à 5 % d'oxygène, du méthane, du dioxyde de carbone et beaucoup d'azote. Pourtant, la vie est belle et bien active !

Cette grotte recèle une forme de vie étrange qui repose sur la présence de bactéries capables de décomposer l'hydrogène sulfure contenu dans l'eau. Ces micro-organismes vivent en association avec des champignons, des protozoaires et des invertébrés dont la plupart sont inconnus sur terre. Vingt-sept nouvelles espèces ont déjà été décrites. Et, c'est là que réside l'intérêt de cette découverte, car, sur Terre, on n'avait jamais observé de tels systèmes biologiques fermés pouvant vivre avec si peu d'oxygène.

La vie s'organise d'une manière singulière. Un voile de bactéries et de champignons recouvre la surface de l'eau sur plusieurs millimètres d'épaisseur. Cette pellicule est constituée d'une trame de filaments mycéliens (des ascomycètes) qui forment une sorte d'éponge où grandissent des colonies de bactéries : des béggiatoacées décomposent l'hydrogène sulfure, aidées par d'autres types de bactéries (*Thiobacillus denitrificans*, *Thiobacillus ferrooxydans* et

Thiomicrospira)⁽¹⁾ et huit espèces de protozoaires.

Résultat : tout ce petit monde bâtit l'assise nourricière de la chaîne alimentaire de la grotte en fabriquant des molécules carbonées à partir de soufre et de gaz carbonique. En effet, les cadavres des millions de bactéries nourrissent les champignons sur lesquels vivent deux espèces de vers et plusieurs espèces d'insectes primitifs dépourvus d'ailes et de métamorphose, des collemboles. Ces "consommateurs primaires" sont à leur tour dévorés par des araignées, des chilopodes et des coléoptères vivant dans les anfractuosités de la roche. A moins de 50 cm de profondeur, la vie aquatique est tout aussi originale : on y trouve des planaires et des sangsues amphibiennes. Et surtout des nèpes, un insecte carnassier respirant l'"air" à la surface au moyen d'un tube abdominal, première espèce souterraine connue dans ce groupe d'insectes.

Si de nombreuses espèces s'apparentent à la faune régionale, d'autres trouvent leurs origines dans les groupes tropicaux. Ainsi, les chercheurs supposent que cette vie souterraine aurait survécu aux changements climatiques qui ont jalonné l'histoire terrestre depuis des millénaires. La grotte de Movile serait-elle la mémoire vivante d'une période tropicale de la planète ? Une chose est

sûre, tout ce petit monde vivait isolé avant le forage. En effet, aucune trace de radionucléides (césium 137) lâchés dans l'atmosphère par l'accident de Tchernobyl n'a été détecté dans la grotte alors que toutes les nappes phréatiques de la région sont contaminées.

En Europe et en Amérique, de nombreuses eaux souterraines en contact avec du calcaire ont été répertoriées, elles pourraient aussi renfermer une vie proche de celle régnant dans la grotte roumaine.

Enfin, ces conditions de vie extrêmes rappellent celles des *Riftia pachyptila*, ces sortes de vers géants (1,5 m de long) vivant au fond des océans à proximité de cheminées crachant de l'eau chargée en métaux sulfureux, à 350 °C. Là aussi, ce sont des bactéries qui sont au départ de la chaîne trophique. Elles vivent en symbiose avec ces invertébrés puisqu'elles colonisent les deux tiers de leurs tissus. Un fois mortes, leurs cadavres alimentent les *R. pachyptila*.

Le sous-sol comme le fond des océans seraient-ils la clé du secret de l'apparition de la vie sur notre planète ?

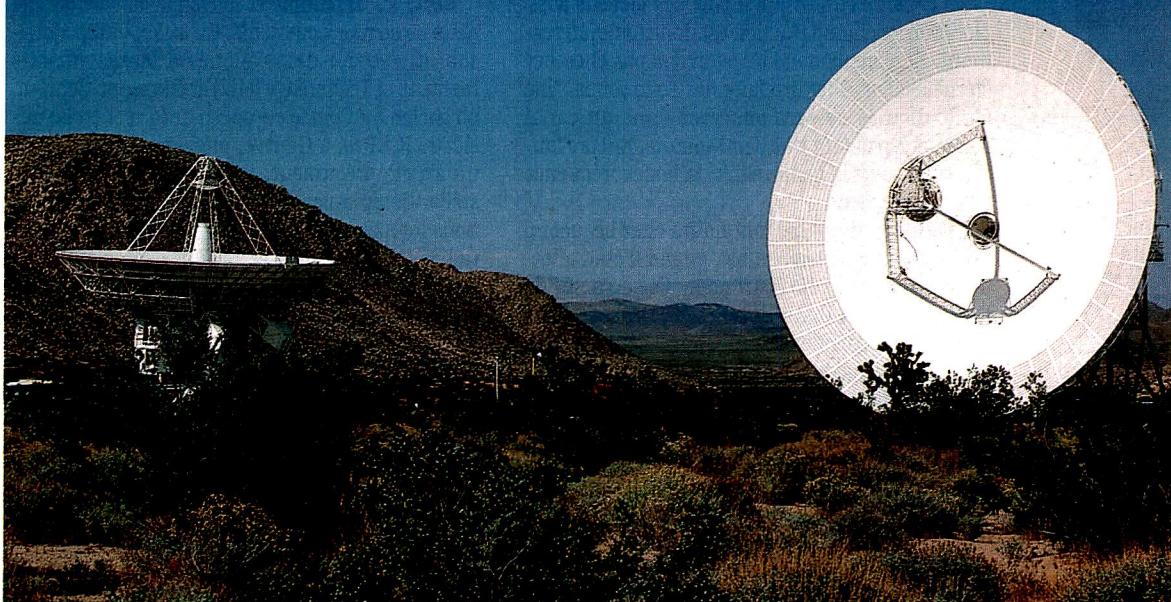
Emmanuel Julien

(1) Les béggiatoacées, familières de nos marécages ou des égouts, ingèrent le soufre. En revanche, les *Th. denitrificans* et *ferrooxydans* oxydent ce soufre pour fabriquer de l'énergie utilisée dans la fabrication des molécules carbonées.

dans les heures qui suivront six observatoires internationaux (australiens, espagnols et français – celui de Nançay). Ces derniers, après avoir réglé leurs instruments sur la fréquence et la direction de l'étoile donnée, devront confirmer ou infirmer cette découverte.

Le projet SETI repose donc sur une formidable avancée technologique en matière de détection. Pour la première fois, par le biais de la NASA, on

dispose, à Arecibo, de radiotélescopes ultraperfectionnés capables d'écouter simultanément 10 millions de canaux ! En comparaison, les récepteurs classiques à 1 000 canaux paraissent évidemment archaïques. L'identification en temps réel des signaux radioélectriques artificiels, l'analyse des interférences terrestres et la sélection automatique des étoiles sont commandées par des ordinateurs très puissants, spécialement créés par la NASA.



Les ondes radio récoltées par le radiotélescope sont amplifiées et converties en courants électriques par le récepteur, puis elles sont introduites dans une première batterie de 112 filtres de 74 kHz de large chacun. Les 112 courants obtenus passent alors dans 112 batteries de 72 canaux de 1 024 Hz de largeur. A la sortie, on dispose donc de 8 064 courants qui sont transformés par des microprocesseurs en 1 024 canaux de 1 Hz de large. A la suite de cette énorme opération en cascade, on obtient 8 257 536 courants chiffrant l'intensité radio reçue par tranche de 1 Hz ! Comme en astronomie traditionnelle, où on utilise l'analyse spectrale de la lumière pour déterminer la composition chimique d'une étoile, cette opération fournit une analyse spectrale extrêmement fine du signal radioélectrique qui permet de distinguer une émission d'origine "naturelle" de celle d'une source "artificielle". Or cette opération n'aura duré qu'une seconde ! Pour améliorer les performances de ce monstre informatique, la NASA l'a encore doté d'un identificateur de signal très sophistiqué, chargé d'une tâche en apparence banale : différencier un signal continu d'un bip-bip.

Testés pour la première fois en 1987 avec les fameuses antennes de 34 m, ces super-ordinateurs ont facilement détecté le faible signal de 1 watt émis par la sonde Pioneer 10 qui, après avoir été lancée en 1972, se trouvait pourtant à plus de 6 milliards de kilomètres de la Terre. Avec le radiotélescope d'Arecibo, «au bout de trois minutes

Les guetteurs du ciel

Un réseau d'antennes, implanté en Californie, va balayer systématiquement la voûte céleste. Dès qu'il détectera un signal radioélectrique inconnu, six observatoires internationaux pointeront, à leur tour, leurs instruments dans la direction indiquée, pour confirmer, ou non, la découverte.

d'écoute, on aura fait plus de recherches que n'en ont fait tous les autres détecteurs depuis trente ans. Et, selon les responsables de la NASA, on pourrait avoir des récepteurs avec 100 millions et même des milliards de canaux. Il ne faut donc pas s'étonner que les précédents travaux n'aient rien donné. C'était de la pêche à la ligne, estime Jean Heidmann, directeur de l'Observatoire de Paris et qui participe au SETI.

Même avec ces nouveaux radiotélescopes, les chercheurs seront loin d'avoir exploré tout le cosmos. Notre seule galaxie comprend entre 200 et 400 milliards d'étoiles, et il y aurait mille milliards de canaux pour une seule étoile. Que dire des autres galaxies, dont on compte une douzaine dans un rayon de 3 millions d'années-lumière ! Mieux : d'après Gérard de Vaucouleurs, professeur d'astronomie à l'université du Texas, il y a mille fois plus de galaxies à quelques dizaines d'années-lumière. Ainsi, l'amas de la Vierge, à 50 millions d'années-lumière, posséderait 2 300 galaxies tandis que le super-amas d'Hercule, à 300 millions d'années-lumière, en compterait une dizaine de milliers.

En dépit de l'extension inouïe des moyens d'exploration, le champ d'action est donc toujours restreint. Et, comme nous ne pourrons pas chercher éternellement, il faudra faire des compromis. Une étoile donnée ne sera observée dans un canal donné que pendant une demi-minute. Encore faudra-t-il trouver la bonne étoile, la bonne fréquence et le bon moment...

Les échecs du passé font naître chez beaucoup un certain scepticisme. Ainsi, quand il était affecté au National Radio Astronomy Observatory de Greenbank, aux Etats-Unis, Frank Drake essaya, en 1961, de calculer la probabilité de découvrir, dans notre galaxie, des civilisations intelligentes susceptibles de communiquer. C'était trop tôt, car dans son équation apparemment simple (2), il y avait des tas de paramètres qu'on ne connaissait pas à cette époque. La durée de vie des civilisations avancées et le nombre d'étoiles qui pouvaient avoir des planètes étaient inconnus il y a encore quelques années. C'était donc de la simple spéulation... En effet, «en raison des incertitudes énormes, dues essentiellement à la diversité des paramètres biologiques, les estimations vont donc de centaines de millions à... une seule civilisation : la nôtre !» explique François Raulin (3), professeur à l'université de Paris XII et spécialiste des problèmes de l'origine de la vie et de la chimie organique extra-terrestre.

Alors, pourquoi tant d'efforts ? Voici comment les gens de SETI les justifient :

- Ce qui est arrivé sur Terre a pu se réaliser ailleurs. Sachant que le cosmos compterait cent milliards de galaxies qui ont chacune des dizaines de milliards d'étoiles, notre cas n'est pas isolé. En plus, notre planète n'est pas vieille, puisqu'elle n'a que 4,5 milliards d'années, alors que la plupart des autres galaxies sont apparues il y a 12 milliards d'années.

- L'intelligence humaine n'est pas le *nec plus ultra*. Avec 5 milliards d'années d'avance sur nous, les extra-terrestres auraient eu le temps de développer une technologie très perfectionnée. Pour mesurer cet écart, «il faut rappeler que l'évolution de l'australopithèque jusqu'à nous a duré "seulement" 3,7 millions d'années ; qu'est-ce que cela comparé à 5 milliards ?», se demande encore Heidmann (4).

- La vie sur terre est le résultat d'une évolution naturelle de processus physiques du cosmos. En reproduisant en laboratoire l'atmosphère de la Terre primitive, des scientifiques ont obtenu des molécules organiques qualifiées de "briques du vivant".

Reste aussi l'intime et ancienne conviction que nous ne sommes pas seuls. En 1959, Philip Morrison, professeur de physique au Massachusetts Institute of Technology (MIT) et Giuseppe Cocconi, physicien du Centre européen de la recherche nucléaire (CERN), à Genève, publièrent dans *Nature* un article précurseur, intitulé "Searching Interstellar Communications". D'après eux, les civilisations intelligentes pourraient envoyer des signaux radioélectriques sur la longueur d'onde omniprésente dans l'Univers : celle de l'hydrogène neutre atomique. Un an plus tard, Drake réalise la première écoute, baptisée *Ozma*, du nom de la princesse dans le film *le Magicien d'Oz*. Après avoir réglé son détecteur sur la longueur d'onde de 21 cm caractéristique de l'hydrogène, il pointa son radiotélescope sur deux étoiles proches : Tau Ceti et Epsilon Eridani. L'essai fut infructueux, on s'en doute, et le seul signal repéré provenait des avions américains U2, chargés d'espionner l'URSS à 20 000 m d'altitude. Mais le radiotélescope de Drake ne possédait qu'un canal...

Il eût fallu plus d'un fiasco pour entamer la conviction évoquée plus haut. En 1972, un rapport de la National Academy of Sciences américaine, qui n'est pas entièrement constituée de réviseurs, certes, considérait que «la détection d'une vie intelligente extra-terrestre est un des projets les plus importants pour l'humanité et notre civilisation». Dix ans plus tard, *Science*, organe de cette académie, publiait une pétition de 71 scientifiques, dont 8 prix Nobel (Francis Crick, Linus Carl Pauling...), en appelant à «l'organisation coordonnée, internationale et systématique d'une recherche sur l'intelligence extra-terrestre». Même Steven Spielberg, le réalisateur du film *ET*, fut contacté, en 1985, par Carl Sagan pour financer une partie de son *Megachannel Extraterrestrial Assay* (un mini SETI).

En 1974, le grand radiotélescope d'Arecibo, qui possédait alors moins de canaux, lança toutefois pendant 169 secondes, un message en direction des étoiles de l'amas M 13 de la constellation d'Hercule,

(2) $N = R \times F_p \times ne \times Fl \times Fi \times Ft \times L$; N : nombre de civilisations intelligentes, R : vitesse de formation d'étoiles similaires à notre Soleil, F_p : fraction de ces étoiles ayant un système solaire, ne : nombre de planètes compatibles avec la vie, Fl : fraction de ces planètes où la vie effectivement apparaît, Fi : fraction de ces planètes habitées où la vie évolue vers une vie intelligente, Ft : fraction des civilisations intelligentes qui développent une technologie avancée, L : longévité de ces civilisations technologiquement avancées.

(3) Auteur de *l'Apparition du vivant*, éd. Presses-Pocket (collection Explora).

(4) *Intelligences extraterrestres*, à paraître ce mois-ci aux éditions Odile Jacob.

(suite de la page 176)

ECHOS DE LA RECHERCHE

IMMUNOLOGIE

Le mystère des gens à risques qui n'auraient pas le sida

Il n'est pas toujours vrai que l'organisme ne puisse pas se défendre seul contre le virus du sida.

Cette évidence a été un peu trop souvent occultée ces dernières années, au bénéfice de nouvelles alarmantes ou désolantes. Or elle est importante, parce qu'elle démontre qu'on peut bien trouver un vaccin contre la maladie.

De la VIII^e Conférence internationale sur le sida, à Amsterdam, l'opinion a surtout retenu les cas – onze au total sur des centaines de milliers de personnes atteintes par le virus – de gens qui semblaient faire un sida alors que les tests courants ne les avaient pas déclarés séropositifs (1).

On a moins diffusé les opinions de spécialistes tels que Mario Clerici et Gene Shearer, du National Cancer Institute des Etats-Unis. Ayant observé des groupes de gens à risques – toxicomanes, "vagabonds sexuels" comme on appelle les gens enclins à la promiscuité, personnel hospitalier, homosexuels, enfants nés sains de mères infectées –, ils notent que certains, mystérieusement, n'ont pas contracté la maladie. On ne s'explique pas comment, par exemple, des infirmiers qui ont été blessés par des aiguilles contaminées par le sang d'un malade, ou des toxicomanes qui ont partagé leurs seringues avec des séropositifs, ne sont pas tombés malades (2).

Auraient-ils eu une chance inouïe ? Non, car Clerici et Shearer ont aussi étudié ces cas cliniquement : ils ont prélevé des échantillons de leur sang et analysé la manière

dont leurs globules blancs, les lymphocytes T, réagissent en présence du virus. La vigueur de la réponse des lymphocytes indique que ces personnes ont été en contact avec le virus, bien qu'elles ne possèdent pas d'anticorps antivirus.

Reste la possibilité que ces gens soient bien infectés, mais en phase de latence. Dans ce cas, ils seraient séropositifs depuis de nombreuses années. Or, ils ne le sont pas. « Si c'est une phase de latence, déclare Shearer, elle est vraiment bien longue ! » Il est plus vraisemblable que les individus en question n'ont pas été infectés parce qu'ils présentent des particularités immunologiques ; c'est ainsi qu'ils produisent de fortes quantités d'interleukine 2 (IL-2), produite par un des deux groupes de lymphocytes T, les TH1. Or, chez les gens infectés, c'est un autre type d'interleukine qui est prédominant, l'IL-10, qui est, elle, produite par l'autre groupe de lymphocytes T, les TH2. Ce qui amène la question suivante : les TH1 seraient-ils les plus efficaces dans la lutte contre le virus VIH ?

Cette question semble d'autant mieux posée que, dans un groupe de souris exposées à un parasite, la leishmanie, on ob-

serve une forte réaction des lymphocytes TH1 chez les souris qui résistent le mieux à l'infection ; tandis que les souris qui n'ont pas cette réaction de TH1 sont, elles, infectées. Et, comme les humains épargnés par le sida, celles qui ont résisté ne produisent pas non plus d'anticorps.

Une arme contre le sida consisterait donc à renforcer les lymphocytes TH1 en réduisant ou en neutralisant les TH2, qui, justement, neutralisent les TH1. **G.M**

(1) Voir *Science & Vie* n° 900, p. 73.
(2) Propos rapportés par Phyllida Brown dans *The New Scientist* du 8 août 1992.

PSYCHIATRIE

Des bienfaits du tabac

Une étude réalisée sur 3 000 sujets indique que les fumeurs comptent deux fois plus de déprimés que les non-fumeurs (6,6 % contre 2,9 %). Le phénomène s'explique très bien : la nicotine accroît la libération de dopamine dans deux régions du cerveau (le noyau accumbens et le cortex préfrontal) ; la dopamine est un précurseur de la noraadrénaline, qui est un stimulant. Les fumeurs compensent donc une carence naturelle en dopamine. Notre confrère le *Quotidien du médecin* (1) demande donc si le sevrage du tabac ne pourrait pas conduire à des épisodes prolongés de dépression grave, et s'il n'y a pas lieu d'administrer, à ceux des fu-

meurs qui sont enclins à la dépression, des traitements anti-dépresseurs...

On sait, par ailleurs, que la nicotine, pour la même raison, pourrait avoir des effets thérapeutiques sur la schizophrénie. **G.M**

(1) *Le Quotidien du médecin* du 12 août 1992

● **Le moustique-tigre** (*Aedes albopictus*), dit aussi moustique d'Asie et acclimaté aux Etats-Unis, est vecteur du virus de la redoutable encéphalite équine, qui atteint aussi l'être humain. Ce moustique – qui se nourrit, lui, de jour – a déjà envahi plusieurs Etats méridionaux américains.

BIOLOGIE MOLECULAIRE

Le cerveau de la cellule, c'est l'ARN

On le prenait tout juste pour le commissionnaire de l'ADN : on s'avise que c'est un puissant maître d'œuvre. On avait cru qu'il s'était formé à la traîne de l'ADN : en fait, c'est lui qui est apparu le premier et l'ADN est sa créature.

Tel qu'on l'enseignait jusqu'ici, l'ARN – ou acide ribonucléique – dans sa version de messager (ARNm), ne servait qu'à copier la structure de l'ADN, l'acide désoxyribonucléique, puis à mettre ses instructions en œuvre pour assembler les protéines à l'aide des acides aminés. Cet assemblage se faisait grâce à de petits éléments, dits organites et, plus spécifiquement, ribosomes. Dans ces organites, en effet, l'ARN ribosomal était chargé de reconnaître les acides aminés et de les aligner dans l'ordre indiqué. Bref, tout se passait comme dans une chaîne d'assemblage industriel : l'ADN était le "patron", au double sens du mot, et l'ARN n'était qu'un "contremaitre".

Par ailleurs, on avait postulé que seules des protéines peuvent être des enzymes, c'est-à-dire déclencher des réactions chimiques.

Et là, on s'était trompé. Au début des années quatre-vingts, déjà, Cech (université du Colorado) et Altman (université de Yale) montrèrent que le "contremaitre" pouvait avoir de l'initiative ; en l'occurrence, qu'il pouvait déclencher tout seul des réactions chimiques. Cette découverte valut aux chercheurs le prix Nobel de chimie 1989. Elle démontrait qu'à lui tout seul l'ARN aussi peut agir comme enzyme.

Les biologistes n'étaient pas au terme de leur surprise. En effet, deux équipes, dont celle du même Cech, viennent

d'approfondir le fonctionnement de l'ARN.

La première, celle de Noller (université de Californie) a établi que, dans le ribosome, c'est l'ARN qui compte : en effet, si l'on "déshabille" un ribosome en ne lui laissant que son ARN, il fonctionne comme avant, c'est-à-dire qu'il continue à assembler les acides aminés. La seconde, celle de Cech a montré que l'ARN, à lui seul, peut catalyser une réaction chimique qui consiste à libérer un acide aminé d'une protéine. Là, ce ne sont plus les "plans" de l'ADN qui commandent la fabrication des protéines, mais bien l'ARN.

Rappelons que, dans les années soixante-dix, le Pr Mirko Beljanski, à l'Institut Pasteur, avait déjà démontré cela (voir *Science & Vie* n° 688, p. 40), mais sa découverte resta lettre morte, car contraire au dogme.

Cela mène à la conclusion suivante : l'ARN est capable de se reproduire tout seul et de fabriquer des protéines sans demander d'instructions à l'ADN. C'est donc lui qui serait apparu le premier sur la Terre, et c'est lui qui a enclenché le processus de formation des premières cellules vivantes. C'est une révolution. Il faudra réécrire l'histoire de la vie et de nombreux chapitres de la biologie moléculaire.

Les retombées pratiques n'ont pas tardé. En effet, dans des maladies virales telles que le sida, l'infection

demeure parce que c'est l'ARN des virus qui commande leur réplication. Or, si l'on met à sa disposition des acides aminés truqués et inutilisables par lui, le virus se désorganisera.

Deux firmes américaines de biotechnologie, U.S. Biochemical Corp. et Innovir Laboratories Inc., se sont déjà réservé les droits d'exploitation des découvertes des deux équipes. **P.R.**

● **Un diabète juvénile causé par le lait ?** Les protéines du lait de vache déclencheraient, mais seulement chez les enfants qui y sont génétiquement prédisposés, une réaction immunitaire menant à un diabète insulino-dépendant, selon une théorie d'un chercheur américain. Celle-ci est encore loin de faire l'unanimité.

● **Une batterie cent fois plus petite** qu'un globule rouge, soit 70 nanomètres, a été fabriquée par des chimistes de l'université de Californie, à Irvine, à l'aide d'un microscope à effet tunnel. Elle consiste en "piliers" de cuivre et d'argent déposés sur une surface de graphite. Elle fournit 20 millièmes de volt pendant 45 minutes. Avec de l'or à la place du cuivre, cette batterie aurait un rendement plus élevé. On n'en prévoit pas d'applications pour l'immédiat, mais elle pourrait sans doute servir en biologie et en pharmacologie, pour activer certains produits...

● **Deuxième singularité** cérébrale évoquée chez les homosexuels par un neurologue américain : on avait, croit-on, trouvé une anomalie dans une région de l'hypothalamus ; cette fois-ci, ce serait dans un paquet de fibres nerveuses, connu sous le nom de commissure antérieure. Il serait d'un tiers (34 % très exactement) plus gros chez les homosexuels que chez les hétérosexuels. Cette découverte ne fait pas plus l'unanimité que la précédente, d'abord parce que les constatations ont été faites sur des homosexuels décédés du sida, dont on ne sait pas s'il n'entraîne pas de modifications neurologiques, ensuite, parce que les femmes homosexuelles ne mourant pas du sida, on ignore ce qu'il en est de leur cerveau. De plus, on ne sait pas non plus ce qu'il en est des bisexuels.

Cuajilotes, une vaste cité antique découverte au Mexique

Il est de notoriété publique qu'une vaste part des trésors archéologiques du Mexique est encore à découvrir. La preuve vient d'en être faite avec la découverte d'un site majeur, probablement une cité aztèque, à 150 km de Veracruz, sur la côte Atlantique.

Mais la surprise des archéologues reste vive, car la trouvaille est de taille.

Quand on survole le Mexique en avion de tourisme, à faible altitude et à vitesse réduite, il est bien rare de ne pas relever des tumuli ou des sites dont les formes géométriques, bien que recouvertes de végétation, indiquent des vestiges architecturaux enfouis. Ces sites sont le plus souvent vierges, à moins que des pillards ne s'y soient déjà servis, pour leur seul bénéfice.

L'un de ces sites était connu, depuis longtemps, des habitants de la région de Cuajilotes, à brève distance de Tlapacoyan, sur la rivière Nautla. Mais il se trouve dans un canyon de la Sierra de Puebla, enfoui dans la jungle et seulement accessible à cheval. Et c'est il y a quelques mois à peine que les archéologues s'y sont vraiment intéressés, de même que c'est seulement en août dernier que le gouvernement fédéral du Mexique ainsi que l'Etat de Veracruz ont décidé que la région serait protégée.

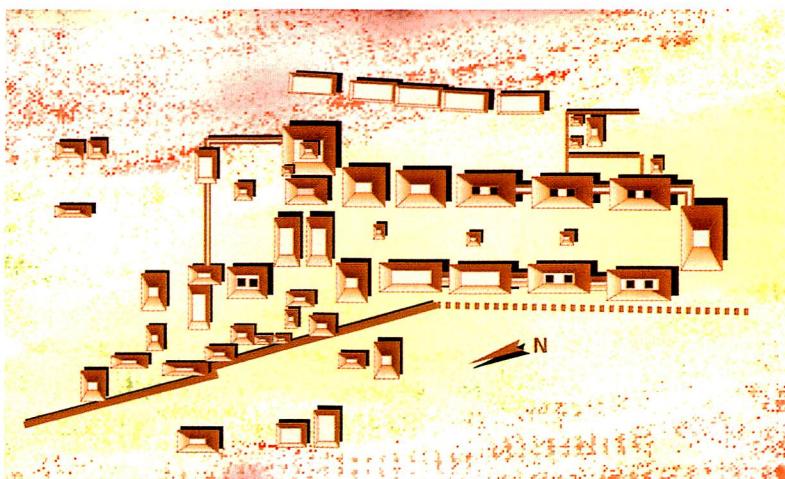
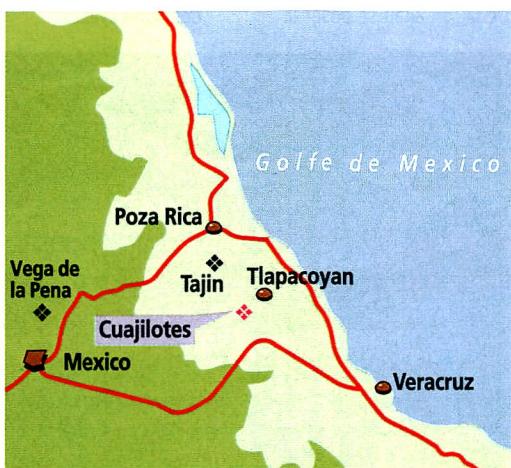
On a déjà pu reconstituer au moins le plan des lieux, qui comportent une cinquantaine d'édifices, dont des pyramides d'une vingtaine de mètres de haut et surmontées d'autels. Ni la période ni la civilisation auxquelles appartient ce site évidemment majeur n'ont encore été déterminées. D'après certains éléments (des autels doubles, par exemple), on peut toutefois supposer que la construction remonterait à la période dite post-classique,

c'est-à-dire vers l'an 900. Et s'il faut en croire les témoignages d'époque du chroniqueur Bernal Diaz del Castillo sur l'avancée du conquistador Cortés, ce serait la place forte voisine de l'embouchure de la rivière Nautla et près de laquelle un des capitaines

de Cortés, Juan de Escalante, se trouva mis à mal par une armée constituée de Totoniques et d'Aztèques. Un indice le donne à penser : au temps de la conquête espagnole, la région était soumise à la suzeraineté aztèque. Les Aztèques avaient conclu une

alliance militaire avec leurs anciens ennemis, les Tolteques et, justement, les Totoniques. Cela, toutefois, ne permet pas de présumer que Cuajilotes était aztèque, tolteque ou totonaque.

Deux sites voisins, La Vega de la Pena et El Tajin, étaient déjà connus. Ils avaient inspiré des hypothèses sur l'histoire de la région et du Mexique ; El Tajin, en particulier, avait fasciné les archéologues en raison de la richesse de ses vestiges. Mais on n'en connaît même pas l'histoire locale : certains estiment que ce fut une cité totonaque, d'autres en doutent. Et il faudra des années de recherches et d'interprétation des vestiges trouvés avant qu'on puisse se faire une idée cohérente des liens qui unissaient les cités de la région et leurs rapports avec les grandes cités-Etats de Teotihuacan et Texcoco. **G.M.**



● **Une drogue qui permet les greffes** vient d'être développée par la firme Bristol-Myers-Squibb : contrairement à la cyclosporine, qui permet effectivement à l'organisme de tolérer une allogreffe, mais qui présente l'inconvénient de neutraliser partiellement le système immunitaire, la nouvelle drogue n'affecterait pas celui-ci. Réalisée par ingénierie génétique à partir d'une protéine humaine dite CTLA4, la nouvelle drogue bloquerait l'antigène de surface du tissu étranger, celui qui alerte les défenses de l'organisme. De la sorte, la greffe cesserait de stimuler le système immunitaire du receveur. Pour une fois, on peut utiliser l'adjectif "révolutionnaire".

● **Des aliments allergéniques** dangereux pour les enfants, les adolescents et les sujets asthmatiques : les plus courants, selon une étude américaine, sont les cacahuètes, les noix de cajou, les noix, les œufs, le lait et le poisson. Bien que ce soit très rare, ces aliments peuvent entraîner des chocs anaphylactiques sévères, sinon mortels.

● **Transmission du sida par greffes négatives** : le cas est paradoxal, mais bien réel, car en 1985 et 1986, aux Etats-Unis, sept receveurs de greffons ont été contaminés par le virus HIV, alors que les greffes étaient données comme séronégatives. On ne connaît pas les chiffres pour le reste du monde, et ce serait pourtant utile. Cela démontre le caractère imparfait des dépistages du sida, que certains courants mal informés ont récemment proposé de rendre obligatoires et systématiques. Il existe, en effet, des porteurs du virus qui restent pendant un certain temps, et même longtemps, séronégatifs.

PHYTOCHIMIE

Le mystère de la couleur bleue des fleurs

Quand une fleur bleue, pourpre ou rouge se fane, elle perd sa couleur. Et ce phénomène intrigue les phytochimistes depuis près d'un siècle.

En effet, le pigment bleu, dont on sait aussi depuis longtemps qu'il est constitué d'anthocyanines (¹), devrait rester stable. De plus, ces anthocyanines, quand on les extrait, se décolorent aussi. En 1915, le chimiste Willstätter suggéra que c'était en raison d'une tendance du pH à l'alcalinité, mais on s'visa que la sève des fleurs est légèrement acide ou bien neutre.

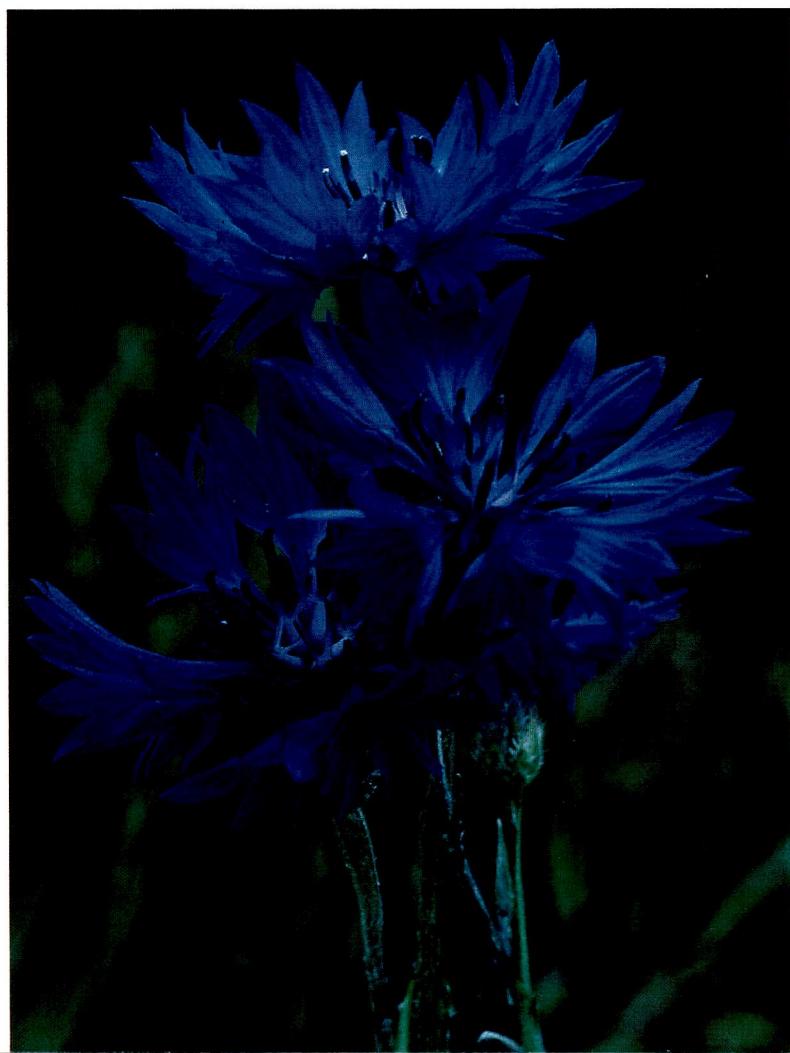
De là, on allait se poser la

question de la composition des pigments. En 1919 (on voit que l'enquête remonte loin) on supposa que la couleur était due à la composition métallique complexe des anthocyanines. Cette théorie aussi fut réfutée. En 1958, le Japonais Hayashi put extraire le pigment d'une fleur bleue banale, *Centaurea cyanus*, pigment appelé pour la circonstance

commelinine, et il avança que la couleur s'expliquait par la présence de magnésium. On en discuta ferme, mais sans faire avancer la question. Pour cela, il eût, en effet, fallu établir de façon beaucoup plus fine la structure des pigments.

Une équipe de chimistes japonais vient de le faire (²) et d'expliquer, enfin, la fameuse structure des pigments bleus, mais à quel prix ! Après avoir extrait la commelinine, ils ont

Centaurea cyanus





Campanula barbata

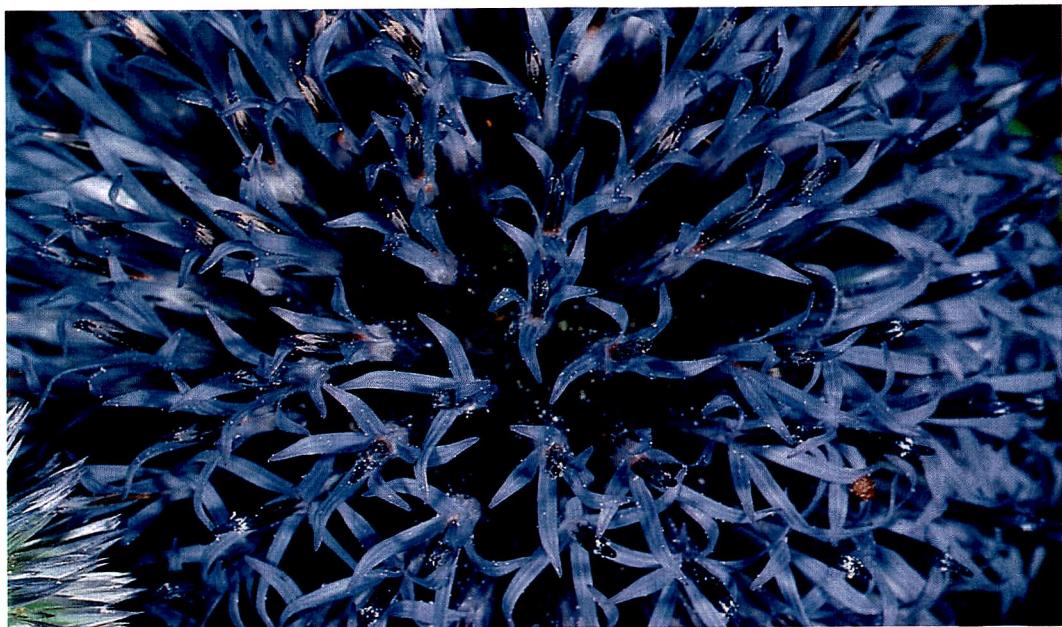
usé de la caméra de cristallographie de Weissenberg, de la cristallographie aux rayons X, des radiations d'un synchrotron, de la chromatographie en phase gazeuse et de la résonance magnétique nucléaire ! Ce formidable déploiement de moyens a abouti à la conclusion (résumée) suivante : les pigments bleus sont constitués, de manière très complexe, par association de

neuf éléments arrangés en hélice et stabilisés par le magnésium. La molécule qui en résulte est une supermolécule dont l'enveloppe attire l'eau et dont l'intérieur la repousse. Elle ne survit donc, apparemment, que sous l'effet de la pression de l'eau externe. Tant que le pétalement est hydraté, la molécule est stable, mais quand il perd son eau, elle se décompose. Le bleu devient gris. **G.M.**

(1) Les anthocyanines sont un des deux groupes de pigments biologiques non azotés qui appartiennent à la classe des flavonoïdes. L'autre groupe est celui des anthoxanthines qui, elles, donnent la coloration jaune. On ne connaît pas le rôle biologique de ces pigments ; on suppose qu'ils serviraient à attirer les regards des insectes et des oiseaux, ce qui favoriserait une dissémination des pollens et des graines.

(2) Kondo, Yoshida, Nakagawa, Kawai, Tamura et Goto, "Natural Basis of Blue-Color Development in Flower Petals from *Commelinia communis*", *Nature*, 6 août 1992.

Gentiana crinita (ci-contre) et *Echinops ritro* (ci-dessous)



GÉOMAGNETISME

L'anomalie de l'Atlantique Sud

Il y a un point de la Terre au-dessus duquel il ne fait pas bon, pour des astronautes, séjourner trop longtemps. C'est l'Atlantique Sud. Le champ magnétique terrestre y capte de cinq à six fois plus de rayonnements cosmiques qu'ailleurs. C'est ce que vient de confirmer l'appareillage Circé embarqué sur la station spatiale soviétique Mir.

Les mesures qui l'ont confirmé font partie des expériences NAUSICAA (pour Nouvelle approche unifiée d'un système intégré et contrôle d'ambiance aérospatiale). Et le compteur de radiations a été développé par l'Institut de protection et de sûreté nucléaire, en collaboration avec le CNES. Ci-contre, l'un des relevés de ce compteur, qui montre bien clairement les pics des rayonnements cosmiques enregistrés.

L'un des buts de l'expérience est de caractériser le champ de rayonnement dans

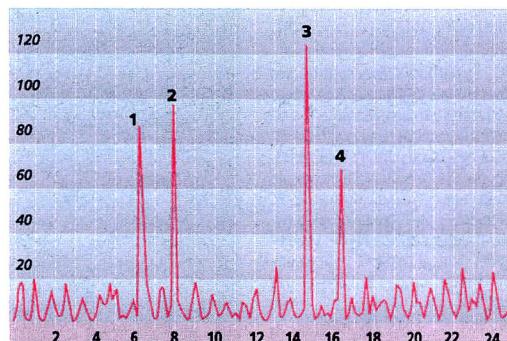
l'espace qui entoure la Terre et dans l'espace interplanétaire, pour résoudre les pro-

blèmes de radioprotection dans les engins spatiaux. On sait que le champ magné-

tique terrestre capte des particules chargées ; celles-ci forment alors des anneaux autour de la Terre. Leur densité et leur altitude sont fonction et de la force d'attraction magnétique et de la charge des particules. Là, il semble que ce soit bien le champ magnétique qui soit responsable de l'anomalie. Pourquoi celle-ci est-elle si marquée en cet endroit-là, c'est ce qui reste à comprendre.

Déjà en 1988, lors de la mission franco-soviétique Aragatz, l'expérience Circé avait décelé cette anomalie. La voilà bien établie.

G.C.



Les pics aigus et soudains des enregistrements du géomagnétisme indiquent bien la forte anomalie de l'Atlantique Sud

PSYCHIATRIE

Il y a plus de schizophrènes dans les villes qu'à la campagne

Les schizophrènes préfèrent-ils la vie citadine, ou bien est-ce la vie citadine qui favorise l'expression de cette maladie psychiatrique ?

Telle est la question que pose une vaste étude épidémiologique menée en Suède.

Tout d'abord, qu'est-ce que la schizophrénie ? Cette maladie est caractérisée par des anomalies de la structure et du fonctionnement du cerveau. Les anomalies structurales sont un poids moindre du cerveau, une hypertrophie des ventricules latéraux, une atrophie de certaines régions du cortex, comme l'hippocampe, une perte de substance neuronale dans l'hippocampe et certaines autres régions du cortex, dont le cortex préfrontal. La tomodensitométrie (scanner) et la résonance magnétique nucléaire

ont confirmé chez des sujets vivants ces observations, d'abord faites par autopsie. Les mêmes techniques ont relevé des anomalies dans le métabolisme et la circulation sanguine du cerveau.

Les anomalies fonctionnelles sont des troubles de l'attention, de la cognition, de la volonté, des fonctions psycho-motrices et de la mémoire. Le schizophrène projette chez les autres l'image d'une personnalité désorganisée, illogique et contradictoire, d'une affectivité pauvre, avec tendance à s'enfer-

mer dans un monde intérieur. La schizophrénie peut, au cours de son évolution, aboutir à la démence.

Or, après avoir étudié 49 191 conscrits, des enquêteurs ont relevé 1,65 fois plus de cas de schizophrénie chez ceux qui avaient été élevés en ville que chez ceux qui avaient grandi à la campagne. Les auteurs ne trouvent pas d'autres hypothèses pour l'expliquer que l'incidence des affections virales et des traumatismes crâniens, qui seraient plus fréquents dans les villes que dans les

campagnes. Le stress citadin favoriserait par la suite l'expression d'une anomalie structurelle.

Parmi les progrès du traitement de cette affection, signalons incidemment l'apparition d'un produit nouveau, la rispéridone, antipsychotique plus puissant que la drogue jusqu'ici classique, l'halopéridol, mais qui entraîne un net accroissement des symptômes parkinsoniens.

G.M.

(1) "Schizophrenia and city life", *The Lancet*, 18 juillet 1992.

M. Storms aussi fait de la fusion froide

Inspiré par les exploits d'Akito Takahashi, qui obtenait 70 % de plus d'énergie qu'il n'en avait investie dans la réaction d'électrolyse connue sous le nom de "fusion froide", un Américain les a répétés. Et il a obtenu, lui aussi, des suppléments d'énergie inexplicables (1).

Edmund Storms, du Los Alamos National Laboratory, au Nouveau-Mexique, a rapporté à la communauté scientifique qu'il avait mesuré la quantité de chaleur dégagée par ses expériences d'électrolyse avec des électrodes en palladium, et que cette chaleur représentait un supplément d'énergie de 20 % supérieur à celle qu'il avait mise en œuvre dans ces expériences. Ce supplément, même s'il est inférieur à celui indiqué par Takahashi, contrevient aux lois de la thermodynamique : on ne peut, pour un travail donné, obtenir une énergie supérieure à celle de ce travail, à moins qu'on n'ait mis en jeu l'énergie de l'atome. Toutefois, il est préférable de parler de fusion, car les énergies mises en œuvre pour l'enclenchement de la fusion véritable de deux noyaux sont infiniment plus élevées que celles qui ont servi à enclencher les expériences d'électrolyse.

Storms, qui a adressé communication de ses travaux à *Fusion Technology*, publication de l'American Nuclear Society, rapporte que c'est au bout de quatre-vingt-dix heures de travail que son électrolyse a commencé à fournir plus d'énergie qu'elle n'en consommait. Le pic de surplus d'énergie était de 7,5 W. L'expérience a duré deux cent quatre-vingt-quinze heures.

Pour mémoire, le phénomène dit de "fusion froide" est celui qu'on observe dans

une réaction d'électrolyse réalisée avec des électrodes en palladium-platine (une tige de palladium entourée d'un fil de platine) et où l'eau ordinaire est remplacée par de l'eau lourde. Dans certaines conditions, on obtient donc des suppléments d'énergie sous forme de chaleur, comme l'avaient relevé les découvreurs du phénomène, les Américains Pons et Fleischmann.

La fusion froide a été signalée il y a déjà deux ans. Après avoir suscité beaucoup d'intérêt, elle a été abandonnée comme une balivernes par beaucoup de physiciens, et cela pour trois raisons. La première était qu'elle n'était pas toujours reproductible, certains physiciens obtenant des résultats et d'autres pas, ce qui est contraire aux lois ordinaires de la science ; il était donc impossible de définir le protocole exact nécessaire pour que le phénomène apparaisse. La deuxième était que, s'il y avait réellement fusion, on aurait dû enregistrer des dégagements de particules issues du noyau de deutérium ; et la troisième raison était l'impossibilité de bâtrir une théorie cohérente du phénomène et, en particulier, qu'il paraissait absurde d'utiliser le terme de "fusion", étant donné les énergies énormes qu'il faut pour réaliser la fusion de deux noyaux.

La première raison était fondamentale. Or Storms en a sans doute découvert, incidemment, une cause pos-

sible. Utilisant exactement le même palladium que Takahashi, fourni par la même firme japonaise, il a eu la curiosité d'examiner celui d'une électrode lors d'une expérience qui n'était pas concluante. Et il a trouvé, au microscope, que le métal était constellé d'innombrables microfissures, alors que celui des électrodes utilisées dans des expériences positives ne l'était pas. Ces microfissures pourraient, selon Storms, empêcher le palladium de fixer assez d'atomes de deutérium pour enclencher la réaction de fusion.

Une observation de même ordre a été faite par le physicien italien Francesco Celani, de l'institut de physique nucléaire de Frascati. Celani, lui, reproduisant l'expérience de Takahashi, n'a obtenu qu'un gain d'énergie de 10 %. Mais il suppose que c'est à cause de la contamination du palladium par le cuivre d'un des fils de l'équipement d'électrolyse.

Par ailleurs, Storms comme Takahashi se sont écartés de la procédure de la plupart des expérimentateurs qui les ont précédés. Ceux-ci utilisaient, du commencement à la fin de l'expérience un courant de la même intensité. Mais Storms et Takahashi ont choisi de faire démarrer l'électrolyse avec un courant de très forte intensité pendant quelques minutes, puis de baisser cette intensité, puis de la remonter et ainsi de suite. On ignore l'effet de

ce "cyclage" artificiel et les raisons de sa réussite.

Mais ce succès n'est certes pas imaginaire, comme en témoigne la réunion de plusieurs industriels et physiciens dans les bureaux d'Imra Japan Inc. Elle s'est tenue il y a quelques semaines, apparemment à l'instigation du ministère japonais du Commerce international et de l'Industrie, pour examiner les perspectives de ce qu'on appelle là-bas «une nouvelle énergie de l'hydrogène».

Est-ce bien une nouvelle énergie de l'hydrogène ? Il semble bien trop tôt pour le dire, puisqu'on ne sait absolument pas ce qui se passe dans la fameuse expérience. Y aurait-il donc, "en douce", fusion de deux noyaux ? Mais alors, comment se fait-il que la réaction soit si faible, et qu'elle ne s'entretienne pas elle-même ? Ou bien y aurait-il un phénomène électrochimique de nature inconnue ?

Toujours est-il que ceux qui avaient prématurément enterré la fusion froide doivent commencer à regretter leur précipitation.

G.M.

(1) Nous avons rapporté l'expérience de Takahashi dans notre n° 898, p. 56. Par ailleurs, nous avons consacré plusieurs articles au sujet. Outre le premier – le plus complet – dans notre n° 860, citons ceux des numéros 880, 885 et 895.

● **Les échos de cette rubrique** ont été réalisés par Germain Chambost, Gerald Messadié et Pierre Rossion.

PAR MARC MENNESSIER

UN SIÈCLE APRÈS LA FRANCE, LE PHYLLOXÉRA RAVAGE L'AMÉRIQUE

L'Amérique en a le gosier coupé. Les viticulteurs californiens vont devoir arracher, dans les dix ans qui viennent, les trois quarts de leur plus beau vignoble, celui des prestigieuses vallées de Napa et Sonoma. Le responsable de cette catastrophe, qui pourrait mettre en faillite la moitié des 800 exploitations vinicoles de cette région de la côte Ouest, n'est autre que le phylloxéra : un redoutable parasite que les Européens connaissent bien.

On avait fini par l'oublier. Pourtant, le phylloxéra, qui est en train de décimer le vignoble californien, a déjà détruit la quasi-totalité des vignes françaises (soit environ 2,5 millions d'hectares) entre 1865 et le début du XX^e siècle. A l'époque, ce minuscule puceron avait provoqué un désastre économique et humain sans précédent

dans les annales de l'agriculture. Dans les régions viticoles, quelle famille n'a pas un ancêtre vigneron qui n'ait été ruiné par ce terrible fléau ?

Même si l'épidémie qui touche aujourd'hui la Californie est de moindre ampleur, puisqu'elle ne concerne que 20 000 hectares de vigne (sur un total de 26 000 ha), il est frappant de constater à quel point l'histoire se répète. Non sans une certaine ironie. Le phylloxéra – tout comme le mildiou et l'oïdium, deux autres grandes plaies de la viticulture – nous vient en effet... des Etats-Unis (de la région des Grands Lacs précisément). Ce sont des pépiniéristes français qui l'ont introduit accidentellement en Europe, entre les années 1858 et 1862, en important des plants de vigne américains qu'ils voulaient acclimater sur notre sol. Mais, paradoxalement, c'est grâce à ces mêmes variétés américaines, causes de tous nos malheurs, que l'on a pu reconstituer par la suite le vignoble européen : on s'est aperçu qu'elles étaient génétiquement résistantes au phylloxéra. En effet, contrairement aux souches européennes, sensibles au parasite, celui-ci s'y développe, mais sans endommager la plante. Il a donc suffi, comme nous le détaillerons plus loin, de greffer nos meilleurs cépages sur ces fameux plants américains, utilisés comme porte-greffes, pour mettre un terme définitif à l'épidémie ; tout en préservant la qualité de nos grands crus. Dès lors, une question se pose : comment, un siècle après avoir fourni à l'Europe à la fois le poison et son antidote,



La Californie aujourd'hui...

Pour avoir choisi des plants de vigne insuffisamment résistants au phylloxéra, les viticulteurs californiens vont devoir arracher 20 000 hectares sur un total de 26 000. Et débourser un milliard de dollars pour replanter ce que le terrible parasite a détruit.



l'Amérique a-t-elle pu se laisser surprendre à son tour comme une débutante ?

Les spécialistes de la chaire de viticulture de l'université de Davis, en Californie, expliquent à qui veut l'entendre que le phylloxéra a évolué. Une nouvelle souche plus virulente serait apparue, à laquelle le principal porte-greffe utilisé par les viticulteurs

(suite du texte page 102)

... la France, il y a un siècle

Déjà, entre 1865 et le début du XX^e siècle, les vignobles français et européens avaient été entièrement ravagés par le phylloxéra. Mais, contrairement aux Américains, nos ancêtres ignoraient tout de ce minuscule puceron qui fut, à l'époque, importé accidentellement... des Etats-Unis.

LES PLANTS DE VIGNE

De tout temps, les viticul-teurs ont reproduit la vigne par "multiplication végétative" : d'abord en plantant directement des boutons de sarments en terre, puis, après l'épidémie de phylloxéra, en utilisant des plants greffés fabriqués en pépinière. Dernièrement, une société champenoise basée à Reims, le groupement d'intérêt économique Mumm-Perrier-Jouët-Vignobles et Recherche, a mis au point, en association avec l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), la "greffe bouture herbacée" : une méthode qui permet de produire en cinq mois, au lieu de dix-huit avec les techniques traditionnelles, des plants de vigne vigoureux et exempts de maladies à virus.

Un plant greffé se compose de deux parties "soudées" entre elles : au-dessus, le greffon, un morceau de sarment de cépage européen, et, au-dessous, le porte-greffé, bouture de cépage résistant au phylloxéra, à partir duquel se développent les racines (**dessin 1**).

Depuis l'épidémie, les plants greffés sont traditionnellement fabriqués à l'aide de sarments "aoûtés" (1), jeunes bois de l'année prélevés à l'automne sur les "pieds mères" du cépage et sur ceux du porte-greffé.

Depuis 1965, ces pieds mères sont obtenus par sélection clonale, c'est-à-dire multiplication par bouturage d'un seul individu, sélectionné à l'intérieur d'une population de référence pour ses qualités viticoles et vinicoles. Ils sont cultivés par des viticulteurs spécialisés, que l'on appelle

"producteurs de bois", et qui vendent les boutures aux pépiniéristes. Mais dans certaines régions, notamment dans le Midi de la France, où les conditions climatiques sont favorables (2), les pépiniéristes cultivent leurs propres parcelles de pieds mères.

En France, l'Etablissement national technique pour l'amélioration de la viticulture (ENTAV), basé au Grau-du-Roi dans le Gard, est leur principal fournisseur. Cet organisme, qui sélectionne les clones, est chargé en outre de vérifier qu'ils sont exempts de virus et, éventuellement, de les décontaminer.

Mais, en pépinière traditionnelle, tout risque de recontamination n'est pas écarté par la suite. En effet, les pieds-mères sont cultivés en plein champ (leur durée de

vie est de vingt ans, environ), tout comme les jeunes plants qui en sont issus.

Ces derniers, une fois la greffe effectuée par le pépiniériste, sont mis en terre au printemps dans des parcelles où ils sont脂肪és à tous les miasmes.

Après un cycle végétatif complet, le pépiniériste les arrache en novembre pour les vendre aux viticulteurs dès la fin de l'hiver, non sans avoir effectué au pré-

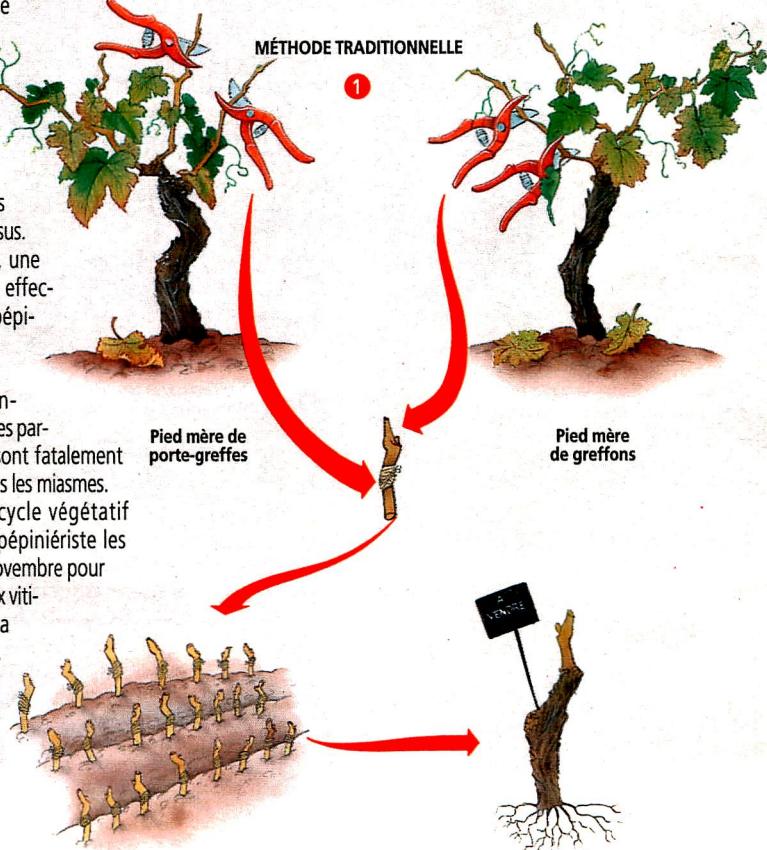
table un tri sévère, puisqu'il y a environ 60 % de déchets. Au total, entre le prélèvement des bois sur les pieds mères du cépage et du porte-greffé et la commercialisation des plants obtenus, un délai d'un an et demi s'est écoulé.

Beaucoup plus rapide, la greffe bouture herbacée consiste à produire des plants de vigne à partir, comme son nom l'indique, de sarments verts non lignifiés, que l'on peut prélever à tout moment sur les pieds mères (**dessin 2**). Ces derniers sont en effet cultivés en serre directement par le pépiniériste, sur sol artificiel (principalement de la laine de roche) et dans des conditions climatiques contrôlées. La production de plants n'est donc plus tributaire du rythme des

saisons, et tout risque de recontamination des pieds mères ou des jeunes plants par des virus est exclu.

La greffe proprement dite s'effectue au rythme de 300 opérations à l'heure, au moyen d'une machine brevetée, spécialement mise au point par Mumm-Perrier-Jouët V. & R. Les plants sont ensuite élevés dans une chambre climatisée (température de 20 °C, atmosphère saturée d'humidité...) pendant quatre semaines afin de permettre la "prise" de la greffe, puis acclimatés en serre pendant la même durée, avant d'être mis sur le marché.

Avec la greffe bouture herbacée, le taux de reprise des plants est de 85 %, soit environ le double de celui obtenu



SE METTENT "AU VERT"

avec la méthode traditionnelle. De plus, la soudure entre le greffon et le porte-greffé est meilleure qu'avec des sarmements aoutés. Au stade herbacé, les cambiums (¹) produisent (**photo 3**) en effet plus de cal (²), ce qui améliore la greffe des tissus et facilite ultérieurement la circulation de la sève (**photo 4** : à gauche, plant obtenu par la méthode traditionnelle, à droite, plant produit par greffe bouture herbacée). Résultat : la qualité du vin produit est identique, mais les céps sont plus vigoureux et pourraient – cela reste à voir à l'usage – jouir d'une longévité supérieure (³).

Autre avantage, la greffe bouture herbacée, qui fait l'objet depuis 1987 d'un brevet commun entre Mumm-Perrier-Jouët

V. & R.

et l'INRA, permet de produire 120 000 plants de vigne par an avec seulement 500 m² de serre et 40 m² de chambre climatisée, soit autant que sur un hectare de pépinière traditionnelle. Pour l'heure, la technique en est au stade de "pré-développement industriel", et quatre pépiniéristes ont déjà acheté une licence d'exploitation. Mais Jean-Marie Barillière, directeur de la société, ne cache pas son enthousiasme : «A terme, la majeure partie du vignoble français, et même étranger, sera reconstituée avec des plants produits par greffe bouture herbacée.» Des contacts ont été pris en Californie en vue de participer au renouvellement du vignoble récemment détruit par le phylloxéra (**voir article**). Toutefois, Jean-Marie Barillière reconnaît que «la limitation des droits de replantation actuellement en vigueur

dans la CEE n'est pas un élément favorable au lancement d'une nouvelle technique».

Par rapport à la méthode traditionnelle, la greffe bouture herbacée nécessite de très lourds investissements : plusieurs millions de francs pour l'achat des serres et des chambres climatisées. Les pépiniéristes seront-ils prêts à prendre de tels risques financiers, dans un marché européen où la demande va aller en se réduisant et où les prix vont parvenir, au mieux, à se stabiliser (de 7 à 8 F le plant) ? Sans compter que cette technique, qui fait appel à des compétences entièrement nouvelles, impose l'emploi ou la formation d'un personnel qualifié. «Dans un premier temps, la greffe bouture herbacée devrait surtout intéresser les gros pépiniéristes, notamment ceux installés dans la partie nord de la France, qui ne dépendraient plus ainsi, pour leur approvisionnement en boutures, des producteurs de bois du Midi», estime un responsable d'un organisme technique.

Parallèlement, la méthode pourrait être avantageuse-ment utilisée pour la créa-

tion de nouveaux clones. La durée de multiplication, depuis la sélection d'un individu dans une population jusqu'à l'obtention d'un



nombre de pieds mères suffisant pour approvisionner les pépiniéristes et les producteurs de bois, est ramenée à trois ans au lieu de dix actuellement. Même chose pour le dépistage de virus éventuels sur les nouvelles obtentions, dont la durée est réduite à deux mois, contre un à trois ans avec des sarmements aoutés. L'ENTAV, qui vient de s'équiper d'une nouvelle serre, envisage d'ailleurs de produire ses pieds mères par greffe bouture herbacée.

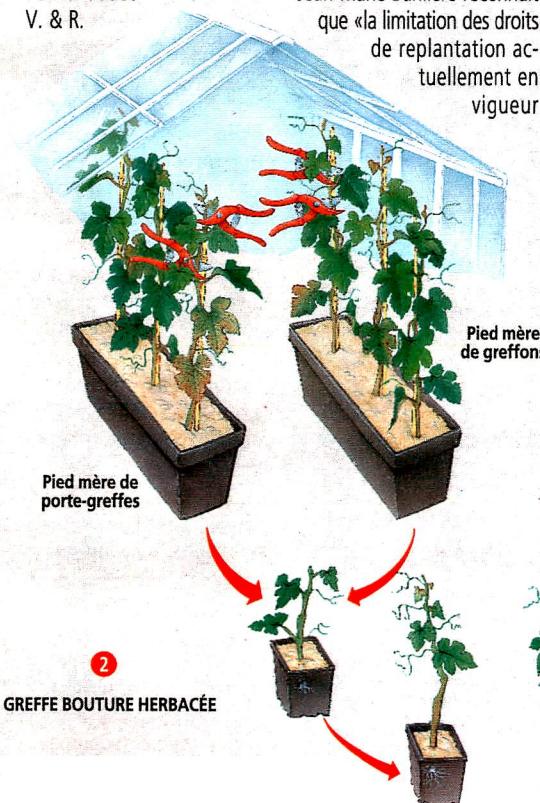
(1) Fortifiés, mûris par la chaleur d'août.

(2) La maturation des pieds mères de porte-greffes (hybrides de cépages américains) exige des températures élevées.

(3) Zones engendrant chaque année le tissu végétal et le bois de la plante.

(4) Cellulose gélifiée, cicatrisante.

(5) En moyenne, une vigne reste en place entre trente et cinquante ans.



GREFFE BOUTURE HERBACÉE



des vallées de Napa et Sonoma, la variété aramone rupestris Ganzin n° 1 (ou AXR1), serait devenue incapable de résister. D'où le dépérissement des ceps, et la nécessité de replanter les 20 000 ha de vignes constituées à partir de ce porte-greffe.

Mais, côté européen, personne ne croit à cette thèse un peu alambiquée. Tout d'abord, aucune preuve formelle de l'existence de cette nouvelle souche n'a encore été apportée. Ensuite, à supposer que ce super-phylloxéra existe, on voit mal pourquoi il ne s'en prendrait qu'à l'AXR1, et pas aux autres porte-greffes qui jusqu'à présent sont tous indemnes...

En fait, si les Américains voient disparaître aujourd'hui leur plus beau vignoble, c'est tout simplement parce qu'ils ont choisi un mauvais porte-greffe. Et qu'ils n'en ont fait qu'à leur tête. «Dès 1963, je

les avais avertis qu'ils courraient à la catastrophe en utilisant l'AXR1 !», s'exclame Denis Boubals, professeur de viticulture à l'Ecole nationale supérieure d'agronomie (ENSA) de Montpellier. «A l'époque, nous savions déjà depuis longtemps que ce porte-greffe n'était pas suffisamment résistant au phylloxéra. En effet, après l'avoir testé en France et dans d'autres pays d'Europe, dans la première moitié du XX^e siècle, on s'est aperçu que les vignes déperissaient au bout de dix ou quinze ans – exactement comme cela se passe actuellement en Californie. Dès 1927, le professeur Perold avait publié aux éditions Mac Millan – et donc en anglais – un traité disant qu'il fallait se méfier de l'AXR1. Les Américains sont impardonnable. Ils pouvaient faire n'importe quoi, sauf ne pas tenir compte de l'expérience accumulée en Europe par trois générations de viticulteurs dans la lutte contre ce terrible parasite.»

De fait, dès le début de l'épidémie qui a frappé l'Europe – les premiers cas d'infestation ont été découverts dans le Gard en 1865 – les viticulteurs ont opposé une résistance héroïque au phylloxéra, et développé des trésors d'imagination pour sauver leurs vignobles du désastre. Ils se sont aperçus que la larve de ce minuscule puceron (de 0,5 à 1 mm de long) vit sous terre, où elle se nourrit de la sève de la vigne en piquant les racines au moyen d'une sorte de long bec appelé rostre. Les multiples blessures ainsi occasionnées provoquent l'excroissance des tissus et la formation de tubérosités, propices au développement de bactéries et de moisissures. Les racines pourrissent, engendrant à la longue le déperissement puis la mort du cep.

Dès 1872, les viticulteurs français ont tenté de limiter l'extension des foyers d'infection au moyen d'insecticides chi-

LE MYSTÉRIEUX "TUEUR" DES VINS DE L'OUEST

Edouard : c'est le nom que les scientifiques de l'Institut technique de la vigne et du vin (ITV) ont donné, faute d'avoir réussi à l'identifier, au mal mystérieux qui séme la panique depuis quatre ans dans les caves de Loire-Atlantique, de Vendée et du Maine-et-Loire. En deux temps, trois mouvements, et de façon totalement inexplicable, Edouard est en effet capable de faire chuter le degré en alcool des vins de 2° à 4°, transformant le meilleur des crus en une vinasse titrant à peine 8° !

L'affaire a éclaté au grand jour en 1988, lorsqu'un viticulteur des coteaux du Layon, dans le célèbre vignoble d'Anjou, signala le phénomène à l'ITV. Pensant d'abord à un canular, les spécialistes de cet organisme menèrent discrètement l'enquête et se rendirent à l'évidence.

Non seulement ils ont observé, depuis, une vingtaine de nouveaux cas de dégradation alcoolique, mais en plus, ils ont appris qu'Edouard s'était manifesté pour la première fois en 1981, sur un vin rouge d'Anjou. Terrorisés par

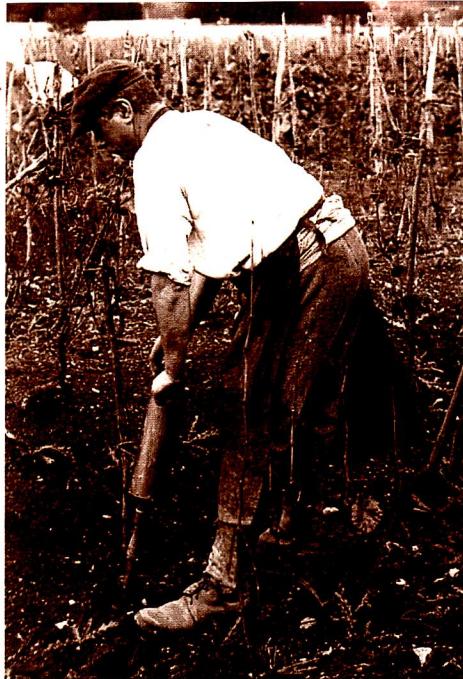
l'impact commercial désastreux d'une pareille affaire, les viticulteurs s'étaient jusque-là gardés de l'ébruiter...

Aujourd'hui, malgré plusieurs années de traque, la collaboration de l'Institut Pasteur et celle de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), les scientifiques de l'ITV n'ont toujours pas réussi à démasquer Edouard. Ni à comprendre pourquoi ce "tueur de vins" ne sévit (pour l'instant ?) que dans les vignobles des pays de Loire. Ils savent seulement que la désalcoolisation se produit en fin de fermentation, que l'ennemi ne frappe que certains chais – voire certaines cuves à l'intérieur d'une même cave –, qu'une élévation de température de 15 °C à 30 °C pendant la fermentation stimule le phénomène et, qu'en revanche, ce dernier est inhibé à 0 °C.

Mais surtout, et c'est sans doute le fait le plus important, Edouard est mis hors d'état de nuire lorsqu'on ajoute un peu d'eau de Javel au vin. Ce qui laisse supposer que l'ennemi public n° 1 des caves de l'Ouest est un agent biologique. Le

problème consiste à savoir lequel, car les œnologues et les spécialistes de microbiologie ne connaissent pour l'instant aucun virus, bactérie ou levure capable de dégrader l'éthanol. Sauf, bien sûr, dans le cas de la transformation du vin en vinaigre (des bactéries changent l'alcool en acide acétique), ou des "maladies de la fleur" (l'éthanol devient de l'acétaldéhyde), provoquées par des levures qui forment un voile caractéristique à la surface du vin. Or, ce voile n'a pas été observé dans les cuves contaminées par Edouard.

Pour le moment, le phénomène est heureusement limité et fait surtout des ravages dans les esprits. Néanmoins, nul doute qu'à l'heure des vendanges, cette année, les vignificateurs et les maîtres de chais vendéens, nantais et angevins auront les yeux fixés sur leurs cuves. L'ITV a mis au point, à leur intention, un protocole d'action préventif basé notamment sur des règles d'hygiène strictes, qui s'applique depuis la récolte du raisin jusqu'à la finition du vin. Faute de mieux, pour l'instant.



Un puceron dévoreur de racines

La minuscule larve du phylloxéra (0,5 à 1 mm) vit sous terre, où elle se nourrit de la sève de la vigne en piquant les racines avec son rostre (*ci-dessus*). Celles-ci finissent par pourrir (*ci-dessous*), entraînant progressivement la mort du cep. Il y a un siècle, les viticulteurs français tentèrent d'enrayer l'épidémie en injectant du sulfure de carbone dans le sol (*ci-contre*). Mais sans succès. Le salut allait finalement venir de la greffe de cépages européens sur des variétés américaines résistant aux attaques du parasite.



miques. L'un des produits les plus couramment utilisés, le sulfure de carbone, était appliqué dans le sol à 20 centimètres des ceps, à l'aide de pails injecteurs (*voir photo ci-dessus*) ou de charrues spéciales, à raison de 150 kilos par hectare en hiver et au printemps. Mais l'opération, coûteuse et fastidieuse, ne donnait que de médiocres résultats et fut rapidement abandonnée.

«Le phylloxéra a un cycle biologique extrêmement long et complexe. Quand il diminue quelque part, il se développe aussitôt un peu plus loin : voilà pourquoi toutes les tentatives de lutte chimique ont échoué, alors que celle-ci s'avère efficace contre la plupart des autres insectes prédateurs de la vigne», explique Pierre Rouquié, directeur général de l'Institut technique de la vigne et du vin (ITV), à Paris.

L'agrochimie naissante de l'époque n'étant d'aucun secours, des spécialistes de la viticulture eurent l'idée d'inonder périodiquement les vignes en automne sous 5 à 20 cm d'eau, pendant quarante à soixante jours, en vue de priver d'oxygène le maudit puceron. Encore utilisée de nos jours, en particulier en Camargue et dans l'Aude, cette technique connut un franc succès. Seul problème : la parcelle devait se situer obligatoirement à proximité d'une rivière ou d'une réserve d'eau ; il était donc impossible de généraliser cette technique à l'ensemble du vignoble français. Une autre méthode, proposée à la même époque par un vigneron du Vaucluse, consistait à planter la vigne dans des terrains très sableux (au moins 60 % de sable) : incapable de se déplacer en raison de la très faible cohésion de ce type de sols, l'insecte se trouvait alors dans l'incapacité d'accomplir son cycle de reproduction. Mais là aussi, à part dans certains coins du Languedoc ou de la basse vallée du Rhône, où

elle est encore pratiquée de nos jours, la culture sur sable ne pouvait être qu'une solution marginale.

Le salut allait finalement venir de la génétique, mais non sans balbutiements. En 1873, soit très tôt après le début de l'épidémie, la résistance des variétés américaines au phylloxéra fut mise en évidence. On découvrit plus tard que, contrairement aux vignes européennes, leurs racines ont une capacité de cicatrisation très rapide : sitôt après la piqûre de l'insecte, la plante sécrète une substance liégeuse qui empêche le pourrissement de son système racinaire. Dès la fin du siècle dernier, bon nombre de viticulteurs allaient alors replanter leurs vignes avec de l'herbemont, de l'othello, de l'isabelle et autres noah et clinton. Mais si ces cépages d'outre-Atlantique ont le bonheur d'être épargnés par le redoutable insecte – tout comme, d'ailleurs, par la majorité des autres grands parasites de la vigne ! –, le vin qu'ils produisent est imbuvable, tout au moins pour un palais européen. Au point que dans les années cinquante, certains d'entre eux – notamment le noah qui, de plus, sécrète un aldéhyde toxique – furent carrément interdits de plantation en France.

(suite du texte page 180)



L'INFORMATION

**Avec RTL,
vous savez tout
de suite ce qu'il faut
savoir très vite.**

EN CAPITALES

PAR SERGE BROSSELIN

DES SOUS-MARINS DÉBUSQUÉS

En plongée, les sous-marins amis sont difficiles à "joindre" pour tout échange de communications, et les ennemis difficiles à détecter. Car l'eau de mer est opaque à la plupart des rayonnements. Les ondes sonores ou radio, les seules qui réussissent à s'y propager, ne peuvent transmettre qu'un faible débit d'informations. Divers autres modes de transmission-détection sont utilisés, mais aucun, pris isolément, ne donne entière satisfaction. La lumière laser bleu-vert risque de révolutionner ce monde du silence.

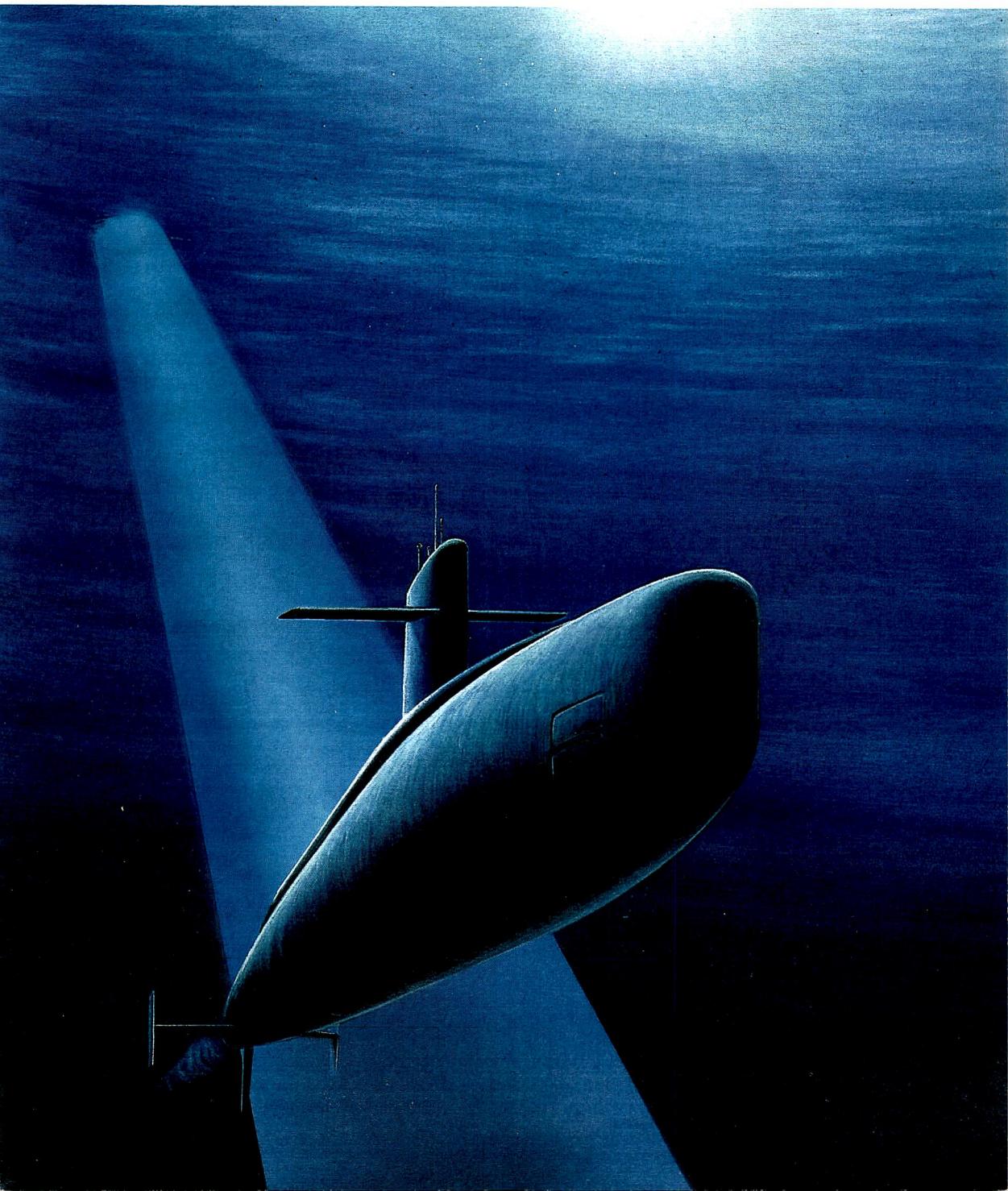
Actuellement, les sous-marins lanceurs de missiles bénéficient d'un avantage énorme sur les deux autres éléments de la "triade" stratégique (avions de bombardement et missiles sol-sol à longue ou moyenne portée) : ils sont très difficilement repérables. Ce n'est pas un hasard si 90 % de la puissance de la force française de dissuasion repose sur les SNLE (sous-marins nucléaires lanceurs d'engins), si les Américains construisent des SLBM (*sea-launched ballistic missiles*) Trident de 18 000 t, et si l'ex-Union soviétique a mis en service toute une flotte de Typhoons qui, avec leurs 24 000 t (2,5 fois le tonnage des plus récents SNLE français), sont les plus gigantesques "orques de l'apocalypse" jamais réalisés à ce jour.

Pour remplir sa mission – lancer ses missiles à partir d'une position d'immersion stabilisée à une certaine profondeur (de l'ordre de 40 à 60 m) –, le sous-marin est confronté à deux difficultés opérationnelles : d'une part, recevoir en toute certitude l'ordre de feu gouvernemental – c'est l'aspect "communication" du problème – et, d'autre part, ne pas être repéré au moment du tir – c'est l'aspect "déttection" du même problème.

Aujourd'hui, la fin de la guerre froide a fait long feu, mais l'acuité de cette question se fait toujours sentir. Elle s'est simplement légèrement déplacée vers un autre type de menace. En effet, avec le grand "bradage" de l'arsenal soviétique, certains pays du Tiers-Monde ne vont pas manquer d'acquérir des sous-marins qui, une fois bricolés par des ingénieurs mercenaires, seront capables de lancer en immersion un seul missile équipé d'une tête nucléaire ou plus probablement chimique, voire bactériologique. Ce syndrome du "gymnote islamique" (du nom du submersible de servitude utilisé par la France pour les tirs expérimentaux de ses missiles MSBS, ou mer-sol balistique stratégique) est pris au sérieux par certains experts bien que, jusqu'à ce jour, il n'ait jamais été publiquement évoqué : par exemple, l'un de ces engins "dormant" entre deux eaux au large de Tripoli ou d'Alger serait en mesure de prendre en otage toute une partie de l'Europe.



ÉS PAR LE LASER BLEU-VERT



Cela étant, la partie n'est pas forcément gagnée d'avance pour le sous-marin, car, s'il est pratiquement indétectable lorsqu'il demeure tapi ou lorsqu'il se déplace dans les profondeurs abyssales (un sous-marin en transit vers sa zone de patrouille évolue à - 300 m en moyenne), il est en revanche susceptible de trahir sa présence dès lors qu'il se positionne pour lancer ses engins. Dans ce cas, il est obligé de prendre certains risques pour recevoir le message lui ordonnant de tirer. De même ne peut-il procéder au tir sans remonter jusqu'à quelques dizaines de mètres seulement de la surface, le missile devant d'abord être "chassé" hors de l'eau par de l'air comprimé avant que son propulseur soit mis à feu. Une opération qui limite la profondeur d'immersion du sous-marin, les capacités de "chasse" du missile par air comprimé étant réduites du fait de la pression de l'eau.

Aujourd'hui encore, deux types de problèmes pénalisent la souplesse opérationnelle du sous-marin en plongée.

- Les ondes VLF (*very low frequency*) utilisées pour les transmissions à longue distance ont une faible capacité de transfert d'information en raison de leur bande passante étroite, ce qui limite le spectre des messages transmissibles.

- Le milieu marin offre une forte imperméabilité à la pénétration des ondes électromagnétiques, même VLF, d'où, souvent, l'obligation de "chaluter" entre deux eaux des antennes de grandes dimensions (plusieurs centaines de mètres), lesquelles permettent certes une meilleure réception des messages, mais en contrepartie peuvent trahir la présence du submersible dans l'eau.

Depuis que le sous-marin existe, l'éternelle compétition entre le glaive et le bouclier fait que toutes les ressources de la technologie sont utilisées pour traquer les bâtiments en immersion. Quatre principes sont mis à contribution, mais aucun d'entre eux n'apporte la solution idéale tant recherchée.

Le sonar. C'est incontestablement le plus classique des moyens et aussi le plus répandu. On en distingue deux types :

- le sonar actif, qui fonctionne selon le principe du radar : une onde sonore est émise par le chasseur de sous-marins et son écho est analysé pour déterminer si l'onde a rencontré un obstacle, et lequel ;
- le sonar passif, comme son nom l'indique,

n'émet aucun signal, mais écoute et filtre l'ensemble des bruits sous-marins. Ce "goniomètre aquatique" est totalement discret. Ne révélant pas la présence du bâtiment qui l'utilise, il est pour cette raison "l'oreille" privilégiée des sous-marins stratégiques, qui peuvent ainsi surveiller la zone dans laquelle ils évoluent. A signaler également qu'au nombre des techniques sonar figure l'exploitation des "signatures acoustiques" des sous-marins. Toutes les grandes puissances navales disposent d'une banque de données où chaque sous-marin, dès lors qu'il prend la mer, est repéré et écouté, le bruit qu'il émet permettant de le distinguer entre tous les autres, un peu comme une empreinte digitale permet d'identifier un être humain sans aucune ambiguïté.

Le MAD (*magnetic anomaly detector*) ou détecteur d'anomalies magnétiques : par sa masse métallique, le sous-marin en immersion induit des modifications du champ magnétique terrestre ; le MAD, installé à bord d'un bateau ou d'un avion de patrouille maritime, détecte ces perturbations magnétiques et en déduit la présence probable d'un sous-marin.

Le radar à ouverture de synthèse. Il s'agit ici d'un procédé de détection tout récemment exploré. Le principe ne repose pas sur le repérage direct du sous-marin en immersion, car les ondes radar ne pénètrent pas dans l'eau. En revanche, le radar en

registre à la surface des phénomènes qui, après interprétation, fournissent une image de la situation sous l'eau. Ces phénomènes peuvent être, par exemple, des modifications locales de l'état de surface de la mer provoquées par les variations des courants de profondeur dues au passage d'un sous-marin.

Les procédés "exotiques". Dans cette catégorie peuvent être recensés trois procédés s'appuyant sur des tech-

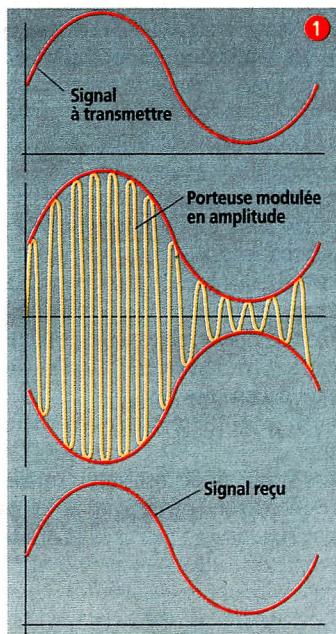
niques totalement différentes et au sujet desquelles il est bien difficile de distinguer ce qui est du domaine du possible de ce qui relève de l'inroyable ou du rêve.

- L'effet de sillage. Des trois procédés, c'est incontestablement celui qui semble le moins sujet à caution. Il consiste à repérer à la surface de l'eau des traces laissées par le sous-marin en plongée : mouvements de l'eau, traces d'éléments radioactifs pour un sous-marin nucléaire, traces hydrother-

- Un seul système pour transmettre des informations à un submersible ami et pour détecter un sous-marin ennemi.

TRANSMISSIONS SOUS-MARINES : LE CASSE-TÊTE DES FRÉQUENCES

Dès qu'il s'agit de transmissions hertziennes, la fréquence de la porteuse – caractéristique de l'émetteur et dont la modulation est l'image du signal à transmettre – influe considérablement sur les possibilités de la liaison. Ceci concerne essentiellement le nombre d'informations transmises chaque seconde. En



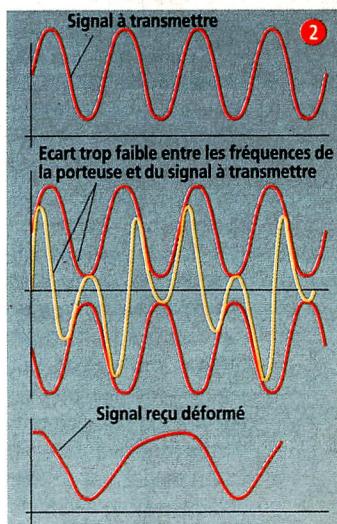
effet, quel que soit le procédé de modulation employé, la fréquence de la porteuse impose une limite absolue au débit.

Par exemple, dans le cas d'une transmission en modulation d'amplitude. L'évolution de l'amplitude de la porteuse sera fonction de celle de l'information à transmettre (1). Si l'évolution de cette dernière est lente, l'émission sera donc constituée d'un signal sinusoïdal dont l'amplitude croîtra et décroîtra "doucement". Plus le débit d'informations augmentera, plus l'amplitude de la porteuse évoluera rapidement. Au total, la transmission se résumera à un lissage des sommets de la sinusoïde.

Si la fréquence à transmettre augmente encore et se rapproche de celle de la porteuse, les ventres d'amplitude ne contiendront que peu de sinusoïdes. On comprendra aisément que, déjà, la transmission sera moins précise. Seuls quelques points du signal seront transmis en raison du faible nombre de sommets.

Si les deux fréquences se rapprochent encore, il deviendra impossible de reconstituer l'information (2). En fait, le cap fatidique est atteint, en théorie du moins, lorsque le rapport fréquence porteuse/débit atteint 2,3.

La seule solution pour obtenir un débit élevé consiste donc à disposer d'une por-



teuse de fréquence également élevée. Or, sous l'eau, seules les ondes hyperlongues réussissent à se propager. Il y a donc incompatibilité avec les conditions énoncées plus haut.

C'est pour cette raison que la filière "transmission optique" est exploitée. Ici, la fréquence de la porteuse est quasiment infinie par rapport aux possibilités offertes par les dispositifs de modulation actuels. Elle n'est donc plus un obstacle pour une transmission à haut débit.

miques provoquées par une variation de température engendrée par le brassage de l'eau, etc.

● La modification de la concentration du plancton marin. Il semblerait que l'on puisse déduire la présence d'un sous-marin en immersion à partir de changements observés dans le plancton marin. Lorsqu'il est soumis à des turbulences, sa bioluminescence change, variation que l'on peut détecter.

● La gravimétrie différentielle. Par sa masse (jusqu'à plusieurs milliers de tonnes), un sous-marin modifie la valeur du champ de gravité terrestre de l'endroit où il se trouve. Si l'on détecte une telle modification, on peut supposer que seul un sous-marin peut la provoquer. Encore faut-il avoir les moyens de le faire. Certes, on dispose aujourd'hui de gravimètres ultra-sensibles (10^{-13} g). Mais est-il possible, à partir de l'espace (les gravimètres sont installés sur des satellites géodésiques), non seulement de mesurer les variations

gravimétriques – extrêmement faibles – produites par un sous-marin, mais surtout de localiser leur "source" avec certitude ? Autant de questions qui, à ce jour, n'ont semble-t-il pas encore reçu de réponses satisfaisantes.

La diversité des solutions envisagées prouve en tout cas que, si plusieurs techniques sont susceptibles d'être utilisées, aucune d'elles prise isolément ne répond en totalité au problème posé.

D'où l'idée de recourir au laser qui doit permettre, en principe avec un seul et même système, de résoudre simultanément le problème de la transmission d'informations à haut débit avec un sous-marin ami en plongée, et celui de la détection jusqu'à une certaine profondeur (~ 100 m environ) d'un submersible ennemi. De la même façon qu'il existe deux "fenêtres de transparence" infrarouge dans l'atmosphère (l'une comprise entre 2 et 5 μm , l'autre entre 10 et 12 μm de longueur d'onde), il

existe une – et une seule – fenêtre de transparence optique dans l'eau de mer. Cette possibilité de traverser ce dioptrre "opaque" se situe autour des 500 nanomètres de longueur d'onde.

À ce jour, seul le Pentagone avait fait savoir tout l'intérêt qu'il attachait à voir émerger de nouveaux concepts de communication et de détection des submersibles en immersion en utilisant le laser "bleu-vert" de faible énergie, ainsi que ceux faisant appel à des sources de haute puissance (voir encadré p. 112). Dorénavant, la France "marque" de très près le géant américain dans les recherches de pointe engagées dans ce domaine. C'est que l'enjeu de tels travaux revêt une importance capitale : un déséquilibre stratégique militaire et industriel majeur pourrait, en effet, résulter de la percée technologique réalisée dans ce domaine par une puissance militaire – fût-elle alliée – au détriment des autres. Ces recherches françaises sont menées par la DRET (la Direction des recherches et études techniques, dépendant de la DGA, la Délégation générale pour l'armement du ministère de la Défense). Un programme secret de recherches dont les derniers développements ont eu lieu en juin et juillet 1991, avec l'expérimentation en Méditerranée d'un système intégré de transmission et de détection optroniques sous-marines, et cet été, avec l'essai de ce même système dans sa version aéroportée.

L'intérêt porté au laser s'explique pour plusieurs raisons.

- Tout d'abord, c'est un système qui, contrairement aux systèmes radio, est très directionnel, donc discret. A moins de se trouver dans l'axe du faisceau, il est totalement impossible de brouiller ou d'écouter une communication transmise par ce moyen.
- En second lieu, les fréquences sur lesquelles travaille le laser offrent des possibilités de bande passante dont la largeur est sans commune mesure avec celle des systèmes non seulement VLF, mais également VHF ou UHF, la largeur de la bande passante conditionnant la quantité d'informations pouvant être transmises (voir encadré p. 109).
- Enfin – mais à condition de travailler uniquement dans la fenêtre de transparence de l'eau de mer, située, rappelons le, autour de 500 nanomètres –, le laser bleu-vert permet de faire de l'imagerie sous-marine, soit à partir de l'atmosphère à partir d'un avion ou d'un satellite, soit encore de sous-marin à sous-marin comme cela a déjà été réalisé, s'il faut en croire les spécialistes de la DRET que nous avons rencontrés (¹).

Pour un sous-marin ami, le fait de ne plus être

obligé de déployer de longues antennes immergées entre deux eaux pour recevoir un message radio renforce son invulnérabilité. A l'inverse, pour un sous-marin ennemi, le fait de savoir qu'il risque d'être repéré au moment où il se stabilise pour tirer ses missiles constitue un élément indéniable de dissuasion.

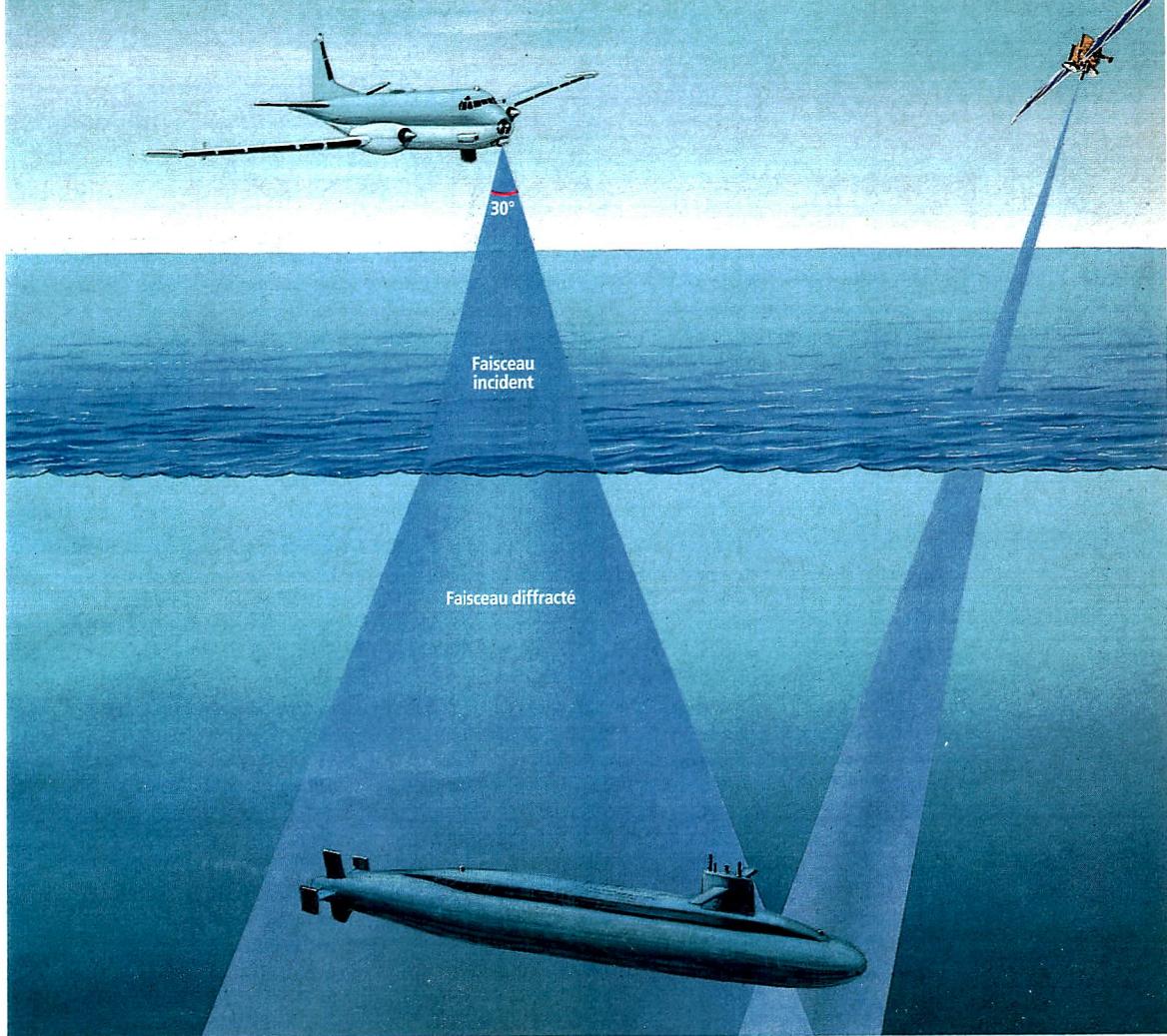
Autre avantage non négligeable du laser bleu-vert, il fonctionne selon un mode impulsif, et ses impulsions sont "polyvalentes". Cela signifie que, dans un train de plusieurs impulsions successives, il est possible d'attribuer à certaines des fonctions de transmission de message, et à d'autres des fonctions d'imagerie sous-marine. C'est ce qu'on appelle un fonctionnement en mode "partagé", que l'on retrouve avec les ondes SHF (*super high frequency*) (qui peuvent tout aussi bien transmettre des images télévision que le son).

Communication large bande et imagerie optronique sont donc indissociables. Les fonctions sont différentes, mais le mode dans lequel elles sont assurées est exactement le même. Un système unique est donc théoriquement capable de remplir simultanément les deux missions. Cela signifie aussi que, pour chacune des fonctions, les limitations sont identiques et les problèmes rencontrés de même nature.

Deux grandes directions de recherche sont donc actuellement explorées en France pour développer un système qui sera probablement industrialisé par Thomson-Sintra activités sous-marines et BMI (une société peu connue, en dehors des milieux spécialisés). Le Canada participe à ces travaux et est chargé, dans le cadre d'un contrat signé avec la DGA, des études liées à la physique de l'eau.

La première de ces directions de recherche consiste à étudier les conditions de propagation du faisceau laser dans l'atmosphère. La seconde, elle, est un peu moins avancée, bien que les premières études exploratoires remontent à 1987. Son but est d'analyser les paramètres qui influent sur le bilan énergétique du laser sous l'eau. En d'autres termes, il s'agit de déterminer quelles sont les constantes physiques qui, sous la surface, altèrent la qualité du signal transmis. La campagne d'expérimentation de l'été 1991 était directement liée à l'obtention d'une meilleure connaissance de cette transformation verticale sous-marine.

Quant au bilan énergétique, jusqu'ici simplement mentionné, il consiste à mesurer l'énergie rayonnée sur une surface donnée. Il faut savoir, en effet, qu'en matière de lasers, il n'y a pas de compromis possible entre les deux termes suivants de l'alternative : à puissance émise constante, ou bien



l'on concentre un maximum d'énergie de rayonnement sur une toute petite surface (c'est le principe des lasers de puissance), ou bien cette même quantité d'énergie est dispersée sur une plus grande surface (en ouvrant l'angle du faisceau à l'émission). Dans ce cas, on obtient bien sûr en contrepartie un signal plus faible et de surcroît dilué dans des volumes de parasites (tels que des particules en suspension dans les milieux traversés) plus importants puisque la surface balayée par le laser est elle-même plus grande.

A partir de là, deux cas de figure se présentent selon que le rayon traverse l'atmosphère et les nuages ou le milieu marin. Dans le premier cas, le bilan énergétique du faisceau n'est pas trop altéré. En effet, une légère diffraction intervient lors de la propagation à travers l'atmosphère et les nuages, mais l'affaiblissement du signal qui en résulte, du fait de l'ouverture du faisceau, est négligeable. En revanche, la traversée du dioptrre air-mer et la propagation dans l'eau grèvent assez lourdement le bilan énergétique. L'intensité d'un rayon lumineux

Propagation dans l'eau d'un faisceau laser, un trajet semé d'embûches

L'énergie du faisceau laser envoyé depuis un avion pour détecter, ou transmettre un message, à un éventuel sous-marin est dégradé par la diffraction, au passage de l'air dans l'eau. Le pourcentage de perte est donné par le rapport entre la surface couverte à l'arrivée par le faisceau s'il n'était pas diffracté et celle, plus grande, qu'il couvre à cause de la diffraction. Ainsi, si le faisceau émis arrivant au sous-marin n'était pas diffracté, il rayonnerait la totalité de son énergie sur une surface égale à S_1 , mais comme il est diffracté par la traversée de la surface de l'eau, ce même faisceau rayonne sur S_2 , sensiblement plus grande que S_1 . Si S_2 augmente jusqu'à atteindre 2 fois S_1 , le bilan énergétique est divisé par deux. L'absorption par certaines particules (en suspension dans l'eau) de la taille de la longueur d'onde du faisceau laser altère également la qualité du signal. Enfin, la diffusion lumineuse grèvera encore le bilan : très importante en mer du Nord, elle sera toutefois moindre en plein Pacifique !

ETATS-UNIS : DEUX PROGRAMMES LASERS/SOUS-MARINS

Les travaux américains en matière d'applications sous-marinnes des lasers sont centrés autour de deux programmes, très ambitieux, totalement contrôlés par le Pentagone.

Dialogue entre un avion et un sous-marin. Ce premier programme, conduit par la DARPA (Defense Advanced Research and Project Agency), entre dans le cadre du projet TALC (Tactical Airborne Laser Communication). Lancé dès 1978, il a pour objet l'établissement de liaisons sûres entre un satellite et un sous-marin en plongée. Une campagne d'essais a ainsi eu lieu en 1991. Elle avait pour but de démontrer la faisabilité d'un système bidirectionnel de liaison par rayon laser entre un avion (télépiloté) évoluant à très haute altitude (plusieurs milliers de mètres) et un sous-marin se trouvant en immersion à plusieurs dizaines de mètres.

Tout comme dans le système français testé par la DRET (voir article), le laser américain (*Blue-Green Laser*) travaille dans une longueur d'onde proche de 500 nanomètres, la seule correspondant à la fenêtre de transparence de l'eau de mer. Il semblerait que les études conduites aux États-Unis soient légèrement en avance sur leurs homologues françaises, puisque le programme

contrôlé par la DRET ne procède, pour l'instant, qu'à l'expérimentation de liaisons unidirectionnelles, c'est-à-dire dans le seul sens descendant, et non pas également dans le sens sous-marin surface.

Détection d'un sous-marin en plongée. Parmi les différentes technologies explorées outre-Atlantique figure la thermo-acoustique laser. Depuis plusieurs mois, d'importants travaux sont conduits par les chercheurs de l'institut de technologie de Géorgie sur contrat du bureau de recherches navales de la NSF (National Science Foundation), afin de développer un système de détection directe par laser d'un sous-marin immergé. L'une des techniques envisagées consisterait à mettre en œuvre un laser à impulsions de forte puissance à pinceau extrêmement étroit (1), afin de concentrer un maximum d'énergie sur une surface de très petites dimensions.

Ce laser est probablement doté, à l'émission, d'un dispositif permettant d'éviter la défocalisation thermique du faisceau (claquage de l'air par échauffement) sur le trajet du rayon dans l'atmosphère. Par conséquent, le principe de fonctionnement du système serait le suivant : lors de sa collision avec la surface de l'eau, le faisceau engendre un choc violent. L'échauf-

tement et la dilatation de l'élément liquide qui s'ensuivent créent des microbulles (2) qui, par impulsion sous la pression de l'eau, produisent des ondes sonores à émission omnidirectionnelle (3). Ensuite, la propagation de ces ondes s'effectue comme celles émises par un sonar sous-marin classique : lorsque l'onde rencontre une cible (4), elle est affectée d'informations qui sont ensuite exploitées comme le serait un écho sonar par les moyens de lutte anti-sous-marin appropriés (5, 6 et 7).

Grâce à ces technologies laser, non seulement la détection d'un sous-marin est possible à plusieurs dizaines de mètres de profondeur, mais encore serait-il envisageable, indique-t-on de source informée aux États-Unis, de dresser une cartographie des fonds marins.

S'il devait se vérifier que de telles possibilités et performances soient assurées en toutes circonstances, alors il ne fait aucun doute que, non seulement le sous-marin ne serait plus indétectable, mais encore qu'un certain bouleversement de l'équilibre stratégique pourrait en résulter. C'est en effet dans une tranche de profondeur voisine de moins 30 mètres à moins 50 mètres que les sous-marins nucléaires stratégiques se stabilisent pour tirer leurs engins.

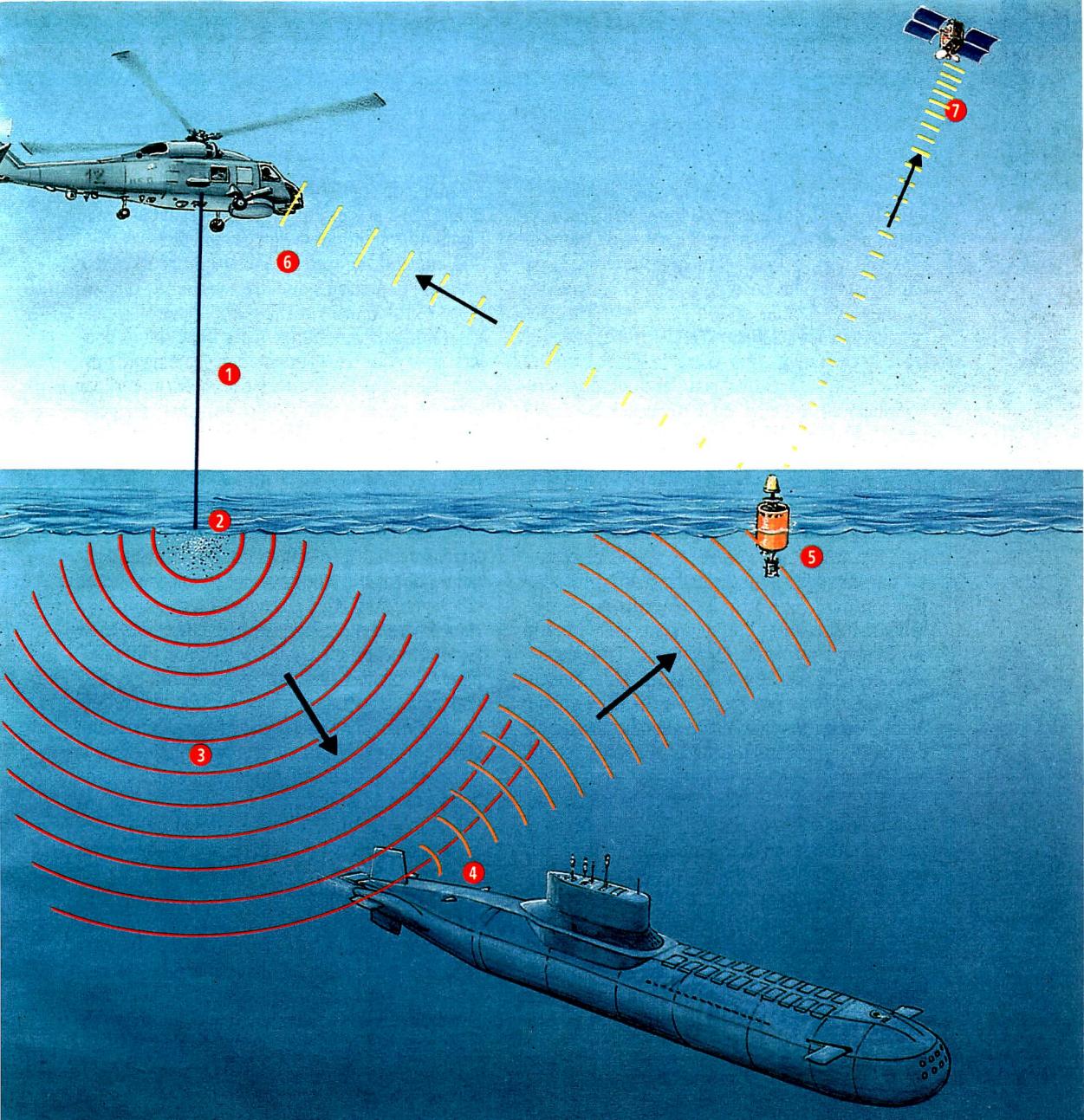
qui traverse une épaisseur d'eau de 50 m n'est plus que de 1/40 de sa valeur initiale, et de 1/1 000 000 après 200 m (Scientific American de mars 1988). Ce phénomène n'est pas propre au laser. C'est une loi de physique générale. Lorsque l'espace intermoléculaire de la matière est du même ordre de grandeur qu'une onde destinée à la traverser, celle-ci est absorbée. Pendant la Seconde Guerre mondiale, les belligérants savaient déjà que des paillettes de métal de même longueur que les ondes d'un radar rendaient celui-ci inopérant. Mais ici, deux phénomènes distincts cumulent leurs effets.

● Une dégradation par diffraction, lorsque le faisceau passe de l'air dans l'eau. Le pourcentage de

perte d'énergie est donné par le rapport entre la surface couverte à l'arrivée par le faisceau s'il n'était pas diffracté et celle, plus grande, qu'il couvre à cause de la diffraction.

● Une dégradation par absorption. Le second effet qui altère la qualité du signal est dû au fait que la longueur d'onde sur laquelle travaille le laser est du même ordre de grandeur que les particules en suspension dans l'eau. Il s'ensuit une résonance qui absorbe l'énergie du faisceau et donc atténue la puissance du signal.

Il est bien évident qu'il est très difficile de quantifier le facteur de dégradation du bilan énergétique. On conçoit en effet qu'entre la turbidité des



eaux du delta du Rhin et la pureté cristalline de celles du Pacifique, un abîme sépare les conditions de propagation d'un signal optronique dans l'eau. En revanche, la valeur d'un autre paramètre est connue : celle qui a trait au facteur d'affaiblissement de la transmission en fonction de la profondeur. Il suit une loi pseudo exponentielle, ce qui signifie que les profondeurs qui peuvent être atteintes tant pour l'imagerie que pour les communications sont limitées. Nous croyons savoir qu'elles seraient de l'ordre d'une centaine de mètres actuellement.

L'expérimentation à laquelle a procédé la DRET en Méditerranée se proposait seulement de vérifier

le bilan énergétique d'une transmission verticale en milieu marin et non pas aérien, car ce dernier est déjà connu. Il s'agit de la première étape d'une future mise au point de moyens de communication, mais aussi de détection puisque, comme il a été dit plus haut, le système expérimenté peut faire les deux simultanément. Les équipements et systèmes laser déployés à cette occasion étaient composés de deux sources laser indépendantes : l'une constituée par un laser au titane accordable en fréquence (c'est-à-dire de fréquence variable sur commande), l'autre par un laser YAG (également accordable en fréquence) fonctionnant sur une longueur d'onde différente.

Il est à signaler que les deux types de lasers en question sont doublés en fréquence. Cela s'explique par le fait que la seule fenêtre de transparence de l'eau de mer - la fenêtre bleu-vert - se situe, comme déjà dit, autour de 500 nanomètres de longueur d'onde. Or les deux lasers utilisés rayonnent à des longueurs d'ondes trop grandes (le laser titane-saphir, par exemple, émet dans les 700 à 1 000 nanomètres) pour les applications recherchées. En augmentant la fréquence, il s'ensuit une diminution de la longueur d'onde (longueur d'onde = $c/\text{fréquence}$, où c est la vitesse de la lumière dans le milieu de propagation), d'où la nécessité de doubler la fréquence des lasers, ce qui permet alors de les faire fonctionner dans les limites imposées par le milieu où se propage le faisceau.

Pourquoi deux sources distinctes ? Tout simplement parce que l'un des objectifs poursuivis consistait à évaluer l'influence du milieu marin sur la longueur d'onde utilisée pour la transmission du signal. L'idée que l'on se fait généralement du pinceau laser est que ce dernier est extrêmement directionnel (ici réside effectivement l'une des caractéristiques premières du laser), ce qui est fondamentalement incompatible avec les nécessités de la mission de transmission ou de détection, lesquelles supposent le balayage de vastes zones. Et c'est ici qu'une astuce a été trouvée. Elle consiste à adjoindre au laser un dispositif optique qui ouvre le faisceau d'une trentaine de degrés à l'émission. Le rayonnement, au lieu d'un étroit pinceau, prend la forme d'un cône qui, au choix, peut observer la surface de l'eau ou la balayer de façon sinusoïdale si le porteur (avion, hélicoptère, bâtiment de surface) n'est pas immobile ou stationnaire.

Pour les besoins de l'expérimentation, il a été fait appel à un sous-marin de poche. Ce dernier avait été équipé avec un filtre électro-nique spécial, dit à transfert de résonance par vapeur de césium (testé à Brest par l'IFREMER en 1988), ainsi que d'un récepteur de signal. Ce filtre présente une particularité précieuse : il permet, après réception, de décaler la longueur d'onde du signal de 425 nanomètres à 850 nanomètres. Pourquoi ? Parce que l'amélioration du bilan énergétique, c'est-à-dire du rapport signal/bruit, s'effectue grâce à l'utilisation de composants qui ne savent travailler que sur cette longueur d'onde de 850 nanomètres. C'est le recours à un filtre très étroit qui, rejetant toutes les pollutions dans lesquelles le signal est "noyé", améliore le rapport signal/bruit. Or, comme le filtre à vapeur de césium ne résonne que sur 500 nanomètres, tout ce qui ne

résonne pas sur cette seule longueur d'onde sera ignoré (c'est le principe du filtre), et seul passera le signal utile qu'il restera alors à amplifier.

Il convient en outre de mentionner un autre avantage appréciable du filtre à vapeur de césium. Il est, contrairement aux filtres optiques plus classiques, totalement affranchi des fluctuations pouvant intervenir dans l'orientation générale du faisceau laser. Ces fluctuations peuvent provenir, par exemple, de l'état de la surface de la mer : en modifiant les angles d'incidence et de réfraction du faisceau, la houle induit des modifications de la diffraction subies par le faisceau et donc des altérations de la qualité et de la puissance reçues.

Si tous les principes fondamentaux sont parfaitement connus, en revanche les responsables techniques de la DRET ne nous ont pas caché que les différents paramètres physiques intervenant dans les modèles mathématiques permettant d'évaluer la détérioration du bilan énergétique sont complexes à "piloter" simultanément. Il faut, en effet, tenir compte de trois paramètres : de la turbidité de l'eau ; d'une loi de décroissance exponentielle qui gère l'aptitude du laser à pénétrer profondément sous l'eau ; et d'une atténuation du signal lors de la traversée de nuages.

Nos interlocuteurs laissent entendre que les problèmes liés aux fluctuations croisées de ces paramètres sont en grande partie surmontés.

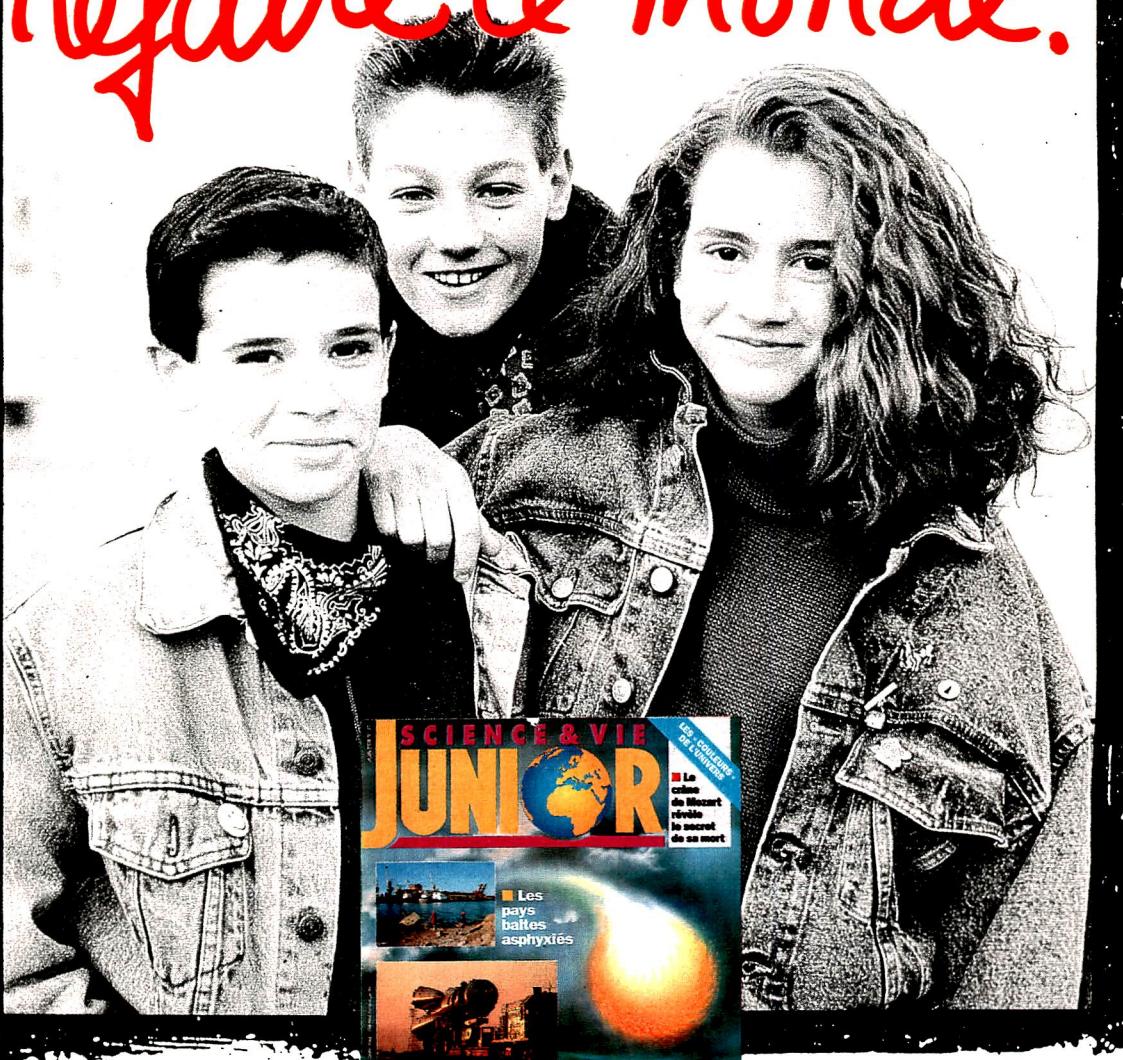
Reste maintenant à savoir si cette liaison peut évoluer dans deux directions, c'est-à-dire non pas uniquement descendre de l'avion ou de l'hélicoptère vers le sous-marin en plongée, mais également monter du sous-marin vers le mobile situé en surface (bâtiment de soutien) ou dans l'air, voire l'espace, comme y travaillent les Américains.

Comme le font remarquer Jean-Paul Christy, chef du groupe optronique de la DRET et Claire Valentin, spécialiste des lasers basse énergie : «des réflexions sont engagées dans cette direction mais, pour l'instant, remonter l'information n'est pas aussi évident que de la descendre. D'ailleurs, lorsqu'on regarde la configuration et le principe de fonctionnement du système, on constate qu'il ne peut pas fonctionner de façon bidirectionnelle». Cela dit, nos interlocuteurs ont tout de même précisé que des recherches étaient déjà engagées dans cette voie mais qu'elles étaient loin d'avoir atteint le stade d'avancement qui est celui des liaisons descendantes.

Serge Brosselin

(1) Un sous-marin a tendance à absorber les impulsions laser. Un "trou" dans les multiples échos de retour permet ainsi de "voir" le submersible.

Pour ceux qui vont refaire le monde.



Pour étonner le monde, il faut s'étonner de lui. Les savants et Science & Vie Junior ne font rien d'autre. Mais à une époque où les satellites se marchent sur les antennes pour déverser l'information, où chaque mois voit sa moisson de découvertes, il faut un flair de chercheur d'or pour trier les pépites. Sans parler de la traduction nécessaire des jargons de la Babel scienti-

fique. Et c'est le rôle de Science & Vie Junior. Dire très simplement des choses compliquées. C'est le style de Science & Vie Junior. Les dire avec des photos spectaculaires, les expliquer avec rigueur mais sans se prendre au sérieux, c'est l'esprit de Science & Vie Junior. Quand on est junior, c'est toujours le moment de découvrir, mais ce n'est jamais celui de s'ennuyer.

PAR JEAN-RENÉ GERMAIN

LES ESPIONS AVAIENT DONNÉ LES PLANS DE LA BOMBE AUX RUSSES

Youli Khariton, l'un des pères du programme nucléaire soviétique, vient de le reconnaître : ce sont bien des espions américains à la solde de l'URSS qui ont permis à son pays d'avoir les bombes A et H au début des années cinquante. Un épisode parmi d'autres d'une recherche nucléaire cahotique.

L'URSS faillit bien ne pas entrer dans le club des puissances atomiques – ou de n'y entrer que trop tard. Comme le Japon, qui ébaucha lui aussi une bombe atomique, et l'Allemagne, qui se lança, mais un peu tardivement, dans le même projet, elle souffrit d'indécision et de mauvaise gestion dans la mise en œuvre d'un programme atomique militaire. Ce fut l'espionnage qui lui sauva la mise.

Les compétences ne lui manquaient pourtant pas : l'aventure nucléaire commença en effet en URSS au début des années vingt, quand, vainqueur de la guerre civile, le pouvoir soviétique put commencer à s'organiser. Un jeune physicien, Piotr Kapitsa – dont l'histoire allait confirmer l'importance –, fut envoyé en Grande-Bretagne faire ses études avec Lord Rutherford, l'un des grands patrons de son temps, qui étudiait les désintégrations alpha spontanées tout récemment découvertes.

A la même époque, un géochimiste russe, Vladimir Vernadski, fondait à Leningrad l'institut du radium, entrevoyant déjà l'intérêt de la physique nucléaire. Un de ses disciples, Dimitri Skobeltsyn, s'intéressait à la mesure et à la détection de la radioactivité. Ce fut au cours d'une manipulation qu'il découvrit fortuitement le rayonnement cosmique. Au même institut, un autre groupe, dirigé par Vitalii Khlopin, étudiait la chimie du radium et cherchait des procédés chimiques d'enrichissement de l'uranium. Activités strictement confidentielles. L'URSS n'a donc pas "débarqué" soudain dans l'atome.

Mais le décollage de la science nucléaire soviétique ne se fit vraiment qu'en 1930, quand entra en scène un "ténor" de la physique russe : Abram Ioffe. S'adressant au responsable révolutionnaire chargé de la recherche militaire (Sergueï Ordjonikidze) et développant avec brio une argumentation uniquement idéologique, Ioffe réussit le tour de force d'obtenir, en moins de dix minutes, un ordre signé garantissant le financement des recherches nucléaires à l'institut du radium, dans le cadre du premier plan quinquennal.

Sans doute les choses commencèrent-elles à se gâter quand, en 1934, l'académie des sciences de l'URSS (dont dépendait l'institut du radium) fut transférée de Leningrad à Moscou pour être mise sous le contrôle du soviet des députés du peuple. La recherche sur l'atome, qui était jusqu'alors restée une affaire de scientifiques, passait sous contrôle politique. Contrôle qui se resserra lorsque Nicolai Boukharine, alors commissaire du peuple pour l'industrie lourde, commença à s'intéresser à la production d'électricité grâce à l'atome.

Les politiques ne sont pas nécessairement les moins qualifiés pour diriger la recherche, à la condition qu'ils ne deviennent pas les victimes d'un système totalitaire et policier. Alors qu'en Allemagne Otto Hahn et Fritz Strassman découvraient la fission de l'atome (1938), Boukharine disparaissait dans les geôles de la Loubianka, victime des purges stalinien-

Par chance, cette année-là, Igor Kourtchatov, un physicien de 35 ans, prit la direction du labo-

ratoire de physique nucléaire de l'institut physico-chimique de Leningrad, que dirigeait toujours Ioffe. Il devint quelques années plus tard le grand patron du programme nucléaire soviétique. Célèbre par sa haute stature et sa barbe carrée, ce savant devait l'être bien plus par son autorité, sa compétence et sa ténacité. La première manche était gagnée, la mise parut sauvée.

La deuxième manche fut compromise, paradoxalement, par les physiciens eux-mêmes : ils ne croyaient pas vraiment à l'atome. A leur décharge, il faut dire qu'ils n'étaient pas les seuls. L'Anglais Rutherford non plus ne croyait pas à la possibilité de déclencher des réactions nucléaires en chaîne et, en 1934, il "vida" sans ménagement de son laboratoire le physicien hongrois Leo Szilard qui évoquait cette idée. Le grand Ernst Mach, lui aussi, ridiculisait les théories atomiques. D'autres scientifiques, qui admettaient bien les dégagements d'énergie du noyau atomique, n'en saisissaient pas les conséquences. Ainsi, la chimiste allemande Ida Noddack, qui découvrit le rhénium avec son mari, écrivait en 1934, dans le *Journal de chimie appliquée*, qu'on pouvait casser les noyaux d'uranium avec des neutrons, et qu'on n'obtiendrait pas deux noyaux voisins, mais la désintégration spontanée d'un autre noyau. Cantonnée dans l'univers de la chimie, elle n'avait pas imaginé que, du fait des ré-

pulsions électrostatiques, ce processus communiquait une énergie formidable aux noyaux voisins.

Le cas le plus célèbre de scepticisme est celui de Hahn, découvreur de la fission provoquée, au terme de laquelle le noyau d'uranium produisait après désintégration du baryum et de l'argon. Quasiment de la transmutation alchimique ! La conclusion du compte rendu qu'il publia fin 1938 réflète bien son incrédulité : « Il a pu se produire une erreur. » Or il n'y avait pas eu d'erreur et, on le sait, ce fut son ancienne assistante, Lise Meitner, qui comprit la portée de cette découverte et alerta le physicien danois Niels Bohr, lequel prévint à son tour les Alliés.

Ainsi, ceux qui auraient été conscients de la réalité de l'énergie atomique et auraient entrepris de l'exploiter – Allemands, Soviétiques ou Anglais – auraient eu "la bombe" bien avant Hiroshima. En URSS, on se bornait à des spéculations intellectuelles. Si, dès 1939, Igor Tamm calcula qu'une bombe à uranium pourrait détruire une ville d'un rayon de 10 km – et Kourtchatov évoqua cette possibilité à une conférence "fermée" de



L'espion par qui tout arriva

Le physicien américain Klaus Fuchs travaillait au centre de recherches où fut fabriquée la première bombe A. Il était donc bien placé pour en fournir les plans aux Soviétiques...

l'institut de physique (FIAN) de l'académie des sciences - on en demeura là. Car malgré l'intérêt militaire évident d'une bombe atomique, les savants conclurent qu'ils n'en savaient pas assez pour se lancer dans sa réalisation. Pour Ioffe lui-même, l'utilisation militaire de l'énergie nucléaire ne pourrait voir le jour qu'au siècle suivant !

Les recherches dans ce sens furent donc ralenties, malgré les admonestations du chimiste Nicolaï Semenov qui, lui, prenait au sérieux la possibilité de réaliser une arme atomique. Prudence discutable, le service des secrets d'Etat du commissariat du peuple aux affaires intérieures (le NKVD, ancêtre de l'actuel KGB) interdit la publication d'articles scientifiques sur l'atome, qui disparurent brusquement des journaux soviétiques dès 1940. Lors de l'invasion allemande, le 21 juin 1941, tous les atomistes étaient occupés à d'autres recherches militaires, directement liées à la production ou à la mise au point d'armements nouveaux. Les recherches atomiques étaient gelées ; politiques et scientifiques avaient d'autres chats à fouetter.

Elles ne reprirent que lorsqu'un jeune physicien, G. N. Fliorov, découvrit en 1942 que tous les articles scientifiques sur l'atome avaient également disparu des revues spécialisées allemandes, américaines et

Le "général" Kourtchatov

Staline confia la réalisation de la bombe atomique au physicien Igor Kourtchatov, qui devint ainsi le grand patron du programme nucléaire soviétique en 1943.



britanniques. Silence révélateur... Il prit le risque d'en alerter directement Staline. L'avertissement ne tomba pas, cette fois, dans l'oreille d'un sourd. D'autant que les informations du NKVD et du GRU (les services secrets de l'Armée rouge) indiquaient que les Américains avaient commencé à travailler sur la bombe. A. Fliorov, dont il est admis que la lettre fut décisive, fut convoqué à Moscou en mai 1942. Et en novembre, Staline fit mander Vernadski, Ioffe, Kapitsa et Khlopine pour les interroger : était-il possible, dans l'état des connaissances et de l'industrie, de développer une bombe dans les prochaines années ? Oui, répondit-on, fût-ce prudemment. Et c'est ainsi que les Soviétiques se décidèrent enfin à "mettre le paquet".

C'était déjà tard, car le projet américain Manhattan, qui aboutit à la fabrication de la bombe A, avait démarré en juin 1942. Mais mieux valait tard que jamais. Kourtchatov fut préféré à ses aînés par Staline pour être le maître d'œuvre de la bombe soviétique. «Vous avez déjà eu votre part de gloire, dit le dictateur aux gérontes éconduits, il est jeune et il aura le temps de construire la sienne». Kourtchatov se mit donc au travail dès le début de l'année 1943. On l'installa au "laboratoire n° 2" dans les environs de Moscou. Il organisa les travaux dans trois directions :

- réalisation de la fission nucléaire dans un réacteur expérimental à eau lourde ;
- développement de la technologie nécessaire à la fabrication de la bombe ;
- fabrication de la bombe elle-même.

Fin 1943, 50 personnes étaient affectées au programme ; elles devaient être 100 l'année suivante. Mais celui-ci souffrait de difficultés d'approvisionnement en minerai d'uranium. Le NKVD, responsable de l'exploitation de la mine de radium du *kombinat* n° 6, près de Leninabad, dans le Ferghana, ne faisait pas son travail ; les stocks d'uranium attendus n'étaient toujours pas livrés. En 1945, Kourtchatov s'en plaignit donc à son chef Lavrenti Beria. L'occasion s'offrait enfin à Beria de supplanter Viatcheslav Molotov, directeur du programme atomique.

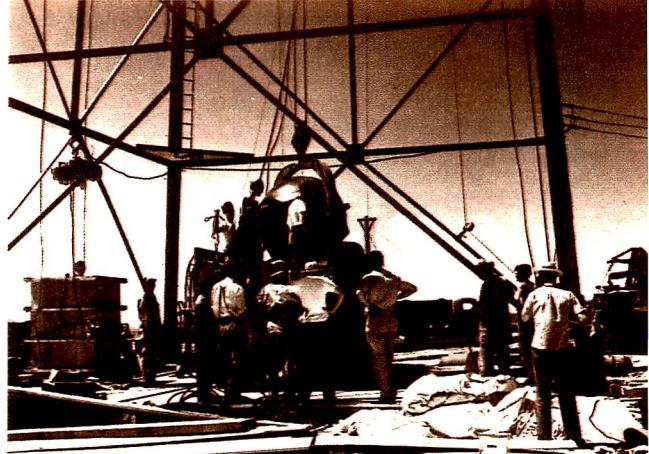
Une fois en place, Beria, d'abord responsable administratif, consacra toute la puissance de l'organisation des camps (le Goulag) à la construction des villes et des installations secrètes, ainsi qu'à l'exploitation des mines d'uranium et à l'enrichissement de ce métal. Grâce à cette main-d'œuvre abondante et gratuite, l'extraction de l'uranium s'effectua nettement mieux ! Du coup, Beria se vit attribuer de surcroît la direction du programme nucléaire soviétique, désormais placé sous la coupe du 9^e directeurat du NKVD.

Le politique permit de gagner la troisième manche. Beria disposait d'un atout de maître : il centralisait les réseaux d'espions soviétiques à l'étranger. Il bénéficiait donc d'informations sur le projet Manhattan. Car il est maintenant prouvé que l'espionnage joua un rôle crucial dans les progrès du nucléaire soviétique. Outre les espions américains Ethel et Julius Rosenberg, le physicien Klaus Fuchs, qui avait l'immense avantage de travailler au centre de recherches de Los Alamos (Nouveau-Mexique) sur les programmes américains de bombes A et H, procura à l'URSS des données essentielles. Ce furent ces informations qui emportèrent la décision de Staline de lancer son propre programme nucléaire.

Youli Khariton, l'un des "pères" de la bombe soviétique, l'a tout récemment reconnu : «Notre première bombe A fut une copie de la bombe américaine. D'ailleurs, je pense que le gouvernement n'avait pas d'autres moyens à l'époque pour la réaliser. Le temps était compté : celui qui possédait l'arme atomique pouvait dicter ses conditions politiques.» Personne parmi les scientifiques soviétiques ne savait que les informations décisives provenaient d'un espion. Et, ajoute Youli Khariton, «il est encore difficile maintenant dans les meilleurs scientifiques de parler de cette affaire».

Le retard soviétique n'était cependant pas encore rattrapé : la première bombe A n'avait pas été réalisée. La course s'accéléra après le 8 mai 1945, date de la victoire des Alliés sur le III^e Reich. En effet, les Soviétiques s'adjugèrent des prisonniers de choix : des savants atomistes allemands parmi lesquels le physicien allemand Mandred von Ardenne. Ils les affectèrent, avec d'autres spécialistes, à Soukhoumi, sur les bord de la mer Noire, à la mise au point de différents procédés d'enrichissement de l'uranium et de séparation isotopique (centrifugation et diffusion gazeuse). L'un d'eux, Heinz Barwich, a raconté dans *l'Atome rouge* le train d'enfer auquel les astreignit Kourtchatov. Et la bombe n'était pas encore construite que, le 13 mai 1946, Staline lançait le programme de missiles balistiques pour la transporter !

Il faut dire que la destruction d'Hiroshima, le 9 août 1945, avait fouetté au vif la détermination de Staline : il convoqua son commissaire du peuple aux munitions, V. L. Vannikov, et lui ordonna de fabriquer au plus vite une bombe du même type. L'administration du programme nucléaire, jusque-là sous la coupe de Vannikov, passa sous la direction du Conseil des ministres, mais resta contrôlée par Beria, assisté du colonel-général Zaveniaghine. On mit les bouchées



La bombe que les Russes ont copiée

Les Américains essayèrent la première bombe A le 16 juillet 1945, dans le désert d'Alamogordo, au Nouveau-Mexique.

doubles. Le physicien Y. P. Slavski développa, sous l'égide de Kourtchatov, la production de graphite pur pour le premier réacteur expérimental. Fin 1946, la première pile était achevée au "laboratoire n° 2". Elle entra en fonctionnement le 25 décembre 1946.

On s'attachait encore à produire de l'uranium 235 fissile quand les atomistes soviétiques s'aviserent qu'il était plus facile d'obtenir de la matière fissile à partir du plutonium, sous-produit de la combustion de l'uranium dans les réacteurs. Leur approche différait de celle des Américains, qui avaient judicieusement réalisé leur bombe avec de l'uranium hautement enrichi. C'était là, on le verra plus loin, une erreur scientifique.

Mais encore fallait-il des réacteurs. On construisit à Kychtym, dans l'Oural, tout près de l'usine d'électrolytes de Tcheliabinsk qui fournissait le graphite pur nécessaire, un second réacteur uniquement destiné à la fabrication du plutonium. Mais dans quelles conditions le construisit-on ! Ce furent 70 000 prisonniers de douze goulags qui bâtirent "Tcheliabinsk 40", dans les conditions qu'on devine. Le 10 juin 1948, soit dix-huit mois après le début des travaux, "l'objet zéro" entrat en fonctionnement. Tcheliabinsk 40 a depuis été rebaptisé "Mayak" (phare).

Profitant de la présence des troupes soviétiques en Europe de l'Est, le NKVD, sous la direction du major-général Maltsev, s'assura l'extraction et le traitement de l'uranium des mines tchèques et allemandes. L'intendance suivait enfin le "général" Kourtchatov.

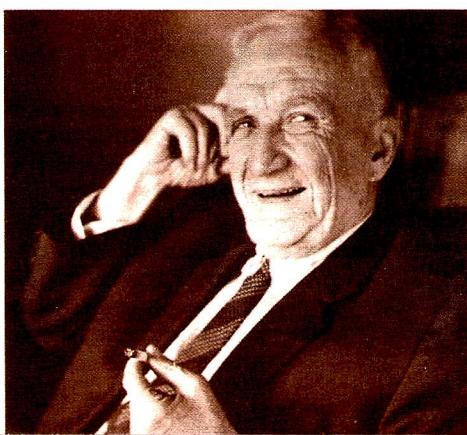
Restait à fabriquer la bombe elle-même. Un bureau d'études dirigé par Khariton, le KB-11, fut installé à Sapova, une localité proche d'Arzamas. Connue plus tard sous le nom d'"Arzamas 16", l'endroit était tellement secret que le physicien Andréï Sakharov, dans ses mémoires – pourtant publiées

en 1990 -, ne mentionna même pas son nom, ne parlant que de "l'installation". C'était en fait le Los Alamos soviétique.

Mais les travaux pâtirent du choix du plutonium. Double erreur : d'abord, parce que les moyens de production de plutonium aussi bien que d'uranium enrichi étaient totalement insuffisants pour constituer un stock d'armes nucléaires. C'est d'ailleurs pour cela que Tcheliabinsk-40 fut par la suite agrandi. En 1952, le site comptait trois réacteurs plutonigènes. La production d'uranium n'alla guère plus vite, il est vrai. Même quand, en 1947, après d'immenses difficultés, l'Allemand Alfred Thiessen mit au point la production d'uranium 236 par centrifugation au camp de Sinop, et qu'on put enfin mettre sur pied une usine de séparation isotopique à Elektrostal près de Noginsk, dans la région de Moscou, la production resta très insuffisante. C'est pourquoi une deuxième usine fut construite à Kefirstadt (Verny-Nevinski) ; ce fut, incidentement, la production de cette dernière qui permit, le 18 octobre 1951, de faire exploser à Semipalatinsk la deuxième bombe A, au cœur mixte uranium-plutonium.

Le programme soviétique a donc longtemps souffert d'une gestion incohérente, courant deux lièvres à la fois - le plutonium et l'uranium enrichi - sans obtenir assez ni de l'un, ni de l'autre. D'où le retard qui en découla. Ce ne fut qu'au printemps 1949 que la production de plutonium suffit enfin à réaliser la première bombe A soviétique. Par la suite, la diffusion gazeuse devint la principale méthode d'enrichissement de l'uranium en URSS.

La seconde erreur fut que le choix du plutonium pour la première bombe A interdisait d'embarquer celle-ci sur un avion pour la lancer : son tonnage dépassait les capacités des bombardiers de l'époque. C'est pourquoi cette bombe-là fut mise à feu, du haut d'une tour métallique de cinquante mètres (à l'exemple américain), dans la steppe kazakh, le 29 août 1949.



La réalisation de la bombe H se passa mieux. On ne sait encore pas comment l'idée d'une bombe fonctionnant non pas par fission de noyaux atomiques lourds mais par fusion d'atomes légers vint aux scientifiques soviétiques. Il est probable que les données sur la bombe H américaine fournies par l'espionnage les inspirèrent. Khariton le confirme : il a eu connaissance d'une partie des propositions du physicien américain Hans Bethe (alors responsable de la physique théorique à Los Alamos) à son confrère Edward Teller pour réaliser une bombe à hydrogène. Mais, dit encore Khariton, les atomistes soviétiques poursuivirent une voie originale. Toujours est-il que les premiers travaux sur la bombe H débutèrent à l'institut de physique-chimie de Lénigrad et au KB-11 en 1947, sous la direction de Yakov Zeldovich. En juin 1948, le conseil des ministres nomma Tamm à la tête des scientifiques du FIAN chargés de la bombe H. Parmi les nouveaux venus figurait un chercheur d'avenir : A. Sakharov. Les premiers travaux furent consacrés à la modélisation mathématique des concepts de Zeldovich sur la fusion thermonucléaire.

Il semblerait que la décision officielle de fabriquer la bombe H ait été prise au plus haut niveau de l'Etat en 1949, et qu'elle ait débuté par une mise au point de la production du deutérium et du tritium (deux isotopes de l'hydrogène, l'élément le plus abondant et le plus léger de l'Univers). On reprenait de la sorte les recherches d'avant la guerre, à l'institut de chimie-physique Pisarievski de Dniepropetrovsk et à l'usine de l'azote, stoppées par le conflit.

Les savants soviétiques essayèrent d'utiliser les connaissances des spécialistes allemands pour mettre au point la production du deutérium. Ces derniers travaillaient aux usines Leuna Merseberg ; on les fit transférer *manu militari*, en octobre 1946, à Babouchkine, près de Moscou, par les troupes du NKVD. Mais finalement, leur contribution ne fut pas décisive, car ce furent les Soviétiques eux-mêmes qui, en modifiant plusieurs usines de fabrication d'ammoniac par électrolyse, réussirent à produire du deutérium. Les électrodes furent fabriquées par l'usine de machines chimiques de Sverdlovsk, dans l'Oural, dès octobre 1946. Les premières cellules électrolytiques furent adaptées au *kombinat* d'azote de Chirchik et, en 1950, trois autres usines purent fabriquer de l'hydrogène par électrolyse. On pense que le deutérium

Il ne s'était pas trompé...

Dès 1939, le physicien Igor Tamm déclarait qu'une bombe à l'uranium pourrait détruire une ville de 10 km de rayon.

fut produit à Tcheliabinsk 40, dès octobre 1949.

Trois équipes de chercheurs furent mises en compétition pour concevoir la première bombe H. Chacun avait son idée. Zeldovich proposait une bombe A améliorée. Sakharov et l'équipe du FIAN, une variante de l'idée de Zeldovich. Ce fut une troisième équipe du FIAN, avec Guinzbourg à sa tête, qui l'emporta, avec un hybride de bombe A et de bombe H proprement dite. Cette solution triplait le rendement de la bombe A. L'explosion eut lieu le 12 août 1953 à Semipalatinsk, six mois après la mort de Staline.

La disparition du dictateur secoua la recherche, car elle provoqua le remaniement de la direction du programme nucléaire. En effet, Beria ayant été jugé et exécuté pour complot contre l'Etat, cette direction revint à V. Malychev, alors ministre de la construction des machines moyennes. Et l'on retombe ici dans les péripéties politiques : s'apercevant que le bureau d'étude KB-11 avait été utilisé à d'autres fins, Malychev fit réprimander Kourtchatov par le Parti. Mais Malychev, inféodé à Gueorgui Malenkov, perdit son fauteuil lorsque ce dernier fut, en février 1955, destitué par Nicolai Boulganiene et remplacé par Zaveniaghine, ancien familier de Kourtchatov. Un tour pour rien.

Il est prodigieux que les Soviétiques soient parvenus à réaliser quoi que ce fut, car, brochant sur les rivalités politiques, l'antisémitisme entra une fois de plus en scène. En effet, Khariton, patron du KB-11, était juif, et, pour lui faire pièce, un deuxième centre de production d'armements fut créé, dirigé par Y. Zababkhine. Objet de la manœuvre : limiter l'accès des scientifiques juifs aux points névralgiques de la Défense. C'est ainsi qu'on surnomma le KB de Khariton "Israël", et celui de Zababkhine, "Egypte".

Et l'on reprit le projet de Staline : des missiles ! En novembre 1953, le présidium du comité central du PCUS demanda le développement des armes nucléaires pouvant être délivrées par des fusées – ce qu'on nomme de nos jours des ogives atomiques. Le grand spécialiste des fusées, Sergueï Korolev, mit au point à cet effet la fusée R-7 – celle-la même qui devait servir au lancement du premier *Spoutnik*, le 4 octobre 1957, et à celui de Youri Gagarine, le 12 avril 1961. Deux ans plus tard, en 1959, c'est-à-dire dix ans après la première bombe A, trois bombes étaient prêtes : une bombe A normale, une bombe A dopée et une bombe H pouvant être transportée par un bombardier Tu-95.

Le 18 novembre, une maquette de la bombe H fut larguée par un parachute à retardement. Le lancement prévu pour le 20 fut retardé pour des raisons météorologiques. Elle explosa le 22 novembre 1955, à Semipalatinsk, un peu plus de deux ans



Le "ténor" de la physique russe

L'entrée en scène d' Abram Ioffe, en 1930, permit au nucléaire soviétique d'être financé par la recherche militaire.

après la mise à feu de sa version expérimentale. L'URSS entraînait alors dans le club des puissances thermonucléaires.

C'était en pleine guerre froide, et l'URSS se préparant à une guerre plus "chaude" commença une longue série d'expérimentations nucléaires sans scrupules excessifs quant à la forte pollution radioactive de l'atmosphère terrestre dans son ensemble et des localités d'Asie Centrale en particulier. Les conséquences génétiques sur les populations amenèrent Sakharov à dénoncer publiquement ces essais. Mauvaise note ! Le célèbre savant entra ainsi en dissidence. Il y était encore quand l'accord sur l'interdiction des essais atmosphériques de 1962 mit fin à ceux-ci.

Entre-temps, la parité stratégique avec les Etats-Unis permit aux savants soviétiques d'aborder les applications civiles de l'atome militaire. Le type de réacteur utilisé à Tcheliabinsk pour fabriquer le plutonium des bombes pouvait également servir, moyennant modifications du "pilotage", à produire de la chaleur et de l'électricité. Ce fut le fait de Kourtchatov. Conjointement au programme militaire, il mit sur pied un réacteur nucléaire civil d'une puissance de 5 000 kW, entré en service le 27 juin 1954 à Obninsk, dans les environs de Moscou.

Parallèlement, le même Kourtchatov, associé à Lev Artsimovitch et Igor Golovin, relançait l'étude de la fusion thermonucléaire en créant la première machine à confinement magnétique Ogra, la première d'une longue série de Tokamak. Une nouvelle page s'ouvrirait dans l'histoire de l'atome soviétique.

Jean-René Germain

1 AN / 11 numéros

225 F

ECONOMIE: 50 F

EN MICRO INFORMATIQUE, ASSUREZ ! ABONNEZ-VOUS

SCIENCE & VIE MICRO

SVM

LE N°1 DE LA PRESSE INFORMATIQUE

OUI

je m'abonne pour 1 AN / 11 numéros
à SVM au prix de 225F au lieu de 275 F*,

● Ci-joint mon règlement par chèque à l'ordre de SVM -BRED

* Prix de vente chez votre marchand de journaux

OFFRE VALABLE JUSQU'A FIN 1992 ET RESERVEE A LA FRANCE METROPOLITAINE

RC PARIS B 381 281 492

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

SCIENCE & VIE MICRO

LES "THOMSONISTES" FONT DE LA RÉSISTANCE

SVM
LE N°1 DE LA PRESSE INFORMATIQUE

EN PRATIQUE

Bien installer Windows 3.1

COMPARATIF

Illustrator face à Freehand

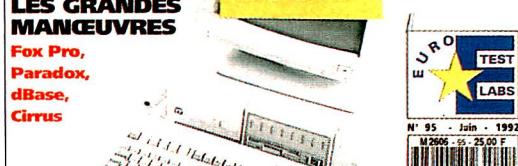
Les prix s'effondrent PROFITEZ-EN!

- IBM lance ses propres clones
- Le vrai prix d'un micro
- Enquête chez les "Petits Poucets" de l'informatique

SGBD sous Windows
LES GRANDES MANŒUVRES

Fox Pro,
Paradox,
dBase,
Cirrus

5990 F



Le marché des matériels et des logiciels explose. Les performances sont à la hausse et les prix à la baisse. C'est le moment d'en profiter pour s'équiper ou pour actualiser votre équipement. Mais attention à ne pas acheter aujourd'hui un matériel qui sera obsolète demain ! **SVM** est votre rendez-vous mensuel indispensable pour éviter les pièges et gagner en organisation et en productivité. Avec **SVM** à vos côtés, vous êtes armé pour tirer en permanence le meilleur profit de votre ordinateur et de vos logiciels.

BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner sous enveloppe affranchie avec votre règlement à SVM 1, rue du Colonel Pierre Avia 75 503 PARIS CEDEX 15

NOM

PRENOM

ADRESSE

CODE POSTAL, VILLE

Société, Fonction

ECHOS DE L'INDUSTRIE

RECUPÉRATION

Matériels scientifiques : pour les classes, pas à la casse !

Les matériels technico-scientifiques, aussitôt "démodés", finissent leur vie dans les remises, où on les oublie jusqu'à ce qu'ils soient envoyés à la casse. Ils seraient pourtant d'une formidable utilité pour former les jeunes aux technologies modernes.

Entreprises, laboratoires, universités, médecins, hôpitaux, etc. envoient chaque jour à la casse leurs matériels jugés périmés ou hors d'usage. Pour faire de la place à de nouveaux équipements flambant neufs, qui arrivent parce qu'ils ont été programmés dans les budgets.

C'est ainsi qu'on a pu voir dans la cour d'une université parisienne une benne à ordures, destinée à la casse, remplie de vieux matériels comme des oscilloscopes, des enregistreurs de physiologie et divers autres appareils biomédicaux obsolètes ou cassés ; c'est ainsi encore qu'une grande entreprise informatique a procédé à la destruction de nombre de micro-ordinateurs neufs, ou que, dans une faculté de médecine, des collections de préparations histologiques anciennes ont été jetées à la poubelle pour "faire le ménage".

«On pourrait multiplier ces exemples», nous écrit Didier Pol, professeur agrégé, du laboratoire de biologie du lycée Henri-Wallon à Aubervilliers. Ce scientifique attire notre attention sur ce qui est en fait un fantastique gâchis, car une bonne partie de ce matériel pourrait encore servir.

Nombre d'entre eux seraient, en particulier, extrêmement utiles aux laboratoires de

sciences expérimentales des lycées, qui forment les jeunes aux disciplines scientifiques mais manquent cruellement de moyens budgétaires : l'indispensable formation des élèves aux technologies nouvelles, électroniques et informatiques en particulier, est freinée par le coût des équipements. Or on pourrait pourtant très bien utiliser, dans les classes de lycées, des matériels qui ne sont plus du "dernier cri". De plus, il existe souvent des clubs électroniques aptes à réparer certains appareils ou à récupérer des composants sur des machines irréparables.

Didier Pol cite son expérience personnelle : «Au laboratoire de biologie, nous pouvons utiliser de vieux appareils tels que les anciens modèles de spectromètres, de centrifugeuses, d'oscilloscopes ou d'électrocardiographes dont laboratoires et médecins se débarrassent pour cause d'ancienneté ; de même pour les micro-ordinateurs PC obsolètes, comme ceux à base de microprocesseurs 8088 dont personne ne veut plus. Avec un peu de bonne volonté, les établissements publics pourraient "sortir" ces matériels de leur inventaire. Il suffit que leur conseil d'administration le décide : il est ainsi possible, sans contrevenir à la réglementation par-



fois tatillonner de la comptabilité publique, de récupérer des appareils qui dorment dans les caves, greniers ou débarras des universités ou des laboratoires (**notre photo**). Quant aux établissements privés, qui ne sont pas soumis aux mêmes règles comptables, au lieu de jeter le matériel invendable dont ils souhaitent se débarrasser, qu'ils nous le donnent.»

Il va de soi que la récupération de solidarité prônée par Didier Pol n'a aucun but lucratif. Son seul objet est de permettre aux centres de formation de mieux assurer leur tâche, tout en limitant un gaspillage choquant.

Si vous souhaitez participer à cette opération – et vous devez

le faire si vous le pouvez –, envoyez immédiatement un mot à Didier Pol ou décrochez votre téléphone etappelez-le. Vous ferez une "bonne action" ... et en plus, vous débarrasserez du matériel qui vous encombre.

Contact : M. Didier Pol, lycée Henri-Wallon, 146 rue des Cités, 93300 Aubervilliers. Tél. : 1 48 33 22 40 (poste 30) ou 1 42 38 21 13.

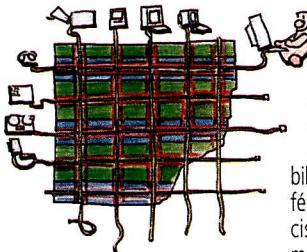


DÉVELOPPEMENT RURAL

Des "telecottages" pour désenclaver les régions

Nous avons souligné, dans ces colonnes, combien le télétravail pouvait être pour les régions une alternative, autrement plus intéressante que la délocalisation, aux problèmes de création d'emplois, de développement même rural et de maintien – voire de retour – au pays (Science & Vie n° 899, p. 114).

La Grande-Bretagne nous offre en la matière un exemple magistral. L'organisme officiel de mise en valeur des îles et Hautes-Terres d'Ecosse, la Highlands and Islands Enterprise (HIE), qui exerce son activité sur les lieux les plus splendides mais aussi les plus isolés d'Ecosse, développe un programme d'investissement d'un coût de 16 millions de livres,



près de 160 millions de francs, pour installer de nouveaux centraux téléphoniques numériques dans 64 bourgs et améliorer les câblages de raccordement des abonnés.

Dès la fin de cette année, c'est-à-dire en même temps que les mégapoles de Londres, Manchester et Edimbourg, les habitants des principales localités habitées des îles et Hautes-Terres écossaises disposeront

ainsi du réseau numérique de services intégrés, qui assure la transmission ultra-rapide de télécopies et de données informatiques et offre la possibilité d'organiser des visioconférences. C'est bien là une décision délibérée d'aménagement du territoire, puisque la British Telecom estime que, du simple point de vue commercial, ces services ne seront pas rentables avant une bonne dizaine d'années.

La HIE a déjà installé dans l'île d'Islay, au large de la côte occidentale d'Ecosse, un "telecottage" de formation aux techniques de la micro-informatique (notre photo). Trois autres vont être créés. Les travailleurs passant par là "télétravailleront" au lieu d'affronter la cohue des trains de banlieue ou les embarras de la circulation pour rejoindre les bureaux des grandes villes...

Sportec, le premier salon des complexes sportifs, se tiendra à Monte-Carlo du 22 au 24 octobre, en clôture de la Semaine du sport mondial. Une manifestation qui s'intéresse aussi bien à la conception qu'à la réalisation, à l'aménagement qu'à la gestion des installations sportives. Pour tout renseignement : Direction du tourisme et des congrès, 2a bd des Moulins, MC 98000, Monte-Carlo. Tél. : 16 93 30 87 01.

Légère progression des dépôts de brevets d'origine française en 1991 : + 1,7 %. Cette progression devient plus significative lorsqu'on met en regard les dépôts en France d'origine étrangère : - 14,5 % en 1990 et - 8,2 % en 1991.

INNOVATION

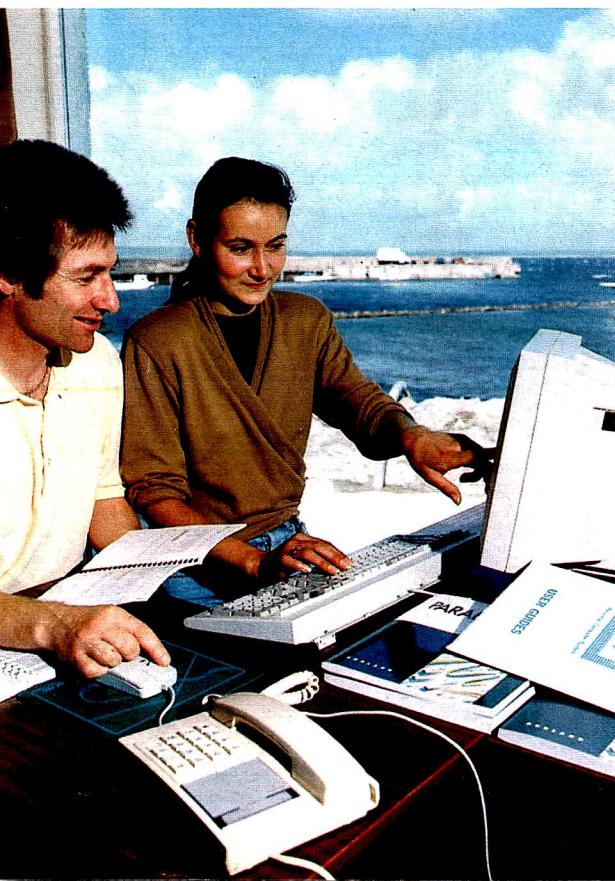
La Suède encourage les femmes à inventer

Les femmes qui inventent appartiennent, dans leur grande majorité, au corps médical et leurs créations touchent bien entendu d'abord au domaine de la santé. C'est, du moins, ce que l'on pourrait croire à voir le palmarès du concours des femmes inventeuses qui a été organisé en Suède, pour la première fois, en liaison avec le 5^e Salon de la femme, à Stockholm. Ce concours bénéficiait de nombreux soutiens, publics (office national des brevets) comme privés (association suédoise des inventeurs).

Le grand prix a été décroché par le Dr Margareta Berg-Périer de Göteborg, pour ses recherches sur l'épuration de l'air dans les salles d'opération par les ultraviolets : leur utilisation permettrait de disposer de davantage de salles stériles – car ces salles sont beaucoup moins coûteuses que les "salles blanches" – et d'en créer dans les petits hôpitaux mal équipés.

Parmi les lauréates, on trouve aussi une infirmière anesthésiste : elle a eu l'idée d'équiper les masques anesthésiques destinés aux jeunes enfants d'un appendice semblable à une tétine. Les enfants, toujours effrayés par les masques qu'on doit leur plaquer contre le visage, en seraient, paraît-il, rassurés.

Une autre infirmière a été primée pour un siège de toilettes hydraulique ajustable verticalement, qui s'adapte à tous les types d'installations et peut donc être utilisé aussi bien chez soi que dans les institutions de soins.



HORTICULTURE

Une tulipe de 23 ans

Une belle couleur rubis avec un fond bleuté, d'appellation "Bordeaux" : ce n'est pas un vin, mais une tulipe à grande fleur, que les chercheurs de la station bretonne de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique), à Ploudaniel, ont réussi à créer au bout de... vingt-trois années de recherches et d'expérimentations.

Ce n'est pas qu'ils aient été particulièrement lents, ni qu'ils aient par trop tâtonné, c'est que la création d'une nouvelle variété de tulipe, ou même l'introduction d'une simple amélioration, se heurte à deux obstacles majeurs.

D'abord, un long délai, de cinq à six ans, s'écoule entre le semis et la première floraison.

Ensuite, le coefficient naturel

de multiplication, entre 2 et 3, est très faible. Si bien qu'il est courant de voir vingt-cinq ans passer entre le semis d'une nouvelle tulipe et sa diffusion commerciale.

Réduire ce délai est, du reste, l'un des objectifs prioritaires des chercheurs de Ploudaniel qui travaillent à la multiplication *in vitro* de la tulipe.

La variété "Bordeaux", dont la commercialisation devrait intervenir d'ici trois à cinq ans, n'est pas seulement une fleur belle et originale pour l'acheteur, elle est aussi intéressante pour le producteur en raison de sa précocité et de sa vigueur : dans l'Ouest de la France, sa floraison en serre peu chauffée (9 à 10 °C) est possible dès le début du mois de décembre.



CONSTRUCTION

Simbad simule pour dire la vérité

Le comportement thermique – donc le confort et la consommation d'énergie – d'une maison, d'un appartement ou de tout un immeuble dépend des choix faits au moment de la construction : en matière d'isolation, de vitrage, de systèmes de chauffage et de climatisation, etc. Une foule de paramètres, en fait, qui, d'une manière ou d'une autre, agissent les uns sur les autres.

Chaque construction posant un problème spécifique, le maître d'ouvrage, pas plus que l'utilisateur final, n'étaient à même jusqu'à présent de prévoir très nettement les conséquences des décisions techniques, et de s'assurer des performances réelles des systèmes commercialisés, une fois ceux-ci en situation. Ils ne pouvaient

qu'espérer décider en faveur des solutions les plus appropriées. Leur seule ressource était d'estimer, de supposer, de se fier aux fabricants de systèmes et de faire jouer les acquis de leur expérience. En un mot, c'était le règne de l'empirisme.

Voici que, du jour au lendemain, on peut accéder à une démarche parfaitement scientifique donnant le moyen de prendre des décisions véritablement rationnelles, entièrement sûres, grâce à la mise au point de "Simbad" par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB).

Simbad est, pour le bâtiment, l'équivalent d'un simulateur de vol. Comme lui, il permet de tester les équipements techniques en temps et en si-

tuation réels. L'ordinateur met en relation le couple bâtiment-équipements et ses interactions jusqu'à ce que l'on aboutisse à une solution satisfaisante, en tenant compte de paramètres comme les consommations énergétiques, le confort, l'usure des matériels et leur facilité d'emploi, etc.

«En développant ce simulateur, dit le CSTB, nous entendons contribuer à l'amélioration des systèmes de gestion technique du bâtiment et à la diffusion d'une information indépendante. En effet, les systèmes mis sur le marché sont de plus en plus complexes, d'où l'intérêt pour le prescripteur, le maître d'ouvrage ou l'utilisateur final, d'en connaître les vraies performances, afin de choisir le

système le mieux approprié à ses besoins.»

Mais Simbad est aussi utile pour la recherche. Il apporte aux constructeurs «les moyens de développer et de tester les systèmes qu'ils mettent au point. Des actions ont, du reste, déjà été engagées avec des industriels, mais aussi avec des producteurs d'énergie, tel Gaz de France, qui souhaite trouver les usages les plus pratiques et les mieux adaptés au gaz.»

Simbad pourrait même devenir «un outil d'évaluation dans le cadre d'une future normalisation européenne des systèmes de régulation et de gestion technique du bâtiment».

Contact : M. J.-C. Visier, CSTB, 84 av. Jean-Jaurès, 77420 Marne-la-Vallée. Tél. : 1 64 68 83 18.

INFORMATIQUE AGRICOLE

Prudence et méfiance ...

Au début des années quatre-vingts, on s'attendait à une véritable invasion de l'outil informatique dans le monde agricole. 24 % des agriculteurs affirmaient alors «vouloir s'équiper en informatique dans les deux ans à venir». Bien qu'un agriculteur sur deux se dise intéressé par l'informatique, ils ne sont aujourd'hui (d'après une enquête de l'institut de sondage BVA et de notre confrère spécialisé *Cultivar*) que... 3 % à posséder un micro-ordinateur.

Pourtant, au cours des dix dernières années, les applications de l'informatique agricole se sont multipliées et diversifiées.

Au micro-ordinateur, on peut demander la gestion quotidienne de l'exploitation, des simulations (usage des engrains ou des pesticides, quand et en quelles quantités s'en servir, par exemple), des contrôles, une aide à la décision et à l'organisation du travail. Tout cela depuis la cabine même du tracteur, grâce à l'apparition de l'informatique embarquée : l'agriculteur peut être en liaison directe avec son «unité centrale», saisir des informations extérieures, sur le champ, que son ordinateur lui restitue sous une forme immédiate et utilisable. Apparue aussi : la robotisation, qui permet d'alléger la charge de travail des éleveurs, par la traite et l'alimentation des bêtes. Tous ces développements font dire aux spécialistes que le marché de l'informatique agricole, malgré les déboires qu'il a connus jusqu'ici, «s'annonce très porteur».

Il leur faut une bonne dose d'optimisme. A peine un agriculteur sur quatre (quatre sur dix dans les exploitations im-

portantes) pense que l'informatique peut réellement améliorer ses revenus. Seulement un sur dix est prêt à se mettre à l'informatique et 85 % se refusent à l'apprendre. Enfin, 66 % des agriculteurs déclarent tout net que, dans la situation actuelle, s'équiper en informatique constitue un luxe.

Quand on affine les ques-

tions, on s'aperçoit que les agriculteurs sont nettement favorables à l'informatique, mais estiment que ses applications sur les exploitations ne sont pas de leur ressort. Ils la considèrent comme un service parmi d'autres, tels les conseils du distributeur de leur production, l'avis d'autres agriculteurs, ou celui des techniciens

des chambres d'agriculture. Et ce service doit, pour 68 % d'entre eux, être pris en charge par les techniciens et conseillers agricoles.

Alors, l'agriculture, un «marché porteur» pour l'informatique ? Sans doute, mais un marché bien délicat à aborder, et qu'il faudra beaucoup de subtilité pour conquérir.

TECHNOLOGIES SPATIALES

Les transferts "décollent"

Le transfert des technologies spatiales européennes vers des applications industrielles terrestres semble sur la bonne voie. D'un côté, celui de l'offre, les industriels spatiaux communiquent «leurs opportunités de transfert plus spontanément que par le passé, permettant ainsi un plus grand choix et une meilleure qualité des technologies proposées», note Novespace, chargée par l'Agence spatiale européenne (ESA) de promouvoir ces transferts de technologie du spatial vers le non-spatial (1).

De l'autre côté, celui de la demande, Novespace, qui publie le deuxième catalogue *TEST* (Transferable European Space Technologies) diffusé gratuitement à 33 500 exemplaires, en priorité auprès des petites et moyennes industries (PMI), peut cette année opérer une sélection bien ciblée qui devrait donc être plus «fructueuse» : «Le dépouillement des cartes-réponses du précédent catalogue a permis de mieux connaître les besoins technologiques des entreprises», assure-t-on à Novespace.

TEST présente cette année 56 technologies, issues de 36 entreprises de 9 pays euro-



péens et des centres spatiaux de l'ESA. Les secteurs des matériaux et de l'instrumentation émergent de cette offre. Dans celui des matériaux, on assiste à la montée en puissance des alliages à mémoire de forme, qui ont la faculté de trouver, par élévation de température, la forme qu'ils avaient avant leur transformation mécanique. S'ils répondent à des besoins très spécifiques, par exemple la nécessité de disposer à la fois d'une force d'insertion nulle, et d'une force de maintien très importante, leurs domaines d'application n'en sont pas moins fort nombreux et divers : aéronautique, automobile, électroménager, industrie du jouet, architecture, sculpture, etc.

Dans le secteur de l'instrumentation, on remarque, en raison de l'intérêt de ses appli-

cations médicales, un analyseur capable de mesurer simultanément les proportions d'un mélange de 6 gaz. Il est précis, rapide, de faible encombrement et consomme peu d'énergie. Il pourrait, par exemple, servir à déterminer les taux de concentration des gaz anesthésiants ou bien contrôler l'état d'un patient au cours d'une intervention chirurgicale.

Mais *TEST* «balaie» bien d'autres secteurs industriels riches d'applications qui ne demandent qu'à voir le jour : énergie, communications, automation et robotique, composants mécaniques...

Le bilan du catalogue *TEST* n° 1 – dont la plupart des technologies restent disponibles – s'est soldé par l'envoi de près de 1 600 dossiers techniques qui ont débouché sur à peine une cinquantaine de contacts entre sociétés. Novespace attend nettement mieux, grâce à sa diffusion sélective, pour le *TEST* n° 2. Pour tout renseignement : Novespace, 15 rue des Halles, 75001 Paris. Tél. : 142 33 41 41, fax : 140 26 08 60.

(1) Pour la France, la Belgique, l'Espagne et l'Irlande. Pour les autres pays, des sociétés correspondantes de l'ESA exercent la même mission que Novespace.

CONCOURS

Plastiques et innovation

Le Finlandais Neste Corporation, l'un des plus importants producteurs européens de matières plastiques, lance un concours international de design pour montrer comment les plastiques – qui, bien que souvent irremplaçables, ont généralement une image peu valorisante – peuvent contribuer à l'amélioration de la qualité des produits industriels et favoriser l'élosion d'innovations.

Nos photos illustrent l'objectif en jeu. Ce tricycle pour enfant allie sécurité et originalité et il est parfaitement adapté à une fabrication en matière plastique. On a aussi créé un

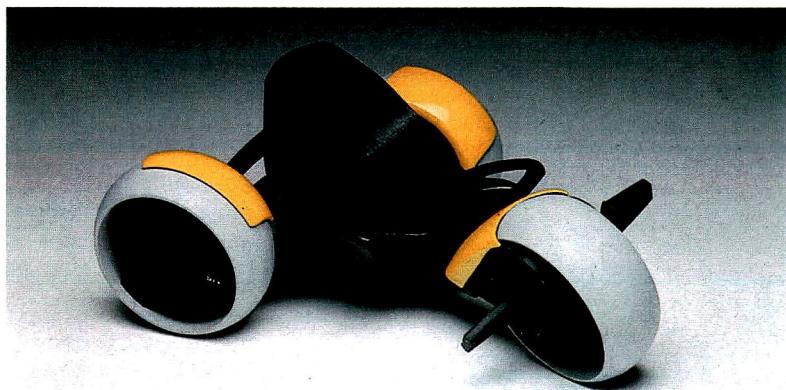
surprenant saxophone en plastique, bel exemple d'un instrument classique entièrement repensé. Ces deux objets furent primés lors des deux précédents concours organisés par Neste (619 candidatures de 65 pays pour le dernier...). Le troisième concours, organisé cette année (dépôt des candidatures avant le 15 décembre), est scindé en deux catégories :

- "Les challengers de demain" s'adresse aux créateurs de projets qui n'ont pas encore été dévoilés au public ;
- "Les meilleurs objets en plastique du monde" couronnera, pour sa part, des produits industriels sur le marché

depuis moins de trois ans et se distinguant par leur exceptionnelle qualité.

En plus d'un reconnaissance internationale, les lauréats des deux premiers prix recevront environ 370 000 F. Le concours est doté au total de 1 million de marks finlandais de récompenses – soit environ 1,2 MF.

Les résultats seront connus en avril 1993 et une exposition itinérante présentera les meilleures créations à travers l'Europe. Informations et dossiers d'inscription : Michèle Bourgeolet, Neste Chimie France SNC, 3 place Gustave-Eiffel, Silic 302, 94588 Rungis Cedex.



RECYCLAGE

Quand les plastiques retournent à leur état originel

Le constructeur automobile Mazda annonce la mise au point d'un nouveau catalyseur, qui extrait de tous les types de plastiques les huiles de base qu'ils renferment, y compris l'essence et le kérozène.

L'originalité essentielle de ce catalyseur par rapport à ses "confrères" de décomposition classiques, vient de ce qu'il peut être aussi utilisé pour les

plastiques chlorés, jusqu'ici impossibles à transformer en carburant, même s'ils contiennent à peine 1 % de chlore. Car, pendant la décomposition et la transformation des chlorures de polyvinyle, il se dégage une pollution de chlorure d'hydrogène. Les installations traditionnelles imposent donc un tri des plastiques chlorés avant toute transformation.

Ce nouveau catalyseur contient des sels métalliques qui décomposent thermiquement les plastiques en un gaz, avant de casser les molécules, ce qui permet d'extraire les huiles de base. L'innovation intéresse l'automobile, bien sûr, le pourcentage de plastique sur les véhicules mis à la casse augmentant chaque année. Mais aussi l'ensemble de l'in-

dustrie, de plus en plus consommatrice de plastique.

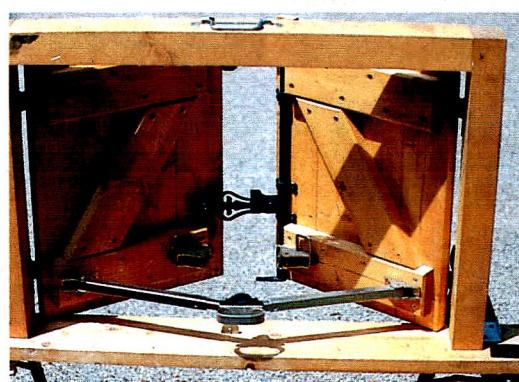
Mazda construit un laboratoire expérimental à grande échelle pour développer son catalyseur et le faire déboucher sur des applications pratiques.



DES MARCHÉS À SAISIR

Les innovations et les techniques et procédés présentés dans cette rubrique ne sont pas encore exploités sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises industrielles et commerciales françaises. Comme l'ensemble des articles de *Science & Vie*, les informations que nous sélectionnons ici sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir" c/o *Science & Vie*, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75015 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

OUVREZ VOS VOLETS DE L'INTÉRIEUR ET D'UNE SEULE MAIN



Quoi ?

Plus d'extension des bras, plus d'inclinaison de la colonne vertébrale, plus de nécessité de se pencher en avant pour accéder aux mécanismes de maintien des volets en position ouverte, plus de contorsions lorsque l'épaisseur du mur attenant est importante ou, tout simplement, à cause de la présence d'un meuble ou d'un évier devant la fenêtre, plus de volets, enfin, qui battent au vent. Cet ouvre-volets apporte un confort tout nouveau : il permet de manœuvrer ses volets battants, de les bloquer en position ouverte comme de les fermer sans aucun effort, même par grand vent, de l'intérieur de la pièce, au moyen d'une simple poignée. Ces avantages lui ont du reste permis d'être lauréat du salon Handitec qui présente les matériels pour personnes handicapées.

Comment ?

Une simplicité extrême, aucune électronique. Le mécanisme se résume à une poignée commandant deux bras télescopiques articulés, reliés à chaque volet et l'un à l'autre.

Donnons plutôt la "parole" à nos photos qui montrent les différentes étapes de la manœuvre. On voit que le bras télescopique, lorsqu'il est ouvert, non seulement évite de se pencher, supprimant tout risque d'accident, mais constitue aussi une barre d'appui. Lorsqu'il est rétracté, ce bras

peut également servir de barre anti-effraction grâce à deux goupilles qui le traversent, bloquant cette zone sensible à laquelle s'attaquent les voleurs.

L'ouvre-volets peut être adapté aussi bien sur des volets existants, à un ou deux battants, que sur des volets neufs.

Pour qui ?

Les responsables de ce produit cherchent, pour la France, des distributeurs. Pour l'étranger, ils souhaitent trouver des importateurs ou, éventuellement, céder des licences.

Comment passer dans cette rubrique

- Adressez à "Des marchés à saisir" un descriptif de votre invention, en vous inspirant de la présentation que nous avons adoptée pour cette rubrique. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo ou un schéma de votre prototype.

- Faites preuve de tolérance : nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions sont d'abord étudiées par notre service technique.

- En raison du nombre de manuscrits qui nous sont adressés, nous ne pouvons malheureusement pas les retourner à leurs auteurs.

- Chaque année, une invention présentée ici sera, par tirage au sort, sélectionnée et son inventeur invité à participer au Salon des inventions de Genève.

■ **On évalue à 1 500 milliards de francs les investissements pour les infrastructures de transport dans les quinze ans à venir.** Mais derrière ce chiffre, on commence à comprendre que le coût de ces infrastructures ne constitue qu'un élément du prix réel d'un projet. Evaluer ce dernier est loin d'être évident, car il faudrait aussi tenir compte de coûts - ou d'avantages - qui, jusqu'à présent, ne rentrent précisément pas dans la comptabilité publique. Par exemple l'aménagement du territoire, l'environnement ou l'impact socio-économique. Conclusion : il est urgent de recourir à des analyses multicritères et d'harmoniser les méthodes de calcul entre les différents décideurs.

■ **«L'Europe, ses jeunes, c'est jeune !»** Toute une série de manifestations se tiendront dans le département de la Vienne, du 12 au 24 octobre, sur ce thème. Concours, jeux, échanges, réalisation d'un journal européen avec en toile de fond le Futuroscope sont au programme de cette quinzaine européenne, qui devrait accueillir 2 300 jeunes de tous pays. Pour tout renseignement : Olivier Casenave, Direction générale des services départementaux de la Vienne, BP 319, 86008 Poitiers Cedex. Tél. : 16 49 55 66 00.

■ **Assises européennes de la retraite active à Paris, du 5 au 7 novembre.** Objectif : promouvoir la personne âgée en tant que richesse économiquement et socialement utile et active. Car elle a tout un potentiel d'expérience, de sagesse et de savoir-faire, à la disposition de la collectivité. Informations complémentaires : Sandrine Jardinaud, CEDIFF, 85 rue de Lille, 75007 Paris. Tél. : 144 18 97 97.

POLLUTION

Une "simulation réelle"

La concentration de CO₂ dans l'atmosphère, en continue augmentation, aura doublé d'ici le milieu du prochain siècle, annoncent les scientifiques.

Afin d'étudier dès maintenant les modifications entraînées dans la végétation - et notamment dans les arbres forestiers, particulièrement sensibles du fait de leur longévité aux bouleversements rapides de leur environnement - le Laboratoire d'étude de la pollution atmosphérique du Centre de recherches forestières vient de mettre en route, dans le Puy-de-Dôme, une station expérimentale d'un type un peu particulier.

Cette station est en effet constituée de deux chambres à ciel ouvert qui permettent de maintenir autour de feuillus et de résineux, dans des condi-



tions aussi naturelles que possible, une atmosphère contenant 700 ppm de CO₂, soit deux fois plus que la concentration actuelle dans l'air.

Il ne reste qu'à observer les dégâts et, dans quelques années, nous aurons une idée de ce qui attend les arbres de la planète en 2050...

QUALITÉ

Taiwan voit rouge...

Le dernier spectacle du Crazy Horse Saloon, le cabaret parisien de renommée mondiale, a failli déclencher un incident diplomatique avec Taiwan.

Objet du litige : le sketch d'un magicien américain, qui, à un moment donné, brandit une sorte d'oriflamme sur laquelle est écrit "Taiwan". Ceci pour justifier que la tête de son petit personnage, à l'image de Charlie Chaplin, soit tombée alors qu'il l'effleurait à peine de sa canne. La conclusion, en forme de message, s'impose : «Taiwan bon marché, qualité médiocre.»

Ce qui n'était jamais qu'une plaisanterie qui, nous, nous fait rire, dit Alain

Bernardin, directeur du Crazy Horse Saloon, a été fort mal pris par l'ambassade de Taiwan, qui nous a écrit pour nous faire savoir son mécontentement. Il n'y avait de notre part aucune volonté de vexer des gens extrêmement sympathiques, dont les industriels fréquentent assidûment notre établissement de même que nombre de leurs clients, hommes d'affaires de tous pays, surtout américains, et même fournisseurs du ministère de la défense russe. Pour ne peiner personne, nous avons donc simplement changé sur l'oriflamme la mention "Taiwan" par une sorte de formule cabalistique qui ne veut rien dire et sauvegarde toutes les

susceptibilités et toutes les fiertés.»

Alain Bernardin a fait amende honorable. A titre personnel, il va plus loin encore : il dit son admiration pour cette petite île de 20 millions d'habitants, qui réussit à faire mieux que son formidable voisin qui en compte un milliard...

On sent aussi chez lui une certaine fierté : l'incident a montré l'importance reconnue à son établissement, étape quasi obligatoire de tous les "puissants" passant par Paris. Les réputations peuvent se faire et se défaire sous l'influence d'un cabaret, les contrats se confirmer ou être remis en cause par un spectacle où l'on se rend pour les fêter...

PAR HENRI-PIERRE PENEL

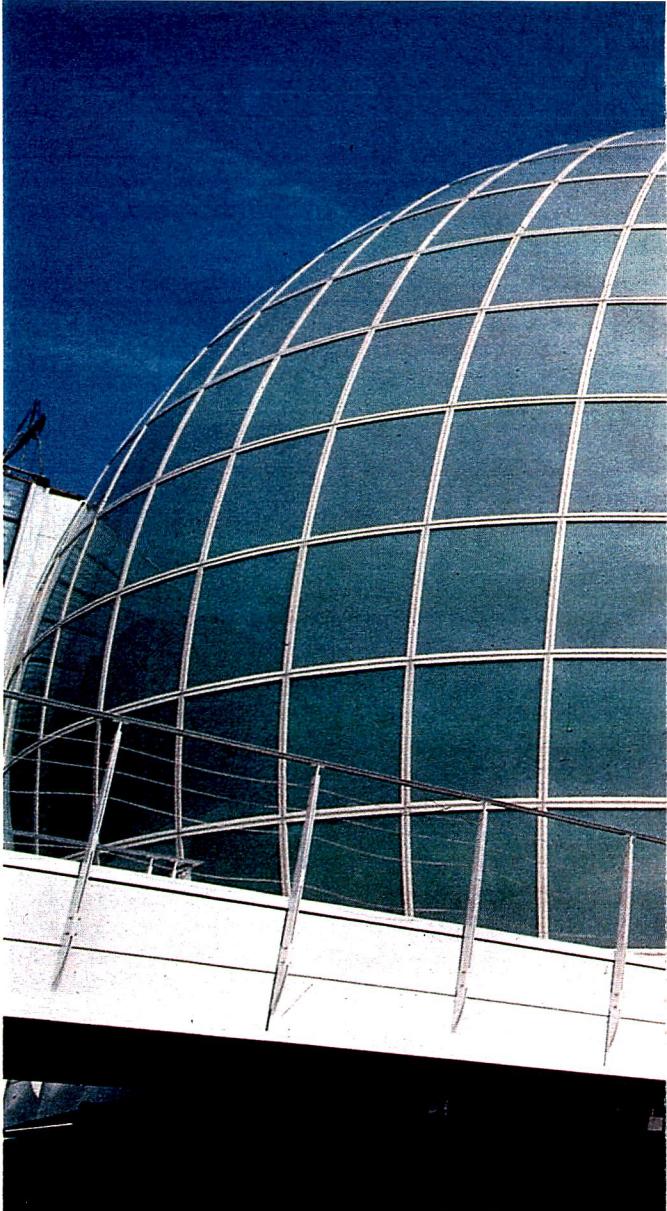
LE DÔME IMAX, UNE BULLE À IMAGES

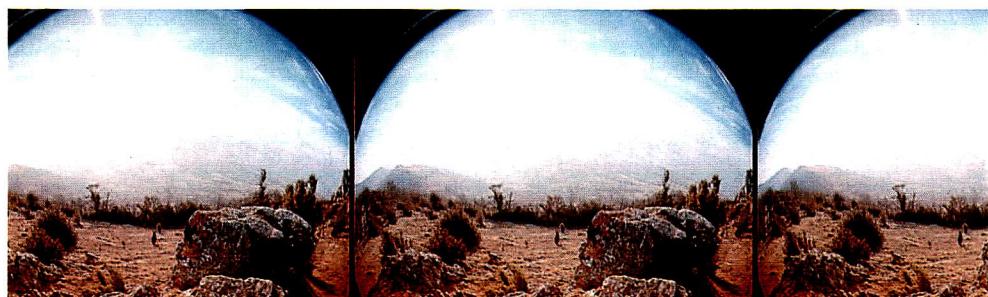
Vous faire entrer dans l'image, participer à l'action, trembler de vertige ou d'admiration, telle est la vocation du procédé Omnimax.

Après la Géode, qui exploite déjà ce système, Paris se dote de la plus grande salle du monde, sur le parvis de la Grande Arche.

Mille mètres carrés d'écran circulaire pour l'image, 15 200 watts sur six pistes pour le son numérique : sous le dôme Imax, le gigantisme est de rigueur. Cependant, une fois confortablement installé au sein de cette "bulle", qui semble avoir été soufflée par quelque colosse, la frontière entre le réel et l'imaginaire s'efface. L'impression ressentie est plus celle d'être assis sur des gradins en plein air que devant un écran. La technique se fait discrète et laisse le spectateur "vivre l'image". La projection du film est effectuée au standard Omnimax. Ce procédé canadien a déjà fait ses preuves dans de nombreuses salles, cependant, ici, en raison de la surface à couvrir, il est poussé au maximum de ses possibilités.

Dans son principe, le procédé Omnimax est simple ; tout réside dans l'optique équipant l'appareil de prise de vues et le projecteur : un objectif type "fish-eye" (œil de poisson). De telles lentilles sont essentiellement destinées à réaliser des effets spéciaux photographiques. Le cliché obtenu donne une image proche de celle que l'on observe en reflet sur une boule d'arbre de Noël. Le champ couvert par l'objectif est très supérieur à celui d'un film en cinémascope, ce qui provoque une distorsion des perspectives. Dans le cas de l'Omnimax, ce phénomène d'aberration des perspectives se trouve compensé par la forme sphérique de l'écran : en effet, tous les points de l'écran sont à la même distance du projecteur, et l'image est restituée sans distorsion. La projection est la même que celle des contours des différents pays sur un globe terrestre. Seule différence, l'observateur, en l'occurrence le spectateur, voit





Omnimax, une technique sophistiquée

Les images Omnimax sont placées dans le sens de la longueur sur le film, ce qui leur confère une surface près de deux fois supérieure à celle du cinémascope. En raison de l'objectif utilisé, de type "fish-eye", elles présentent un contour arrondi et une déformation des perspectives, mais ces distorsions sont corrigées à la projection par la forme sphérique de l'écran.

l'image de l'intérieur au lieu de regarder le globe de l'extérieur.

Notons que la surface de l'écran est supérieure à celle couverte par le champ visuel d'un spectateur. L'écran ne semble donc plus avoir de limites. La vision est celle que nous aurions en regardant la même scène dans la réalité. Notre cerveau se laisse abuser et "perçoit" un relief qui pourtant n'existe pas. L'effet est saisissant.

Il n'en reste pas moins qu'une image d'une telle dimension est techniquement délicate à obtenir. De forme rectangulaire (comme une image classique), elle est exposée longitudinalement, et non dans le sens de la largeur comme pour le cinémascope, sur un film standard de 70 mm : sa surface utile est ainsi presque doublée, puisque ce qui correspond à la longueur, pour l'image traditionnelle, correspond à la largeur de l'image utilisée dans le procédé Omnimax. Elle est ensuite grossie plus de 285 000 fois pour couvrir l'écran. Cette tâche est assurée par l'objectif de très courte focale (28 mm) du projecteur.

Cependant, si agrandir est une chose, assurer une luminosité suffisante à une telle image en est une autre. Dans le cas du dôme Imax, la source lumineuse est constituée d'une ampoule au xénon de 15 kW. Etant donné la chaleur qu'elle dégage durant son fonctionnement, un circuit d'eau est utilisé pour la refroidir. Enfin, pour que la projection s'effectue normalement, l'objectif du projecteur doit se trouver exactement au centre de la sphère qui porte l'écran. Or, en raison de la taille des bobines (un film d'une heure, en 70 mm, forme une bobine d'une centaine de kilos et de près de 2 mètres de diamètre), il n'est pas possible de respecter directement ces conditions : le dispositif, placé au milieu de la sphère, gênerait considérablement les spectateurs.

Afin de remédier à ce problème, le projecteur est "coupé en deux" : on installe l'ensemble des dispositifs de déroulement des bobines, ainsi que ceux destinés à la restitution du son, dans une cabine de projection logée sous les gradins. La fenêtre de projection et l'objectif sont montés sur un "chariot élévateur". Pour la mise en place du film sur les bobines, ce chariot descend en cabine puis, pour la projection, il monte de huit mètres en entraînant le film avec lui. Ainsi la tête de projection que forme le couple fenêtre-objectif reste de dimensions acceptables et se trouve bien au centre de la sphère.

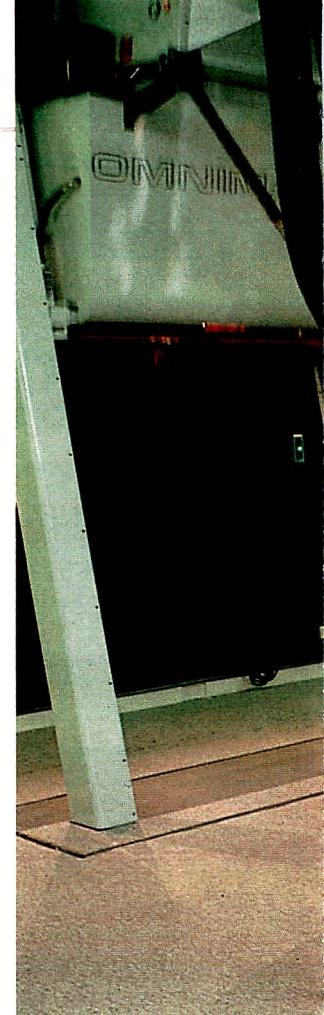
Le son, élément indispensable de la production d'une "réalité virtuelle", est diffusé par six groupes de haut-parleurs placés directement der-

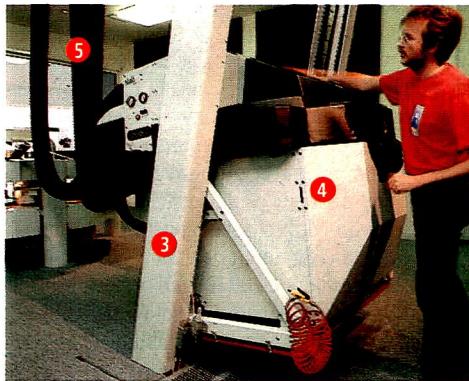
rière l'écran. A cet effet, ce dernier est perforé d'une multitude de trous microscopiques de manière à ce qu'il devienne "transparent" pour le son. On parle alors d'écran "transsonique", à cela près que, pour l'Imax, le nombre des perforations au mètre carré a été réduit afin de limiter les pertes de luminosité lors de la projection.

Contrairement au cinéma traditionnel, où le film lui-même porte les pistes sonores, ici, les supports du son et de l'image sont séparés. A la souce, se trouvent trois lecteurs de disques compacts, dont le principe de lecture est strictement identique à celui d'un appareil de salon. Afin d'assurer une parfaite synchronisation de l'image et du son, les lecteurs reçoivent tout au long de la diffusion des "tops" (informations numériques), issus d'un compteur d'images placé dans la tête de projection. Ces tops, dont le débit est rigoureusement identique à celui des images, ajustent la vitesse de lecture des disques compacts.

Enfin, le son a encore plus d'importance ici que lors d'une projection "classique". En effet, grâce à ses six canaux répartis derrière l'écran, il peut pratiquement suivre le déplacement des objets, guidant ainsi le regard du spectateur vers le centre de l'action, et augmentant encore la sensation d'être "dans la réalité".

Comme dans toute salle de projection, il existe de bonnes places et... de moins bonnes. Dans le cas de l'Imax, les meilleurs sièges sont les plus proches du centre de la sphère, à proximité de l'objectif de projection. En effet, lors du tournage, les spécialistes du procédé prennent soin de centrer l'action principale, le reste de l'image étant essentiellement là pour donner une sensation d'espace à la scène. Mais l'inclinaison des sièges varie avec leur position dans la salle, ce qui évite





au spectateur d'avoir à lever ou à baisser la tête pour diriger son regard vers le centre de l'image. D'autre part, les gradins sur lesquels sont disposés les fauteuils sont en arc de cercle ; de ce fait, la grande majorité des sièges sont quasi équidistants du centre de l'écran. S'il existe donc toujours des emplacements favorisés, il n'y a pas, en théorie du moins, et aux dires des concepteurs de la salle, de mauvaises places.

Dans les coulisses d'Omnimax

Dans un local situé sous les gradins sont logés le dispositif d'installation des bobines de film (1) ainsi que le matériel de sonorisation (2). Un chariot élévateur (3) monte l'ensemble fenêtre de projection-objectif (4) jusqu'au centre de la sphère. Un circuit d'eau, véhiculée par des tuyaux souples (5), refroidit la lampe au xénon du projecteur.

Le seul "point noir" du procédé reste probablement le tournage. En effet, il nécessite un matériel très spécial, exclusivement loué par Omnimax ; l'apprentissage et la maîtrise des techniques de prise de vues sont très particulières. Par exemple, l'utilisation de travellings ou de gros plans doit être parcimonieuse, car ceux-ci entraînent une sensation de "tournis" à la diffusion, due à la taille de l'écran. Le tournage d'un tel film demande de gros investissements, tant matériels qu'humains, pour une diffusion jusqu'à présent restreinte. Ce dernier point est à nuancer puisque la société Omnimax annonce près de 200 projets de salles utilisant son procédé. Ce qui reste une goutte d'eau dans l'océan - où sévit déjà la tempête - des salles de projection conventionnelles.

Henri-Pierre Penel

PAR ROGER BELLONE

PHOTOGRAPHIE À BOUT PORTANT

Avec l'appareil 24 x 36 reflex IS-2000, dont le boîtier est construit autour d'un macrozoom, Olympus propose le premier modèle doté d'un système intégré adapté à la photo très rapprochée.

Il y a deux ans, à la Photokina, le premier salon mondial photo-vidéo, la firme japonaise Olympus avait présenté l'IS-1000, un reflex 24 x 36 d'un type nouveau, construit autour d'un zoom, à l'ergonomie fonctionnelle et aux lignes futuristes (1).

Un nouveau salon Photokina vient de s'achever (il se tient tous les deux ans à Cologne, RFA) et Olympus a lancé un second modèle IS : l'IS-2000. Directement dérivé de l'IS-1000, il en reprend l'esthétique et les principales caractéristiques. Mais son objectif, un zoom 4,5-5,6 de 35-135 mm, est très différent, conçu pour la photo rapprochée.

Dans sa formule optique, tout d'abord, ce zoom intègre une lentille en verre spécial ED (Extraordinary Dispersion) qui n'était auparavant utilisé que pour les super-téléobjectifs haut de gamme à grande ouverture. Cet objectif autorise une correction optimale de l'aberration chromatique résiduelle, permettant, pour toutes les couleurs, de former l'image sur le même plan focal matérialisé par la surface sensible. Les pertes de netteté s'en trouvent donc réduites. Ensuite, l'IS-2000 est doté de trois dispositifs de photomacrographie : Zoom Macro, Super Macro et Macro 1 :

- **Zoom Macro** : lorsque le sujet cadré est à une distance inférieure à 1,20 m, un voyant "macro" s'allume dans le viseur. Sans sélection de mode sur l'appareil, la prise de vue avec mise au point automatique est alors possible à partir de 60 cm sur toute focale comprise entre 35 et 100 mm. Le champ couvert est alors d'environ 150 x 220 mm (à peu près deux cartes postales).

- **Super Macro** : lorsqu'on sélectionne ce mode, le voyant macro s'allume dans le viseur et la focale du zoom se règle automatiquement à 70 mm. Des photos en très gros plan sont alors possibles à partir de 39 cm de distance (et jusqu'à l'infini si désiré, sans nouvelle sélection de mode). Le champ couvert est d'environ 120 x 180 mm. Le dispositif Super Macro

fonctionne en mise au point automatique, y compris avec le flash intégré.

- **Macro 1** : pour utiliser cette fonction, il faut fixer sur le zoom un convertisseur 1:1 de focale 13 cm, proposé en option. Ce système permet de très forts grossissements, jusqu'au rapport 1 (l'image a les dimensions du sujet). On couvre alors un champ allant de 24 x 36 mm (le format de l'image sur le film) à 90 x 130 mm, à partir de 25 cm du sujet. La photomacrographie à rapport 1:1, qui demande habituellement de longs préparatifs et l'emploi d'accessoires complexes et encombrants, est ainsi à la portée d'un débutant inexpérimenté. L'autofocus et le flash incorporé rendent ce mode encore plus facile d'emploi. L'IS-2000 étant un appareil reflex, il n'y a pas d'effet de parallaxe et, partant, aucune correction de cadrage n'est à effectuer. En revanche, pour obtenir une image précise, sans perte de netteté par un "bougé" – même imperceptible – de l'appareil, nous recommandons d'opérer en fixant l'IS-2000 sur un pied robuste.

Ajoutons, au sujet du convertisseur 1:1 de 13 cm, que trois autres dispositifs similaires sont proposés : un convertisseur macro de 40 cm qui porte la focale du zoom de 135 à 200 mm ; un convertisseur optique 200 HQ qui porte aussi la focale à 200 mm, mais pour la photo éloignée et non plus macro ; et un convertisseur optique 0,8-28 HQ qui porte la focale 35 mm à 28 mm.

Divers dispositifs augmentent par ailleurs la rapidité d'action du photographe. Tout d'abord, un système "haute vitesse" de mise au point et de variation de focale du zoom. Le temps nécessaire à la mise au point automatique a été diminué de manière significative, à la fois par l'amélioration du circuit de calcul, et l'augmentation de la rapidité de traitement par microprocesseur central. Il en résulte une bien meilleure réponse du système en présence d'une scène peu contrastée ou d'un mobile en dé-

placement (les deux cas où les appareils autofocus sont traditionnellement pris en défaut, la mise au point automatique ne s'opérant que difficilement).

L'IS-2000 offre, de plus, une grande vitesse de variation de focale. Il ne faut pas plus d'une seconde pour passer d'une extrémité à l'autre de la gamme, c'est-à-dire du grand angle de 35 mm au téléobjectif de 135 mm. L'illuminateur d'assistance AF (autofocus) s'activant automatiquement en faible lumière détecte maintenant des sujets deux fois plus éloignés qu'avec le précédent modèle IS-1000. Viennent ensuite des dispositifs de programmation de l'exposition du film permettant de choisir rapidement le mode adapté à un sujet :

- Sports : le mode idéal pour photographier, outre le sport, les scènes d'action et les jeux d'enfants. Il sélectionne automatiquement une vitesse d'obturation élevée. De plus, les vues sont prises en rafale – à une cadence allant jusqu'à deux images par seconde – tant que l'on maintient la pression sur le déclencheur.
- Portraits : mode sélectionnant une grande ouverture de diaphragme, donc une faible profondeur de champ avec un flou de l'arrière-plan. L'effet est particulièrement marqué en position téléobjectif.
- Scènes de nuit : mode corrigéant l'exposition en éliminant l'influence des grands espaces noirs de la nuit, avec sélection d'un temps de pose long pouvant aller jusqu'à quatre secondes.

Par ailleurs, le système d'exposition de l'IS-2000 comporte les modes conventionnels de programmation totale : priorité au diaphragme (l'opérateur choisit son ouverture, l'appareil réglant le temps d'exposition) ; priorité à la vitesse (l'opérateur choisit le temps d'exposition, l'appareil réglant le diaphragme) ; et réglage manuel de ces deux paramètres. De même, les automatismes du flash sont des plus classiques et comportent en particulier le système dit *fill-in*, qui permet d'éclairer les ombres en contre-jour ou en éclairage latéral.

Comme l'IS-1000, le nouveau modèle est équipé d'un flash à deux tubes éclair superposés, ce qui permet son adaptation automatique à la focale en service et à la distance de mise au point. Le nombre-guide⁽²⁾ du flash supérieur est de 20 pour 100 ISO, celui du flash inférieur variable de 15 à 1,5.

Pour le reste, les caractéristiques essentielles de



l'IS-2000
sont celles de
l'IS-1000 : obtu-
ration variant de

1/2 000 s à 15 s et pose, mesure de la lumière de type "spot" ou sur la totalité du champ, sensibilités utilisables de 25 à 3 200 ISO, fonctionnement motorisé, retardateur électronique de 12 secondes pour permettre au photographe de prendre place devant l'objectif et d'être photographié (par exemple dans un groupe), alimentation avec deux piles au lithium 3 V. Poids : 890 g. Prix : 3 590 F.

Indiquons enfin qu'à la Photokina 92, un troisième Olympus IS a été présenté : l'IS-3000. Il se distingue de l'IS-2000 par un zoom 4,5-5,6 de 35-180 mm et des programmes d'exposition automatique très poussés. En position macro, la mise au point peut descendre à 60 cm, ce qui permet de photographier un sujet de 15 x 22 cm environ. Prix : 4 790 F.

Roger Bellone

(1) *Science & Vie* n° 879, p. 143.

(2) Le nombre-guide est le produit de la distance (en mètres) par l'ouverture de diaphragme. Il permet donc de déterminer l'une de ces valeurs lorsqu'on connaît l'autre.

PAR CHRISTINE TRÉGUIER

LE NEZ ÉLECTRONIQUE

Grâce à la technologie des capteurs, l'ordinateur est en passe d'entendre, de parler et de voir. Bientôt, il pourra aussi sentir, comme Grenouille, dont «le nez fin démêlait l'écheveau de ces vapeurs et de ces puanteurs et en tirait un par un les fils des odeurs fondamentales...» (*Le Parfum*, Patrick Süskind).

Aujourd'hui, l'homme reste seul à pouvoir apprécier les constituants des odeurs, tant ceux-ci sont divers et subtils. Et pourtant, reconnaître les différents composants d'une odeur et contrôler "à vue de nez" la qualité d'un aliment industriel, par exemple, sont des tâches que nous pourrons peut-être confier à l'ordinateur d'ici à quelques années.

Les recherches en ce domaine sont récentes et encore loin de nous donner "l'ordinateur sentant", capable de qualifier une odeur en même temps qu'il la détecterait. Les prototypes, disons-le, restent primaires ; tout juste peuvent-ils capter une odeur forte, ou certaines molécules odorantes prédéterminées. Aucun n'est capable à ce jour de nous avertir que "ça sent la rose ou le muguet", et encore moins de juger si ça sent bon ou mauvais. L'appréciation toute subjective de la fragrance restera encore longtemps l'apanage de l'homme et de son système olfactif lié par des mécanismes complexes à la mémoire qu'il conserve des odeurs.

En ce qui concerne la détection de substances odorantes, on s'en remettait, il y a encore peu de temps, à des dispositifs de laboratoire projetant des odeurs diluées sur des nez humains, ou bien à des chromatographes en phase gazeuse. Ces appareils permettent de séparer et d'identifier les différents composants d'un arôme. Après avoir été isolé ou extrait, celui-ci est vaporisé dans un injecteur, puis les différentes molécules sont séparées sur une colonne, dite capillaire, de 60 m de long pour le diamètre d'une aiguille : la séparation s'effectue selon la nature chimique des composés, sous l'action combinée d'un gaz qui pousse le mélange vers le haut, de la température et de la nature du revêtement intérieur de la colonne. Une fois séparés, les composés sont identifiés généralement par un détecteur à ionisation de flamme : en sortie de colonne, les produits sont brûlés, et cette combustion entraîne une génération d'ions ; ces derniers sont collectés par une électrode qui déclenche un signal électrique proportionnel au nombre d'ions reçus. La chromatogra-

phie, si elle est précise et sélective, ne peut convenir s'il faut agir rapidement (une analyse chromatographique prend en moyenne une heure), ou s'il faut un analyseur facilement transportable.

Les premières expérimentations d'analyseurs avec capteurs ont été faites par les Japonais pour résoudre certains problèmes de pollution. Ils ont mis au point des capteurs à semi-conducteurs capables, du fait de la modification de leur conductivité sous l'effet d'un gaz donné, de détecter des concentrations critiques d'oxyde de carbone émis par des véhicules, ou des rejets industriels polluants comme le chlore ou le soufre.

Ce sont ces capteurs japonais qu'utilise l'équipe du Pr Antoine Gaset, au laboratoire de chimie des agroressources de l'Institut national polytechnique de Toulouse, qui mène des recherches sur les capteurs d'odeurs depuis 1987. Mais, à chaque pays sa spécificité et ses centres d'intérêt : au Japon on craint la pollution, à Toulouse, tradition culinaire oblige, on met au point un "chercheur de truffes" électronique (voir *Science & Vie* de mai 1992, p. 116) et, plus sérieusement, on mise sur les applications de tels capteurs dans le domaine de l'agro-alimentaire.

Un olfactomètre à seuil, instrument capable d'établir une certaine concentration de molécules odorantes (à condition que l'odeur soit suffisamment concentrée), a ainsi été mis au point à Toulouse (voir *photo page ci-contre*). Ce dispositif permet la détection quasiment en temps réel, mais n'est pas capable de différencier les composants. Dès que le seuil de détection est franchi, la variation de tension déclenche un relais électronique qui met en marche un signal sonore ou lumineux, indiquant qu'il y a émanation d'odeur. Certains modèles de détecteurs d'incendie, par exemple, sont équipés de tels capteurs : la détection des composés émis par une combustion permet le déclenchement d'une alarme sonore ou d'un système d'extinction par arrosage.

Le principe de fonctionnement de ces détecteurs d'odeur est le suivant : quand le capteur est soumis à un dégagement de composés volatils, les molé-



Il sent pour vous

Le Laboratoire de chimie des agroressources de Toulouse a mis au point ce prototype d'olfactomètre, qui réagit à l'emanation d'une odeur forte – il est même capable, dit-on, de sentir les truffes enterrées. Ainsi, si on place un flacon rempli, par exemple, de senteur de violette devant le nez électronique muni d'un capteur à semi-conducteur, sous l'effet des molécules émises par le parfum, la résistivité du capteur est modifiée. Cela entraîne une variation de tension électrique qui déclenche les deux gyrophares latéraux, signifiant la détection d'une odeur. D'autres prototypes à multicapteurs, capables de détecter plusieurs familles de molécules et de comparer un mélange gazeux à un mélange de référence, sont en cours de développement.

Les molécules qui déterminent la propriété odorante sont adsorbées par la surface du semi-conducteur, ce qui a pour effet de modifier sa résistivité électrique. Un microprocesseur amplifie et transforme ces modifications en variations de courant, donc de tension électrique. On peut même déduire la concentration en molécules odorantes (un capteur simple reconnaît une famille de molécules odorantes) en comparant les mesures effectuées avec des valeurs d'étalonnage préalablement obtenues avec un produit témoin. Le capteur étant chauffé en permanence à 300° par un filament interne, les molécules ne sont que ponctuellement retenues à la surface du capteur (la chaleur élevée accroît la mobilité des

molécules) ; on parle d'adsorption réversible, et le capteur, nettoyé sous l'effet de la chaleur, est alors prêt pour de nouvelles mesures.

Les capteurs à semi-conducteurs sont les plus utilisés parce que largement industrialisés. Des recherches sont en cours pour mettre au point de nouveaux capteurs, notamment les SAW ou capteurs à ondes acoustiques. Les composés volatils adsorbés à la surface provoquent la variation de fréquence d'un cristal de quartz recouvert d'une membrane sensible : en effet, c'est cette membrane qui, adsorbant les produits volatils, modifie du fait de son poids accru la fréquence naturelle du cristal de quartz. La variation de la fréquence indique la présence des produits volatils.

Thierry Talou, responsable des recherches sur les capteurs d'odeurs au laboratoire de Toulouse, estime que le secteur le plus porteur sera celui de l'agro-alimentaire et, en particulier, du suivi d'un cycle de production industriel. En Angleterre, par exemple, un fabricant de bière a intégré des micro-capteurs à différentes étapes de la chaîne de fabrication ; ils mesurent le degré de fermentation du liquide et déclenchent l'étape de fabrication suivante quand le seuil requis est atteint. On envisage aussi leur usage pour le contrôle de qualité des aliments : les usines de conditionnement pourraient ainsi mieux vérifier et

trier les aliments emballés sous film plastique ; si une perte d'arôme importante est détectée, les produits seront déclarés inaptes à la consommation et écartés du stock commercialisable.

Autre secteur prometteur, la domotique. On n'imagine sans doute pas aujourd'hui les services que pourraient rendre un nez électronique au foyer : éteindre les torchons qui brûlent, déclencher le système de ventilation quand les odeurs de cuisine atteignent un certain seuil, surveiller "à vue de nez" la cuisson du rôti... et, pourquoi pas, gérer l'évacuation des ordures.

Enfin, les détecteurs portables devraient permettre de flairer non seulement les truffes, mais

aussi certaines substances illicites cachées, comme la drogue ou les explosifs. Encore faudra-t-il pallier leur manque de sélectivité afin d'éviter les fausses alertes ; mais d'ici quelques années, ils pourraient être utilisés par les services de douane dans les aéroports et lieux de transit de marchandises.

La mesure sélective est l'enjeu des prochaines années de développement. La séparation des composés contenus dans les mélanges gazeux nécessite l'emploi de plusieurs capteurs ou de capteurs multicouches.

Aujourd'hui, on est capable de détecter la présence de plusieurs composants dans un mélange odorant ; les mesures effectuées sont comparées par traitement statistique avec celles d'une solution de référence. On est alors en mesure d'identifier une odeur par rapport à une autre – elle est semblable ou différente – mais pas encore d'en déterminer la composition exacte.

A l'institut de technologie de Linkoping, en Suède, on tente actuellement de mettre au point des dispositifs sélectifs. Des semi-conducteurs, composés de plusieurs "tranches" de métaux catalytiques (iridium, platine et palladium), sont exposés à un mélange gazeux qui modifie sélectivement leur résistivité : chaque métal réagit à la présence d'une certaine famille de molécules. Le traitement des mesures obtenues est ensuite effectué par un réseau artificiel de neurones ; selon l'apprentissage préalable, le réseau est capable de reconnaître un état spécifique d'un mélange, d'en déterminer les différents composants ou bien de mesurer la concentration d'un composé particulier parmi d'autres.

On réalise à cet effet une sorte de carte d'identité du mélange gazeux : on connaît, pour chaque capteur, la variation

d'intensité électrique induite par la présence d'un produit volatil. L'ensemble des valeurs obtenues par tous les capteurs, qui ne se reproduit à l'identique que pour un même mélange gazeux, est répertorié ; cela permettra de reconnaître la même odeur si elle se représente. Le dispositif fonctionne assez bien pour des molécules de base comme l'hydrogène, l'ammoniac, l'éthylène et l'éthanol.

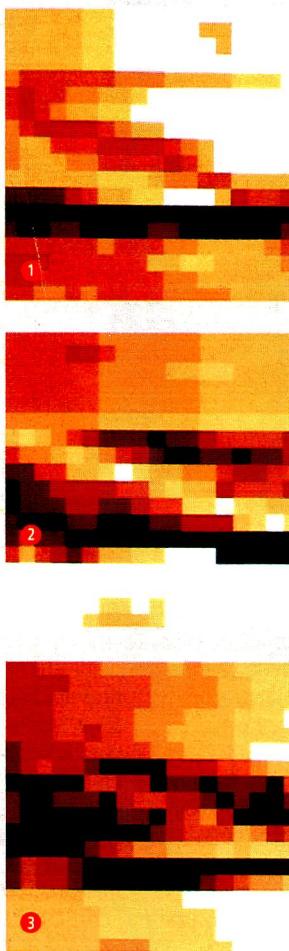
Les chercheurs de Linkoping postulent que, en utilisant des matrices de soixante capteurs ou plus, il sera possible d'identifier des mélanges complexes.

Mieux, l'empreinte laissée par les molécules peut être visualisée. Le courant électrique qui traverse chaque capteur est modulé par "l'empreinte" laissée par le produit volatil. Plus précisément, la tension de ce courant dépend de la nouvelle résistivité du capteur après l'action des molécules spécifiques à l'odeur. La surface sensible constituée par ces capteurs est alors balayée par un faisceau de lumière de fréquence déterminée. Cette dernière varie en fonction des modifications de tension à la surface du scanner. On établit ainsi une "carte" de ces modifications et un logiciel de traitement d'images permet de visualiser en fausses couleurs ces variations, réalisant ainsi l'image de l'odeur analysée (*voir photo ci-contre*).

Véritable caméra olfactive, ce système ne fonctionne pour l'instant qu'avec quelques molécules souches et il reste encore à mettre au point la lecture et l'interprétation de l'image colorée obtenue grâce au logiciel. En effet, cette dernière demanderait, pour permettre à elle seule de "remonter" jusqu'aux différents composants du gaz odorant d'origine, une gigantesque base de données ; on n'en est pas encore là... **Christine Tréguier**

Portraits de trois odeurs

En présence d'un composé volatil, un semi-conducteur change de conductivité électrique. On balaie alors sa surface par un faisceau de lumière. Les variations de tension électrique à la surface du semi-conducteur induisent une modulation de la fréquence du rayon lumineux. Ces variations de fréquence sont traduites en cartes colorées grâce à un logiciel de traitement d'images. On peut ainsi "voir" de l'ammoniac (1), de l'hydrogène (2) ou de l'éthanol (3).



LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

L'HISTOIRE DES SCIENCES COMME ON NE VOUS L'A JAMAIS RACONTEE

LES GRANDES CONTROVERSES SCIENTIFIQUES

LA COLLECTION COMPLETE POUR 150 F SEULEMENT

AU LIEU DE 180 F, SOIT 1 NUMERO GRATUIT !

Découvrez à des conditions exceptionnelles la collection des six CAHIERS DE SCIENCE & VIE traitant chacun d'un grand sujet scientifique

ayant donné lieu à de vastes et parfois violentes controverses.

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

OFFRE PREFERENTIELLE
1 NUMERO GRATUIT
POUR L'ACHAT DE LA
COLLECTION COMPLETE

Qui sont les hommes à qui l'on doit l'univers technologique qui nous entoure ?

La science a une Histoire dont les héros sont parfois des génies, parfois des imposteurs, des opportunistes ou des fous.

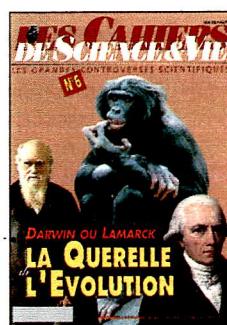
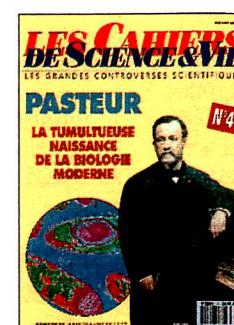
Mais toujours ce sont des hommes, avec leurs grands et leurs petits côtés. C'est leur histoire - et donc l'histoire de leurs découvertes - que vous racontent LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE.



**N°1
NAISSANCE DE L'AVIATION**
Farman ou les Wright, qui a inventé l'avion ?

**N°2
GALILEE**
La naissance de la physique moderne.

**N°3
LA DERIVE DES CONTINENTS**
Wegener, l'homme d'une géniale découverte.



N°4 PASTEUR
Tumultueuse naissance de la biologie moderne.

N°5 FRESNEL
Quelle est la vraie nature de la lumière ?

N°6 DARWIN ou LAMARCK
La querelle de l'évolution

BULLETIN D'ACHAT DIRECT DES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

A RETOURNER SOUS PLI AVEC VOTRE REGLEMENT A SCIENCE & VIE - 1, RUE DU COLONEL PIERRE AVIA 75503 PARIS CEDEX 15

OUI, je souhaite recevoir la collection complète des CAHIERS DE SCIENCE & VIE consacrée aux grandes controverses scientifiques pour 150 F TTC seulement.

- Je recevrai sous 3 semaines la collection complète des 6 CAHIERS DE SCIENCE & VIE
- Ci-joint mon règlement de 150 F à l'ordre de SCIENCE & VIE-BRED
- J'économise ainsi immédiatement 30 F sur le prix de vente public de la collection

S&V oct 901

Nom _____
Prénom _____
Adresse _____

Code postal _____ Ville _____
Date de naissance _____

Etes-vous déjà abonné (e) à SCIENCE & VIE Oui
Non

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

OFFRE VALABLE JUSQU'A FIN 1992 DANS LA LIMITE DES STOCKS DISPONIBLES.
ET RESERVEE A LA FRANCE METROPOLITAINE.

PAR HERVÉ LHUISSIER

BÂTIMENT : UN SECTEUR DANS L'ORNIÈRE

Traditionnellement grand consommateur de main-d'œuvre, le secteur du bâtiment et des travaux publics restreint notablement ses recrutements en attendant des jours meilleurs. Dans la course à l'emploi, mieux vaut être un bac + 2 immédiatement opérationnel qu'un bac + 5 frais émoulu.

Cette année, ce sont à peine 300 000 logements neufs qui seront construits... Véritable indicateur de l'état de santé d'un secteur qui, rappelons-le, emploie tout de même plus d'un million d'actifs et regroupe 304 000 entreprises, le nombre de logements neufs en construction n'a jamais atteint un seuil aussi bas depuis cinq ans. Et encore, cela eût probablement été pire sans les mesures de soutien adoptées par le gouvernement au début de l'année⁽¹⁾. Elles devraient théoriquement permettre de créer, ou, pour les plus pessimistes, de maintenir, 55 000 emplois mis en péril par la crise que traverse le secteur ! Car pour préserver des marges déjà faibles (parfois 1 % à 2 % seulement du chiffre d'affaires), certains chefs d'entreprises n'hésitent pas à évoquer la possibilité de licenciements

afin de "permettre des progrès de productivité". Après cinq années de forte progression (4,1 % annuels), la croissance du bâtiment ne devrait en effet pas dépasser 1,6 % en 1992 (essentiellement grâce au second œuvre) et celle des travaux publics, se situer au niveau zéro.

Cyclique, l'activité de ce secteur (notamment celle des travaux publics) est soumise par définition à des hauts et des bas : en particulier lorsque prend fin une série de chantiers d'importance – les sites olympiques de Savoie, le tunnel sous la Manche et, plus récemment, Eurodisneyland. Généralement, comme les projets ne manquent pas, il ne s'écoule guère de temps avant qu'un prescripteur (Etat, collectivité locale, investisseur immobilier...) ne lance un appel d'offres... Or, depuis un an environ, ce ne

sont pas les idées⁽²⁾ qui font défaut à ces derniers, ce sont plutôt les moyens de financement. Malgré

une augmentation des subventions et autres dotations globales de fonctionnement dont elles bénéficient, les collectivités locales sont souvent endettées. L'Etat, lui, met la pédale douce après une série de réalisations aussi prestigieuses que coûteuses : musée d'Orsay, Institut du monde arabe, Grande Arche, Opéra de la Bastille, ministère des Finances... Le Grand Louvre, lui, s'achève peu à peu et on ne voit guère que le futur Museum

LE BÂTIMENT EN CHIFFRES

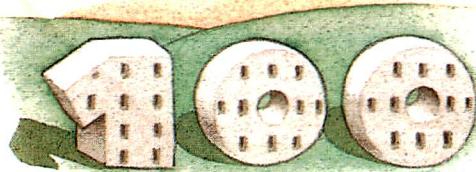
Le secteur B-TP, ce sont 1 286 000 actifs et 304 000 entreprises, dont 99 % comptent moins de 50 salariés. Ce secteur est l'équivalent de l'automobile, du matériel de bureau, de l'armement et de l'industrie du verre additionnés. En revanche, s'il était en 1991 le plus gros pourvoyeur d'emplois avec 16 % du total des offres, il ne regroupait que

4,2 % de celles s'adressant aux cadres. Son taux d'encadrement (8 %) reste inférieur à la moyenne nationale (10,5 %).

Malgré la crise, le B-TP a tout de même créé 2 400 emplois de plus en 1991 (dixit *le Moniteur* du 21 février 1992), tandis que les effectifs de l'industrie reculaient, eux, de 83 000 unités, et que ceux du tertiaire augmentaient de 132 200 sa-

lariés. Mais pendant la même période – selon l'APEC –, le nombre de postes offerts par voie de presse aux cadres de la construction a chuté, lui, de 35 % en moyenne (de 4 500 à un peu moins de 3 000). Et, plus particulièrement, de 46 % pour les cadres de chantiers et de 6 % pour les chefs d'agence de travaux.

En 1991, le chiffre d'affaires du secteur bâtiment s'est élevé à 484 milliards de francs, dont 233 milliards dans l'entretien. Celui des travaux publics, lui, s'est monté à 142 milliards de francs.





d'histoire naturelle et la Bibliothèque de France ainsi que son Centre de conférences internationales pour venir prendre le relais dans l'immédiat ; le tout (études, travaux et équipement) pour un montant global de 9 milliards de francs environ. De leur côté, les entreprises reportent volontiers l'extension de leurs locaux ou le déménagement de leur siège social. A cela s'ajoute une offre en immeubles de bureaux qui dépasse largement la demande, en raison de "stocks" importants (en région parisienne notamment). Quant aux particuliers, après l'emballement des années 1987 à 1990, ils boudent l'investissement immobilier, qu'il s'agisse de neuf ou d'ancien. Ainsi, en 1991, le marché de la construction était-il bel et bien en stagnation globale, même si le génie civil et, surtout, l'amélioration-entretien de bâtiment (150 milliards de francs) ont compensé le repli du logement neuf. A l'étranger, mis à part l'Allemagne et l'Espagne – l'une, stimulée par sa réunification (3) et l'autre, "dopée" par l'Exposition universelle de Séville et les Jeux olympiques de Barcelone – nos voisins européens ne sont pas mieux lotis. Quant aux pays d'Europe centrale et orientale, personne ne sait quand leurs besoins en infrastructures – toujours particulièrement importants – se transformeront en appels d'offres... Les plus favorisés devront d'abord réussir à surmonter leur inflation galopante et les autres, leurs problèmes de politique intérieure. Même chose en ce qui concerne les pays en voie de développement qui, pour des raisons diverses, n'ont pas non plus de grands projets en prévision pour l'instant...

Constitués de multiples entreprises, les "poids lourds" du B-TP exercent diverses activités complémentaires qui concernent plus ou moins directement leur domaine d'élection. Ainsi, outre son activité de constructeur, Bouygues (62 milliards de francs de chiffre d'affaires et 80 000 personnes sans

la SAUR et TF1) s'occupe de traitement des eaux usées par l'intermédiaire de la SAUR... De son côté, la filiale construction de la Compagnie générale des eaux (CGE) réalise aussi bien des produits en béton que des travaux routiers, des tâches de génie industriel ou de second œuvre (isolation par exemple) et conclut même des grands contrats mondiaux de génie civil. Forte de son savoir-faire "souterrain", la CGE (131 milliards de chiffre d'affaires et 170 000 personnes) s'occupe également de télédistribution à travers la pose et l'exploitation du Câble ; marché qu'elle se partage avec la Lyonnaise des eaux-Dumez (80 milliards de chiffre d'affaires et 110 000 personnes), qui s'occupe entre autres de distribution d'eau. Autre marché d'importance : celui de l'aménagement urbain. Spie Park-Services – une filiale de Spie Batignolles (24,5 milliards de chiffre d'affaires et 35 000 personnes) – s'est ainsi spécialisée dans la construction et l'exploitation de parkings, pour le compte des municipalités... Autant de nouveaux "métiers" qui s'ajoutent donc à des activités plus classiques comme la promotion immobilière, et auxquels tous les grands groupes du B-TP sont peu à peu venus. Moins nombreuses à suivre cette voie, les entreprises de taille moyenne choisissent plutôt d'exploiter des créneaux qui intéressent moins directement les grands groupes (voir encadré p. 145).

A travers leur effort de diversification, ces groupes cherchent en fait à renforcer leur présence auprès des collectivités locales : là où – depuis les lois sur la décentralisation de 1982 – se prennent les décisions, s'ouvrent les appels d'offres et se concluent les contrats. Car pour être à même de proposer un large éventail de services, l'effet de taille joue indiscutablement. Souvent alliées à des banques, ces entreprises proposent à leurs partenaires publics d'assurer le financement, la réalisation et parfois l'exploitation d'ouvrages dont ils ne

(1) Elles prévoient, entre autres, un doublement de la réduction d'impôt accordée aux particuliers qui achètent un logement à usage locatif.

(2) Autoroutes urbaines, voies rapides transalpines, projet MUSE d'autoroute souterraine dans les Hauts-de-Seine, plan "Université 2000", projet Pasqua d'université privée, TGV Est et Sud, aménagement de l'île Seguin, Bibliothèque de France, Centre de conférences international, grand stade de 80 000 places à Melun-Sénart, doublement du tunnel du Mont-Blanc, etc.

(3) Rien qu'à Berlin, les promoteurs rêvent de se partager les 92 km² de l'ancien *no man's land* qui coupait la ville.

LES MARCHÉS PORTEURS

pourraient assumer seuls la charge : d'abord pour des raisons financières et, ensuite, parce qu'il leur manque souvent l'encadrement nécessaire aux tâches de maîtrise d'œuvre ou d'ouvrage. Récemment réunis sous la même raison sociale, la Société auxiliaire d'entreprises (SAE) et Fougerolle offrent un bon exemple de mobilisation en vue d'une offre multiple ; même si le groupe ainsi constitué (40 milliards de francs de chiffre d'affaires et 43 000 personnes) affirme qu'il reste avant tout un constructeur, et non un ensemble (monteur d'affaires), comme Bouygues par exemple. Ce groupe compte en effet Paribas comme actionnaire et s'appuie par ailleurs sur un fabricant de matériaux (les Ciments français) ainsi que des promoteurs (Cogedim et Sinvim).

S'il est difficile de faire des pronostics sur les besoins en compétences du secteur, c'est précisément parce que celui-ci est tributaire de nombreux paramètres, au nombre desquels figurent des mesures gouvernementales incitatives, comme les prêts d'accession à la propriété (PAP), par exemple. Selon la FNB (Fédération nationale du bâtiment), le lancement de 15 000 PAP supplémentaires se matérialiserait par la création de 15 000 emplois. Toutefois, il va de soi que le bâtiment n'est pas à considérer comme un secteur monolithique : alors que les perspectives semblent prometteuses dans les domaines de l'installation électrique et celui des aménagements et finitions (le second œuvre), l'avenir du gros œuvre paraît plus incertain (+ 0,9 % en 1995 dans le meilleur des cas). Si l'on s'en tient aux pronostics les plus pessimistes (croissance de 0,2 %

par an), les entreprises pourraient même perdre 8 300 cadres et agents de maîtrise ainsi que 66 500 ouvriers (principalement non qualifiés) d'ici 1995 ; soit des effectifs en baisse de près de 75 000 personnes, essentiellement dans le gros œuvre, le génie climatique, la menuiserie, la couverture plomberie et même les aménagements et finitions, mais non pas dans les installations électriques. A l'inverse, une croissance de 1,7 % par an (dans l'hypothèse la plus optimiste) permettrait une augmentation de la population de cadres et agents de maîtrise de 7 150 personnes alors que, parallèlement, les effectifs ouvriers ne diminueraient "que" de 11 300 individus. L'évolution négative des effectifs globaux se limitant alors à un peu plus de 4 000 personnes.

Comme partout, la tendance est donc une fois de plus davantage à une progression qualitative que quantitative des effectifs. Cela, bien sûr, avec quelques nuances. Ainsi le second œuvre – qui apparaît comme le principal pourvoyeur d'emplois de la branche, mais où les PME sont sur-représentées – a davantage besoin de titulaires de bacs pro, de BTS ou de DUT que de bacs + 4 ou d'ingénieurs. Ces cadres, et en particulier les jeunes diplômés, ont bien davantage leur place dans les entreprises de travaux publics, souvent de taille plus importante et dont les chantiers font appel à une plus grande technicité que celles du bâtiment. «Mais encore

L'“UNIVERSITÉ” COLAS

Notre système de formation a été entièrement refondu en 1990, explique Alain Deveaux. Si la direction des ressources humaines du groupe Colas définit toujours le contenu des divers stages et formations, elle en confie désormais l'organisation au CESI (1) d'Aix-en-Provence qui sert de "courroie de transmission" avec les dizaines d'organismes de formation auxquels Colas fait appel. Une exception à ce mode de fonctionnement :

«Nous traitons directement avec l'Ecole des ponts et chaussées qui nous a permis de mettre sur pied l'“université” Colas.» Il s'agit d'une formation intensive d'une durée de cinq semaines, accueillant tous les bacs + 2 à + 5 après leur première année dans l'entreprise, et qui se veut l'équivalent des stages classiques établis sur trois ans. Elle a pour objet d'apporter une bonne connaissance du métier routier (calcul de structure routière par

exemple) aux ingénieurs travaux, matériel ou recherche, ainsi qu'aux cadres administratifs. «Au-delà de cet objectif, cette formation participe également de notre culture d'entreprise qui se "cimente" ainsi autour d'un langage commun à des individus venant de divers horizons.»

(1) Centre d'études supérieures industrielles, imm. Galice, rue des Etoiles, Château-Double, 13090 Aix-en-Provence. Tél. : 16 42 59 52 28.

faut-il s'entendre sur le terme de cadre, réplique Alain Deveaux, directeur des ressources humaines du groupe Colas (4). «Habituellement restrictif, il ne convient qu'imparfaitement à nos métiers, poursuit-il. L'encadrement de haut niveau peut en effet fort bien commencer au grade de conducteur de travaux (voir encadré ci-dessous) qui, lui, correspond à l'échelon supérieur des ETAM (employés, techniciens et agent de maîtrises). D'ailleurs, nous avons l'habitude de dire qu'une bonne partie de nos agents de maîtrise sont nos futurs cadres.»

Exception qui confirme la règle, le volume des embauches d'agents de maîtrise effectuées par le groupe Colas en France métropolitaine reste identique cette année à celui de 1991 : 200 candidats environ, parmi lesquels 100 étaient en fait des employés administratifs. Mieux : les recrutements de cadres débutants ont doublé, passant de 13 à 26 ! «C'est comme à la Bourse, commente Alain Deveaux. Il faut acheter – en l'occurrence, embaucher – en période de baisse d'activité et vendre – ou restreindre les recrutements – au moment d'une hausse, sachant que la courbe de notre activité est sinusoïdale et qu'il faut donc former maintenant les cadres dont le groupe aura besoin au moment de la

reprise. L'an prochain, nous comptions donc poursuivre notre politique de recrutement actuelle.»

Suivant les années, les deux tiers, voire les trois quarts, de ces recrutements s'adressent à des jeunes diplômés, ingénieurs pour la plupart. Leurs salaires annuels de départ s'échelonnent entre 150 000 F et 200 000 F environ, selon leur école d'origine : ENSAM (Ecole nationale supérieure des arts et métiers) et ESTP (Ecole spéciale des travaux publics) pour la moitié d'entre eux et pas plus ! «En complétant ces profils de diplômés d'X, Ponts, Mines, Centrale, HEI, ENSAIS, INSA Lyon, ECAM (voir encadré p.144), et également de titulaires d'une maîtrise de géologie, nous écartons tout risque de "monoculture" (5).» Les salaires d'embauche des agents de maîtrise sont quant à eux plus difficiles à préciser étant donné qu'ils ne sont pas recrutés par le siège de l'entreprise mais par ses filiales. Ils varient donc selon les régions et les marchés locaux, en fonction d'un coefficient de 1,5 environ. «A titre indicatif, un bac + 2 embauché à Paris gagne à peu

(4) Le groupe Colas a un chiffre d'affaires de 12,4 milliards de francs, dont 40 % en France, et emploie 22 000 personnes, dont 60 % à l'étranger.

(5) Similitude dans l'approche du travail.

LE CONDUCTEUR DE TRAVAUX : UN HOMME À TOUT FAIRE

Très diverses selon les entreprises, et même d'un contrat à l'autre, les responsabilités d'un conducteur de travaux ont cependant un point commun : de fréquents déplacements. Contrairement au chef de chantier (l'"homme de confiance") qui reste sur place tant que le projet n'a pas été mené à son terme, le conducteur de travaux, lui, est en effet amené à se déplacer beaucoup : afin, par exemple, de rencontrer les clients pour le compte desquels il réalise l'ouvrage, les professionnels avec qui il négocie la fourniture de divers matériaux et outils, et les sous-traitants auxquels seront confiées certaines tâches particulières... Outre le rôle de "contrôleur en chef" de toutes les étapes de la réalisation du projet, il remplit aussi celui de gestionnaire, qui s'assure à la

fois que les frais sont compatibles avec le budget qui lui a été fixé et que les paiements s'effectuent comme prévu : d'où la nécessité d'être autonome et organisé ! Son intervention ne s'arrête donc pas avec la

fin des travaux – d'autant qu'il peut également être chargé de préparer la reconversion du personnel embauché par lui pour l'occasion. Une tâche qui prend tout son sens sur des chantiers comme celui d'Euro-

tunnel... A cela, peut s'ajouter, dans le cas d'un chantier de réhabilitation, un aspect "relations publiques". Marché porteur s'il en est, la réhabilitation de logements ou "réha", comme l'appellent entre eux les professionnels, exige en effet de travailler vite et bien, en réduisant au minimum la gêne occasionnée par le chantier : coupures de courant ou d'eau, gravats, poussière, etc. Car ce type de travaux s'effectue la plupart du temps en site occupé. D'où la nécessité, pour le conducteur de travaux, de posséder d'évidentes qualités de diplomate et également de coordonateur puisque ce genre d'opération fait intervenir plusieurs corps de métiers (jusqu'à une cinquantaine dans certains cas), dans un temps relativement court : trois semaines par logement en général.



près 120 000 F annuels et dispose d'une voiture dès qu'il devient conducteur de travaux, après avoir débuté comme chef de chantier.» Toujours selon Alain Deveaux, c'est surtout une question de tempérament – pour ne pas dire de vocation – qui pousse les candidats vers ce métier, étant donné qu'il n'existe pas de formation spécifique à la route.

On s'en doute, l'optimisme qui prévaut chez Colas est loin d'être partagé par toutes les entre-

prises du secteur. «Pour nous, l'horizon est bouché jusqu'à fin 1994», annonce-t-on sans ambages à la Lyonnaise des eaux-Dumez où les recrutements ont laissé la place à l'habituel cortège de mesures de crise : licenciements et reclassements. Même réponse de la part de GTM Entrepose, tout au moins jusqu'à la fin de l'année. Sur le point d'être absorbée par un groupe plus important, une troisième entreprise se déclare quant à elle dans l'expectative : «La chute d'activité, par rapport aux trois dernières années, a en effet été assez brutale. Conséquence : aucun licenciement n'est actuellement programmé et les embauches de cadres ont été divisées par trois par rapport à l'an passé», commente la responsable des ressources humaines. En 1991 son entreprise a recruté une trentaine de cadres – pour moitié des jeunes diplômés – essentiellement pour pourvoir des postes de production : conduite de travaux, méthodes et études de prix. Même besoins, mais réduits à dix candidats seulement en 1992 dont les profils sont similaires à ceux de leurs prédecesseurs : ingénieurs centraliens (IDN, ENSM, ECL avec option génie civil), ECAM, ESTP, HEI (voir encadré ci-contre), Ponts et Chaussées avec option génie civil...

«En 1991, un Centralien ou un "ESTP" faisait l'objet de cinq ou six propositions de postes. Cette année, il pourra s'estimer content s'il en reçoit deux ou trois...» C'est en ces termes qu'un cadre d'une entreprise appartenant au même groupe que la précédente résume la situation. Fin 1992, son entreprise devrait avoir

PISTES À SUIVRE

Voici une liste (non exhaustive) des principales écoles d'ingénieurs qui forment des professionnels du bâtiment et des travaux publics :

- Ecole catholique d'arts et métiers (ECAM Lyon), 40 Montée-Saint-Barthélémy, 69321 Lyon Cedex 05. Tél. : 16 78 37 81 81.

- Ecole centrale de Lyon (ECL), 36 av. Guy-de-Collongue, BP 63, 69131 Ecully Cedex. Tél. : 16 78 33 81 27.

- Ecole centrale des arts et manufactures de Paris ("Centrale"), Grande-Voie-des-Vignes, 92295 Châtenay-Malabry Cedex. Tél. : 1 46 83 64 64.

- Ecole nationale supérieure des mines de Paris, 60 bd Saint-Michel, 75006 Paris. Tél. : 1 42 34 90 00.

- Ecole nationale supérieure des techniques industrielles et des mines d'Alès (ENSTIMA), 6 av. de Clavières, 30107 Alès Cedex. Tél. : 16 66 78 50 00.

- Ecole nationale supérieure des techniques industrielles et des mines de Douai (ENSTIMD), 941 rue Charles-Bourseul, BP 838, 59508 Douai Cedex. Tél. : 16 27 93 22 22.

- Ecole nationale des ponts et chaussées (ENPC, modules génie civil et bâtiment), 28 rue des Saints-Pères, 75007 Paris. Tél. : 1 42 60 34 13.

- Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Etienne (EMSE, "Mines Saint-Étienne"), 158 cours Fauriel, 42023

Saint-Etienne Cedex 2. Tél. : 16 77 42 01 23.

- Ecole nationale supérieure des arts et industries de Strasbourg (ENSAIS), 24 bd de la Victoire, 67084 Strasbourg Cedex. Tél. : 16 88 35 55 05.

- Ecole nationale supérieure des arts et métiers (ENSAM), 151 bd de l'Hôpital, 75013 Paris. Tél. : 1 44 24 62 99.

- Ecole nationale supérieure de mécanique (ENSM), université de Nantes, 1 rue de la Noë, 44072 Nantes Cedex 03. Tél. : 16 40 37 16 16.

- Ecole spéciale des travaux publics, du bâtiment et de l'industrie (ESTP), 57 bd Saint-Germain, 75240 Paris Cedex 05. Tél. : 1 46 34 21 99.

- Ecole polytechnique (EP, dite "X"), Plateau-du-Moulon, 91128 Palaiseau Cedex. Tél. : 1 69 41 82 00.

- Hautes études industrielles (HEI), Fédération universitaire et polytechnique de Lille, 13 rue de Toul, 59046 Lille Cedex. Tél. : 16 20 30 83 14.

- Institut industriel du Nord (IDN), Cité scientifique, BP 48, 59651 Villeneuve-d'Ascq Cedex. Tél. : 16 20 91 01 15.

- Instituts nationaux des sciences appliquées (INSA) :

- 156 av. de Rangueil, 31077 Toulouse Cedex. Tél. : 16 61 55 95 13.

- 20 av. des Buttes-de-Coësmes, 35043 Rennes Cedex. Tél. : 16 99 28 64 00.

- 20 av. Albert-Einstein,

69621 Villeurbanne Cedex. Tél. : 16 72 43 83 83.

A ces grandes écoles s'ajoute la filière universitaire : en particulier, une spécialisation en géologie. On peut s'orienter dans cette direction en préparant un DEUG SNV (sciences de la nature et de la vie) puis une licence et une maîtrise de géologie dans les universités suivantes :

- Université d'Aix-Marseille III, 3 av. Robert-Schuman, 13626 Aix-en-Provence Cedex 1. Tél. : 16 42 20 19 05.

- Université des Antilles et de la Guyane, bd Légitimus, BP 771, 97173 Pointe-à-Pitre Cedex. Tél. : 590 82 38 22.

- Université Blaise-Pascal Clermont-Ferrand II, 34 av. Carnot, BP 185, 63006 Clermont-Ferrand Cedex. Tél. : 16 73 40 63 63.

- Université de Bourgogne, campus Montmuzard, BP 138, 21004 Dijon Cedex. Tél. : 16 80 39 50 00.

- Université de Bretagne occidentale, rue des Archives, BP 137, 29269 Brest Cedex. Tél. : 16 98 31 60 00.

- Université de Nancy I, 24 rue Llionnois, BP 3069, 54013 Nancy Cedex. Tél. : 16 83 32 81 81.

- Université du Maine, route de Laval, BP 535, 72017 Le Mans Cedex. Tél. : 16 43 83 30 00.

- Université de Pau et des pays de l'Adour, 68 rue Montpensier, BP 576, 64010 Pau Cedex. Tél. : 16 59 32 56 47.

embauché 25 cadres environ (soit 40 % de moins que l'année précédente)... en éliminant en moyenne 30 candidats par poste ! «Bien évidemment, même en période de recrutements restreints, certains spécialistes confirmés (directeurs de travaux souterrains, directeurs commerciaux bâtiment ou travaux publics, ou encore chefs comptables de bon niveau) ont toutes leurs chances.» Parallèlement, l'entreprise recruterà quelques ingénieurs commerciaux débutants qui seront initiés "en interne" aux métiers du B-TP avant d'exercer la fonction pour laquelle ils ont été recrutés.

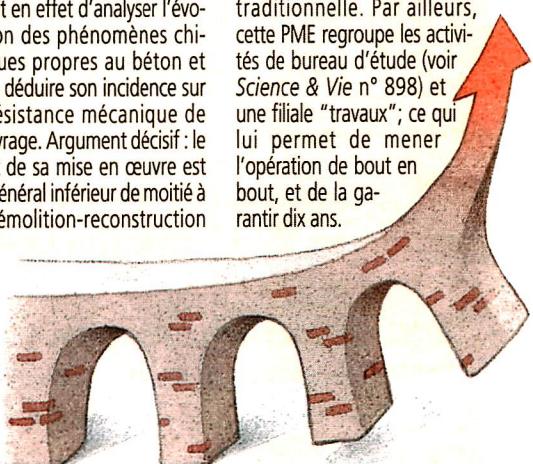
Une autre entreprise, routière celle-ci, de 5 000 personnes, a pour sa part embauché 35 cadres en 1991 (6) et devrait en avoir recruté 25 d'ici à la fin de l'année : autant de cadres expérimentés dans les travaux publics à prédominance routière que de jeunes diplômés (INSA, Mines et Arts et Métiers). Condition essentielle pour ces ingénieurs débutants : devenir rapidement opérationnels afin de pouvoir diriger un "centre de profit" (agence de travaux ou filiale). Pour accélérer le processus, ils sont placés sous la responsabilité de "tuteurs" qui

UNE SPÉCIALISATION PARMI D'AUTRES

Ne pouvant concurrencer les poids lourds du secteur sur leur propre terrain, les entreprises de taille plus réduite choisissent de se spécialiser dans des créneaux étroits qui, par définition, ne sont pas suffisamment rentables pour les grandes entreprises. C'est le cas de Dune qui s'est spécialisée dans la réhabilitation des ouvrages en béton (ponts, canalisations enterrées) : un marché d'avenir dont la croissance est jugée exponentielle par les experts. Cette activité suppose bien évidemment de disposer d'un savoir-faire spécifique : il

s'agit en effet d'analyser l'évolution des phénomènes chimiques propres au béton et d'en déduire son incidence sur la résistance mécanique de l'ouvrage. Argument décisif : le coût de sa mise en œuvre est en général inférieur de moitié à la démolition-reconstruction

traditionnelle. Par ailleurs, cette PME regroupe les activités de bureau d'étude (voir *Science & Vie* n° 898) et une filiale "travaux"; ce qui lui permet de mener l'opération de bout en bout, et de la garantir dix ans.



accompagnent leurs premiers pas : «Au début, ils doivent en effet tout apprendre (ou presque) de leur métier et de leur entreprise.» De leur côté, les candidats disposant d'un niveau d'étude moins élevé ont aussi leurs chances : «Beaucoup de ceux qui sont rentrés dans l'entreprise avec un niveau bac ou bac + 2 voici cinq ans sont devenus chefs de chantier, puis, conducteurs de travaux, et sont à présent capables de diriger une agence de travaux.» D'ailleurs, chez Colas, sur les 35 nouveaux cadres figurant dans l'organigramme, 16 sont directement issus de la promotion interne. «Nous avons récemment encouragé nos dirigeants de filiale à y avoir recours. Raison pour laquelle nos recrutements ont été moins nombreux que ce qui aurait été possible à cette époque», souligne Alain Deveaux qui ajoute : «Il nous appartient en effet d'accompagner la progression de notre personnel par une politique de formation active (voir encadré en bas de la page 142).»

En matière de formation, l'informatique et plus particulièrement la CAO – à laquelle le B-TP fait de plus en plus largement appel – occupent évidemment une place de choix puisque, entre autres avantages, celle-ci dispense les architectes de gratter leurs calques à chaque modification du plan initial ! Toutefois, si des connaissances dans ce domaine sont naturellement appréciées à l'embauche, les candidats ne doivent jamais perdre de vue l'importance des compétences "strictement B-TP".

Hervé Lhuissier

(6) Comme dans beaucoup de groupes de ce secteur, les ouvriers et techniciens sont directement embauchés par les filiales.



SCIENCE & JEUX

PHYSIQUE AMUSANTE

Station barométrique chez soi

Depuis fort longtemps, la prévision météo repose sur deux paramètres physiques faciles à mesurer : la température et la pression atmosphérique. En enregistrant à domicile ces deux valeurs, on peut prévoir soi-même le temps qu'il fera au cours de la journée avec de grandes chances de tomber juste.

En 1637, un maître fontainier de Florence avait creusé un puits de 10,50 m et cherchait à en tirer l'eau avec une pompe à piston très classique qui ne l'avait jamais trahi jusque-là ; le système était bien éprouvé, et tout à fait analogue à celui d'une bale seringue : quand on tire le piston, on fait monter le liquide dans le cylindre. Or, malgré des joints de cuir neuf bien graissés qui s'opposaient à toute fuite, la pompe ne parvint jamais ce jour-là à faire monter la moindre goutte d'eau jusqu'au bord du puits.

Le fontainier, qui avait de l'expérience, savait certes que ce puits descendait plus bas que ceux qu'il avait creusés jusque-là, mais il voyait mal pourquoi l'eau refusait de monter sous prétexte que le trou était plus profond que les précédents. Obstinent, il essaya divers diamètres de tuyaux dont l'un, un peu court, l'obligea à descendre la pompe de 50 cm ; et là, surprise, l'eau arrivait difficilement, mais elle arrivait.

En répétant les essais, il constata que, jusqu'à 10 m, cela allait à peu près bien, mais que tout effort était

inutile lorsqu'il dépassait 10,30 m : l'eau refusait obstinément de monter. Comme il avait des relations, il s'en ouvrit à Galilée qui fut vivement intrigué par cette défaillance puisatière. A cette époque, tout le monde connaissait l'enseignement d'Aristote et savait – y compris Galilée – que la nature a horreur du vide ; il était donc normal que l'eau se précipite dans le corps d'une pompe dès qu'on trait le piston.

Ce qui était imprévu, c'est qu'il y eût des limites à cette loi qu'on tenait pour universelle : la nature avait horreur du vide... jusqu'à 10,30 m ! Au-delà, elle le tolérait. Galilée crut avoir trouvé la solution, sinon le remède, en comparant la colonne d'eau à une corde si longue qu'elle casserait sous son propre poids ; il publia cette hypothèse en 1638. En réalité, c'est un de ses disciples qui parvint à la solution en résolvant l'éénigme d'où devaient sortir, beaucoup plus tard, les prévisions météo.

Celui-ci, Evangelista Torricelli, reprit l'expérience l'année suivante en se disant qu'il y avait au moins là un

moyen d'observer ce fameux vide que la nature supportait finalement mieux qu'on ne le croyait. Mais, comme il était peu commode de manipuler une colonne d'eau de plus de 10 m, un de ses amis, Viviani, lui suggéra de remplacer l'eau par un liquide bien plus lourd, en l'occurrence le mercure dont la densité est 13,6 fois supérieure.

Torricelli prit donc un tube d'environ 1 m, le remplit à ras de mercure, puis, après l'avoir bouché avec le doigt, le retourna dans une cuve remplie du même métal ; la colonne de mercure descendit ; en moyenne, sa hauteur mesure 76 cm par rapport au niveau de la cuve. En haut du tube, la colonne a laissé un espace rempli de vide ; cet espace est très variable et dépend de la taille initiale du tube.

là où Torricelli montra du génie, c'est en donnant l'interprétation correcte de ce phénomène : si le mercure ne descend pas plus bas, c'est parce que le poids de l'air au-dessus de la cuve appuie sur sa surface et vient équilibrer le poids de la colonne. Et, si l'eau monte dans une pompe quand on tire le piston, ce

n'est pas parce que la nature a horreur du vide, mais bien parce que l'air pèse à la surface de l'eau et pousse l'eau dans le cylindre.

Les expériences menées à la suite de la découverte de Torricelli montrèrent aussi que la pression exercée par l'atmosphère n'était pas constante : selon le jour, et en un même lieu, la colonne pouvait faire plus ou moins de 76 cm. De plus, cette hauteur variait avec l'altitude, ce qui était logique puisque l'épaisseur – et donc la masse d'air pesant sur l'instrument – diminuait à mesure que l'on montait.

Périer, le beau-frère de Pascal, entreprit ainsi l'escalade du Puy-de-Dôme, chargé de tubes et de cuves remplies du lourd liquide. Au départ, il mesura une hauteur de 71 cm dans le jardin des Pères-Minimes à Clermont-Ferrand ; au sommet du Puy-de-Dôme, il constata que la colonne ne faisait plus que 62,2 cm. Les altimètres des avions sont basés sur ce fait d'expérience.

Toutefois, ce qui nous intéresse le plus ici, c'est la variation journalière de pression en un même lieu ; il ne fallut pas longtemps aux physiciens du

XVII^e siècle pour noter la corrélation qui existait entre pression et conditions atmosphériques, mais il fallut des dizaines d'années de recherches patientes pour bâtir une théorie cohérente des mouvements de la masse atmosphérique, qui est une immense machine thermodynamique où pressions et températures jouent le rôle essentiel.

Faire un baromètre à mercure est en principe relativement facile, à condition d'avoir un tube de verre de diamètre intérieur rigoureusement constant, une cuve, une bonne masse de mercure parfaitement pur et un support stable pour fixer le tout. Fort heureusement, il existe un autre moyen de mettre en évidence les variations de la pression atmosphérique : la capsule barométrique. Grâce à elle, l'instrument est beaucoup moins encombrant, plus facile à lire et finalement bien plus facile à construire si l'on peut se procurer les pièces constitutives.

Pour cela, nous avons fait appel aux établissements Naudet-Dourde qui ont bien voulu mettre à la disposition de nos lecteurs toutes les pièces constitutives d'un barographe enregistreur, et ce jusqu'au mois de février 1993. Ainsi pourrons-nous construire, à bon compte, cet instrument fort utile.

Toutefois, quelques remarques sont nécessaires afin de bien cadrer les possibilités de l'instrument : cette construction, bien qu'à la portée du plus grand nombre, demande une certaine minutie. Pour la réussir, il faudra suivre très précisément les indications données. Le modèle proposé (référence 37/2) consti-

ture le premier prix de l'ensemble des modèles fabriqués par Naudet-Dourde – le plus élaboré est un météographe enregistreur électronique, avec affichage à cristaux liquides, qui peut être relié à un micro-ordinateur afin d'en exploiter les données.

Pour réaliser le montage simple, il convient donc de réunir les éléments suivants :

- cutter, règle métallique, colle Uhu-Plast, colle cyanoacrylate ;
- crayon, gomme, papier abrasif ; fer à souder ; ruban adhésif mousse double face ;
- polystyrène choc en feuille de 2 mm ; disponible, directement ou par correspondance, chez Adam Montparnasse, 11 bd Edgar Quinet, 75014 Paris ; ou chez Pierron, BP 609, 57206 Sarreguemines ;
- plexiglas, altuglas ou verre de 2 mm d'épaisseur ;
- 3 vis laiton de 3 mm, longueur 10 mm, avec 3 écrous et rondelles de 3 mm ; 1 vis laiton de 3 mm, longueur 20 mm avec 1 écrou de 3 mm ;
- un ensemble barographe Naudet-Dourde – modèle

37/2 – contenant, en vrac, les pièces constitutives (à l'exception du socle et du couvercle transparent), un style encreur et 50 diagrammes ; cet ensemble sera envoyé franco au prix de 930 F TTC à tout lecteur qui enverra sa commande accompagnée d'un chèque de ce montant à Naudet-Dourde, B.P. 31, 94170 Le Perreux.

Reste maintenant à monter la partie barométrique à partir des pièces détachées, et à lui confectionner un boîtier transparent ; c'est par là que nous commencerons. Le socle est constitué par les pièces A1 à F. Afin d'obtenir une rigidité suffisante, la partie horizontale est constituée par deux rectangles de polystyrène superposés et collés. En outre, une traverse (pièce F) augmente la rigidité transversale sous l'étrier qui supporte le mécanisme d'amplification.

On tracerà précisément, marquera et découpera les dix pièces constituant le socle. Sur A1, on tracerà les trous destinés à fixer les composants aux cotes exactes données **figure 1**. Le trou de

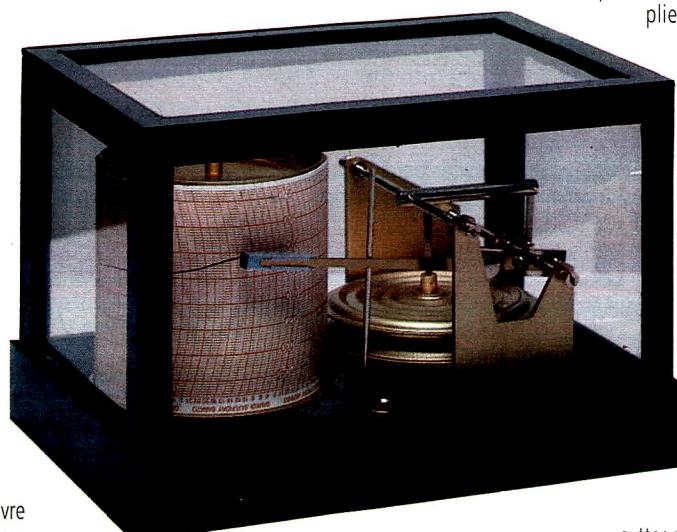
16 mm est destiné à accéder par en-dessous à la vis de réglage ; les autres trous serviront à fixer le tambour et l'étrier. On assemblera par collage (Uhu Plast) les pièces comme indiqué **figure 2**.

Le couvercle a cinq faces constituées par des rectangles évidés, G1, G2, H1, H2 et l'**figures 3 et 4**, qui recevront par la suite des vitres en plexiglass. Dans tous les cas, la largeur du cadre est de 10 mm. Pour pratiquer ces évidements, on commencera par les tracer aux cotes indiquées, puis on percera dans chaque angle des trous avec une simple aiguille chauffée. Ces trous sont destinés à faciliter le marquage et l'extraction des rectangles intérieurs. On marquera assez profondément au cutter les côtés de ces rectangles à détacher, au recto et au verso de la pièce – la présence des trous reportant les cotes facilitera la superposition des marquages.

Il restera ensuite à plier jusqu'à la rupture afin de pouvoir enlever les rectangles centraux. Cette opération, un peu délicate, doit être accom-

plie prudemment afin d'éviter de poursuivre la découpe sur le cadre lui-même. Les trous aideront à arrêter la rupture. Si l'on utilise une pince, en revêtir les mors avec de l'ouate de cellophane afin de ne pas marquer le plastique. Ceci fait, on rectifiera les tranches en les raclant à l'aide de la lame d'un cutter et en les ponçant.

On découpera ensuite dans le plexiglas (ou de l'altuglas)



Le barographe enregistreur achevé

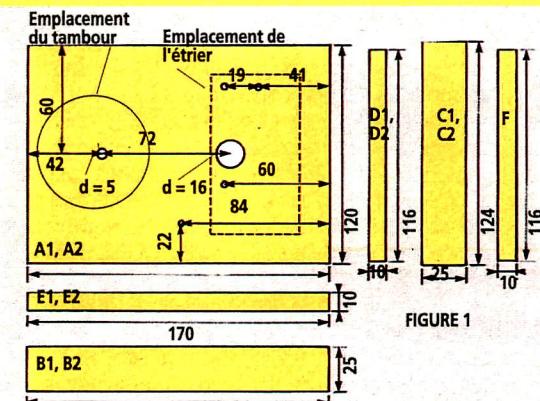


FIGURE 1

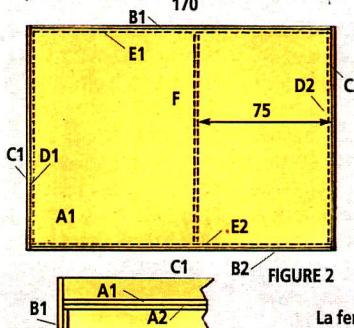
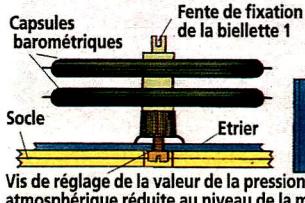


FIGURE 2



Vis de réglage de la valeur de la pression atmosphérique réduite au niveau de la mer

FIGURE 5

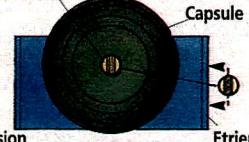


FIGURE 5

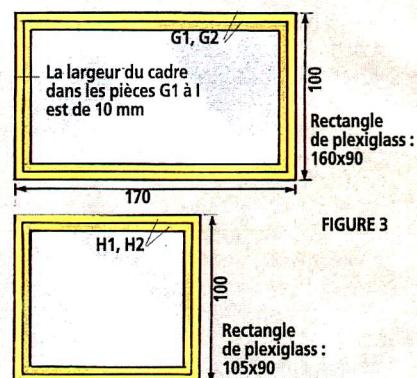


FIGURE 3

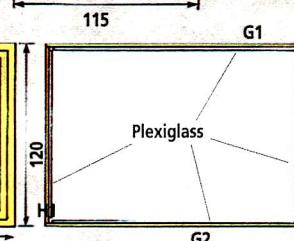
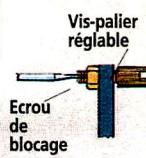
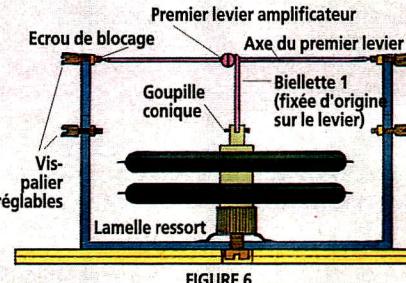


FIGURE 4



Attention, aux goupilles coniques : avant leur mise en place, en vérifier le sens (ici, la conicité est très exagérée)

A2



A2

de 2 mm d'épaisseur les quatre vitres aux cotes indiquées **figures 3 et 4**. Du verre de même épaisseur conviendra également. Il restera à coller ces vitres à l'intérieur des cadres à l'aide de colle cyanocrylate. Il faut en mettre très peu, car le solvant qu'elle contient a tendance à diffuser et à recouvrir la surface du plexiglass d'une tâche dépolie. Si cela se produisait, on peut l'atténuer en passant un chiffon imbibé d'alcool. On assemblera ensuite les cinq côtés du couvercle qui doit pénétrer librement dans son logement constitué

par les rebords du socle – voir figure 12.

Le capteur de notre instrument est constitué par deux capsules barométriques montées en série. Le mécanisme amplificateur à base de leviers a pour fonction de multiplier par 60 environ les contractions ou expansions des capsules afin que le style montre bien les variations sur le diagramme en papier. Étant donné l'importance de cette amplification du mouvement, on conçoit que l'assemblage du mécanisme doit être très soigneusement effectué.

Heureusement, il a été fort

bien conçu et, si l'on respecte les indications qui vont suivre, les risques d'échec sont pratiquement nuls. L'ordre de montage est le suivant :

- Fixer avec trois vis et écrous de 3 mm l'étrier sur le socle.
 - Assembler par vissage serré les deux capsules l'une sur l'autre.
 - Mettre en place la vis de réglage au travers du grand trou de l'étrier et la visser d'un filet et demi dans le logement fileté situé sous la capsule inférieure – **figure 5**. Si elle était trop enfoncée, le réglage ultérieur serait impossible.

Ceci fait vérifier que la

fente pratiquée dans le téton de la capsule supérieure est bien parallèle aux montants verticaux de l'étrier – **figu-
re 5**. Ceci est indispensable, faute de quoi la biellette qui devra prendre place dans cette fente ne se déplacerait pas librement et créerait des points durs qui sont à éviter absolument.

- Mettre en place les quatre vis creuses qui servent de pa-
lier. Ces vis munies d'un écrou de blocage sont destinées à recevoir l'extrémité décolletée des deux axes. Le réglage du jeu latéral (environ 0,5 mm) et de la position relative des biel-

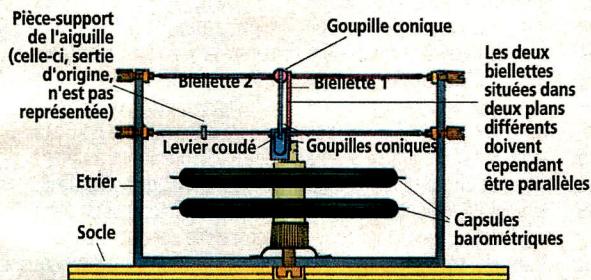
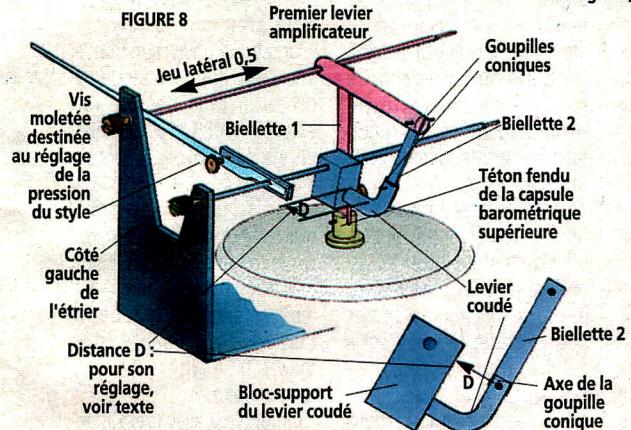
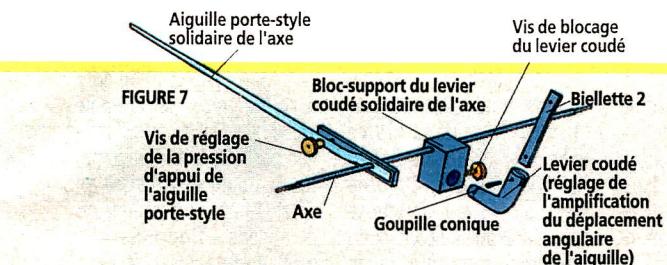


FIGURE 9

FIGURE 10

L'écarte-aiguille soulève latéralement l'aiguille et le style-marqueur pendant les opérations de réglage et de changement du papier diagramme

Couronne moletée de l'écarte-aiguille

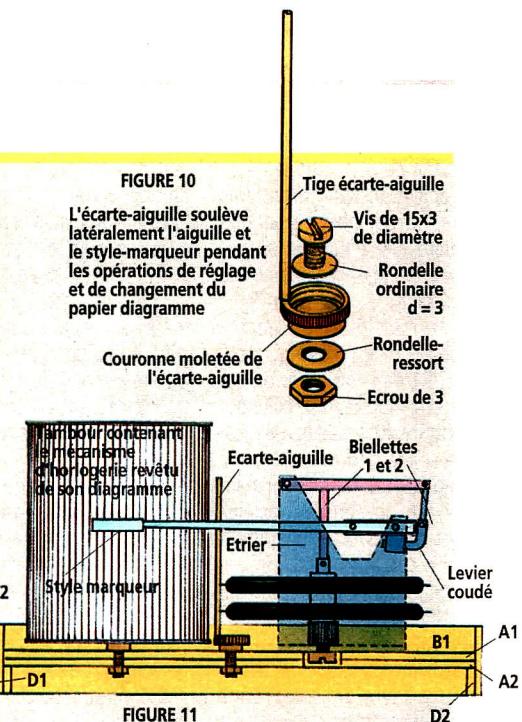


FIGURE 11

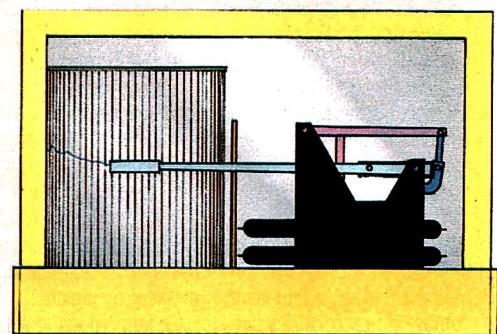
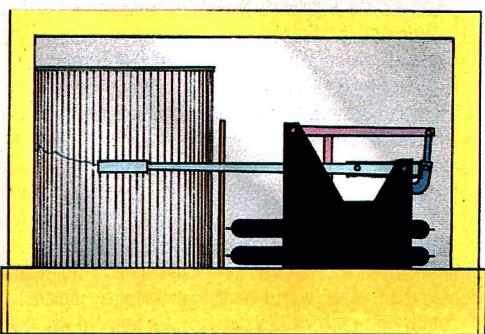


FIGURE 12



lettes sera à faire par la suite.

- Le premier levier amplificateur comportant en son centre une pièce cylindrique et la biellette 1, fixée d'origine sur ce levier, seront mis en place dans leurs paliers – **figure 6**. En vissant et dévisant les vis-paliers, on déplacera latéralement l'ensemble du levier afin que l'extrémité inférieure de la biellette 1 soit parfaitement verticale lorsqu'elle est introduite dans la fente du téton de la capsule supérieure dont on aura retiré la goupille.

On introduira la goupille dans le bon sens et on l'enfon-

cera avec des pinces fines en forçant légèrement (en prenant appui à la fois sur la tête de la goupille et sur le téton).

- On mettra en place, dans ses paliers, le second levier, celui qui est solidaire de l'aiguille porte-style et du bloc support parallélopédiique – **figures 7 à 9**.

- On introduira le levier coulé – **figure 7** – dans son logement. Ce levier est destiné à permettre le réglage de l'amplification du mouvement de l'aiguille (distance "D" – **figure 8**). Plus son bras sera long, moins l'angle balayé par l'aiguille sera grand. On blo-

quera provisoirement cette pièce avec la vis, en respectant la cote de 5,5 mm – distance "D" – entre la face avant du bloc et le trou qui recevra la goupille conique destinée à la liaison avec la biellette 2. La partie supérieure de ce levier, celle qui comporte une fente, doit être verticale.

- On fixera la partie supérieure de la biellette 2 dans la tige cylindrique solidaire du premier levier à l'aide de sa goupille conique, en procédant comme précédemment pour la biellette 1.

- On réglera latéralement – en agissant sur les vis-paliers – la

position de la partie inférieure de la biellette 2 (**figure 9**). Elle doit être verticale et pénétrer aisément dans la fente du levier coulé.

- On mettra alors la goupille conique qui fixera la partie inférieure de la biellette 2 dans la fente du levier coulé.

- Avant de bloquer les écrous des vis-paliers, on vérifiera que le jeu latéral de 0,5 mm environ existe bien pour les deux axes : il est indispensable au bon fonctionnement. A noter que ce mécanisme est conçu pour fonctionner sans huile : il ne faut donc pas en mettre.

Afin de permettre le dégagement du style traceur lors des changements hebdomadaires des diagrammes (papier imprimé avec des repères en heures, jours et hauteurs barométriques en hectopascals), il est prévu un dispositif très simple dénommé écarte-aiguille. Il se compose (**figure 10**) d'une tige verticale solidaire d'une couronne moletée pouvant tourner sur un axe. Une rondelle élastique sert de ressort et maintient une certaine pression qui l'empêche de se déplacer involontairement.

Une autre rondelle de 3 mm sera introduite dans la cuvette supérieure de la couronne moletée afin de compenser le diamètre. On mettra donc en place l'écarte-aiguille comme indiqué **figure 11**. Il restera à installer le tambour et à le fixer avec son écrou. Il contient un mécanisme d'horlogerie commandé par quartz et alimenté par une pile qui lui donne une autonomie d'environ un an.

Le tambour fait un peu moins d'un tour en une semaine. En effet, il faut tenir compte du raccord des diagrammes et de la présence d'une barrette-ressort servant à maintenir le papier du diagramme. Notons que, si l'on oublie de changer le diagramme, le passage du style sur la barrette n'a pas d'inconvénient sur le fonctionnement du barographe, mais il provoque alors un retard d'environ huit heures sur le fuseau horaire. Le mieux est de changer le diagramme le lundi matin.

A ce stade du montage, et l'aiguille étant écartée du tambour, on la munira de son style traceur (pointe feutre d'une durée d'un an environ). On enlèvera le protège-pointe du style en le tirant et en tournant simultanément. Puis, on

mettra en place le style en l'enfonçant à l'extrémité de l'aiguille jusqu'au blocage.

Une très légère pression du style sur le tambour est nécessaire et suffisante. Elle répondra à ces conditions si, en inclinant l'appareil vers soi, la pointe décolle du cylindre. Dans le cas contraire, on visera ou dévissera la vis moletée située à la base de l'aiguille jusqu'à l'obtention de ce décollement (voir **figure 8**). Après quoi, on mettra en place un diagramme en papier sur le tambour après avoir levé la barrette-ressort.

La mise à l'heure s'effectue en tournant à la main le cylindre. Il est, d'ailleurs, équipé d'une sorte d'embrayage à friction qui permet de le tourner dans les deux sens sans détériorer le mécanisme. L'alignement final de l'heure et du jour se fait en tournant le tambour dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Pour éalonner l'appareil, il faut téléphoner aux services de Météo France afin de connaître la pression atmosphérique au moment du réglage.

Ce numéro est le suivant : 36 65 02 XX, où XX représente le numéro du département dans lequel on se trouve. A Paris, par exemple, le numéro est 36 65 02 75, à Lyon, c'est 36 65 02 69, etc. La pression atmosphérique réduite au niveau de la mer est donnée en hectopascals (hPa). Supposons, par exemple, que ce soit 1 020 hPa. On trace un point sur le diagramme dans le fuseau horaire et à la hauteur barométrique correspondant à 1 020 hPa. C'est à cet endroit que devra se poser le style.

Nous avons vu que le réglage horaire se fait en tournant le tambour. Le réglage de la pression se fait avec un tournevis en agissant sur la vis de réglage – **figure 5** – jusqu'à

ce que l'aiguille se trouve en face de la ligne horizontale (1 020 hPa dans notre exemple). Pour ce faire, l'écarte-aiguille sera tourné jusqu'à ce que l'aiguille se trouve presque au contact du papier. Si les réglages de temps et de pressions barométriques ont été bien faits, la pointe du style devra se poser sur le point déjà repéré sur le diagramme dès qu'on tournera suffisamment l'écarte-aiguille.

En l'état actuel du montage, notre barographe est capable d'indiquer et de tracer les variations de pression relatives et leur évolution au fil des heures et des jours ; c'est à partir de là que l'on peut chercher à prévoir le temps. Mais, si l'on veut que les indications portées soient exactes, il faut en plus régler l'angle de balayage de l'aiguille porte-style afin de la faire correspondre aux graduations du diagramme. C'est la longueur du bras de levier de la pièce coudée – distance "D" – **figure 8** – qui fixe cet angle de balayage. Si nous l'augmentons, le bras de levier étant plus long, l'angle sera réduit. Au contraire, il sera plus grand si nous la diminuons.

Lors du montage, nous l'avons fixée à 5,5 mm. Cette cote, conseillée par le fabricant, est une approximation. Il se peut qu'elle convienne d'emblée et que les pressions indiquées soient donc justes. Dans ce cas, on laissera les choses en l'état et le barographe sera terminé. Sinon, il va falloir agir, par approximations successives, en attendant des variations importantes de la pression atmosphérique.

Voici, avec un exemple concret, comment procéder : un jour où la pression est nettement plus basse que les jours précédents, on télépho-

ne à Météo France et on note le chiffre précis, par exemple 1 000 hPa. Si l'indication donnée par le style est la même, tout va bien et on laisse en l'état. Sinon, on tourne la vis de réglage – **figure 5** – afin que le style indique bien 1 000 hPa.

On attend un certain temps jusqu'à ce que survienne une pression plus haute, par exemple 1 025 hPa. On téléphoner de nouveau à Météo France, et on note la pression réelle du jour. Supposons que celle-ci soit de 1 021 hPa. On en déduit alors que l'amplification du mouvement est légèrement trop grande. Il faut donc augmenter la distance "D" – **figure 8** – afin de la réduire.

On opérera avec précaution en jouant sur 1 ou 2 dixièmes de millimètres afin d'éviter de trop compenser le défaut constaté. Ceci fait, il est probable que le style encrera n'indiquera pas 1 021 hPa. Il faudra donc régler à nouveau notre instrument en tournant la vis de réglage – **figure 5**. Bien évidemment, si on avait constaté le contraire, c'est-à-dire si l'instrument laissait apparaître une variation inférieure aux valeurs réelles, il faudrait alors diminuer, toujours très faiblement, cette même distance "D".

Après un certain délai, on vérifiera, lors d'une nouvelle baisse relativement importante, que le réglage d'amplitude est correct. Si ce n'était pas le cas, il faudrait reprendre le processus que nous venons de décrire jusqu'à obtention d'un résultat satisfaisant. Ne nous cachons pas la vérité : ce peut être fort long, mais c'est la seule manière de terminer dans la joie un instrument scientifique précis, fidèle et juste.

Renaud de La Taille
modèle Pierre Courbier

Champs de mines

Nous vous proposerons, ce mois-ci, de réaliser un petit jeu d'arcades très simple. A bord d'un sous-marin, votre mission consistera à récupérer des diamants perdus en eaux profondes. Ce-

pendant, suite à de récents événements, la zone de prospection est infestée de mines. De plus, votre sous-marin, possède une certaine inertie : ses réactions ne sont donc pas immédiates ; et, enfin, pour

comble de malheur, les mines sont magnétiques. Elles seront donc attirées par votre coque dès que vous les approcherez. Ajoutez à cela quelques courants contraires, et le décor de notre jeu est planté.

Votre but est de ramasser un maximum de diamants sans sauter sur une mine. Pour cela, vous devrez utiliser les touches 8, 2, 4 et 6 pour, respectivement, monter, descendre, aller à gauche ou à droite. Ces

```

10CLS:SCREEN 9:COLOR 9,1:CLS
20REM ****
30REM *
40REM * DONNES GRAPHIQUES DES *
50REM * MINES. *
60REM *
70REM ****
80DATA 0,37,2,1,0,24,2,1,0,19,2,2,0,2,3
90DATA 0,2,2,2,0,15,2,2,0,1,2,3,0,1,2,2
100DATA 0,17,2,3,10,1,2,3,0,13,2,2,0,2,2,3
110DATA 10,3,2,3,0,2,2,2,0,9,2,5,10,5,2,5
120DATA 0,11,2,3,10,7,2,3,0,11,2,3,10,4,11,1
130DATA 10,4,2,3,0,7,2,6,10,4,11,2,10,3,2,6
140DATA 0,7,2,4,10,3,11,1,10,3,2,4,0,12,2,3
150DATA 10,5,2,3,0,14,2,4,10,3,2,4,0,13,2,2
160DATA 0,2,2,10,1,2,0,2,2,0,11,2,2
170DATA 0,4,2,3,0,4,2,2,0,16,2,3,0,23,2,1
180DATA 0,24,2,1,0,163
190RESTORE 80:LET LDT=164:LET YS=100:LET DG=0:LET
SX=0:GOSUB 2180
200REM ****
210REM *
220REM * DONNES GRAPHIQUES DU *
230REM * SOUS-MARIN. *
240REM *
250REM ****
260DATA 0,273,14,2,0,22,14,3,0,22,14,3,0,22,14,3
270DATA 0,22,14,3,0,2,14,3,0,10,14,10,0,2,14,1
280DATA 0,1,14,3,0,6,14,12,0,2,14,1,0,3,14,2
290DATA 0,3,14,14,0,2,14,1,0,1,14,1,0,2,14,2
300DATA 0,1,14,15,0,2,14,1,0,1,14,2,0,2,14,17
310DATA 0,125
320RESTORE 260:LET LDT=80:LET YS=150:LET DG=0:LET
SX=0:GOSUB 2180
330DATA 0,251,14,2,0,23,14,3,0,22,14,3,0,22,14,3
340DATA 0,22,14,3,0,22,14,3,0,22,14,3,0,22,14,16
350DATA 0,9,14,21,0,4,14,23,0,127
360RESTORE 330:LET LDT=40:LET YS=150:LET DG=0:LET
SX=24:GOSUB 2180
370DATA 0,2,14,1,0,1,14,2,0,2,14,17,0,2,14,1
380DATA 0,1,14,1,0,2,14,18,0,2,14,1,0,1,14,1
390DATA 0,1,14,2,0,4,14,13,0,2,14,1,0,3,14,1
400DATA 0,7,14,11,0,3,14,3,0,12,14,7,0,500
410RESTORE 370:LET LDT=60:LET YS=170:LET DG=0:LET
SX=0:GOSUB 2180
420DATA 0,1,14,23,0,2,14,21,0,4,14,19,0,6,14,17
430DATA 0,8,14,12,0,513
440RESTORE 420:LET LDT=20:LET YS=170:LET DG=0:LET
SX=24:GOSUB 2180
450REM ****
460REM *
470REM * DONNES GRAPHIQUES DU *
480REM * DIAMANT. *
490REM *
500REM ****
510DATA 0,8,11,2,15,3,11,1,15,3,11,2,0,12,11,2
520DATA 15,4,11,1,15,1,11,1,15,4,11,2,0,8,11,2
530DATA 15,5,11,1,15,3,11,1,15,5,11,2,0,4,11,2
540DATA 15,6,11,1,15,5,11,1,15,6,11,2,0,1,11,1
550DATA 15,2,11,18,15,2,11,1,0,1,11,1,15,7,11,7
560DATA 15,7,11,1,0,3,11,1,15,6,11,1,15,5,11,1
570DATA 15,6,11,1,0,5,11,1,15,5,11,1,15,5,11,1
580DATA 15,5,11,1,0,7,11,1,15,4,11,2,15,3,11,2
590DATA 15,4,11,1,0,9,11,1,15,4,11,1,15,3,11,1
600DATA 15,4,11,1,0,11,11,1,15,3,11,2,15,1,11,2
610DATA 15,3,11,1,0,13,11,1,15,3,11,1,15,1,11,1
620DATA 15,3,11,1,0,15,11,1,15,2,11,1,15,1,11,1
630DATA 15,2,11,1,0,17,11,1,15,2,11,1,15,2,11,1
640DATA 0,19,11,1,15,1,11,1,15,1,11,1,0,21,11,1
650DATA 15,1,11,1,0,23,11,1
660RESTORE 510:LET LDT=230:LET YS=190:LET DG=0:LET
SX=0:GOSUB 2180
670DIM DIAM(500):DIM MIN(500):DIM NUL(500):DIM
SOU(2000):DIM MVM(5,2)
680REM ****
690REM *
700REM * MISE EN MEMOIRE DES *
710REM * SYMBOLES GRAPHIQUES DU JEU. *
720REM *
730REM ****
740GET (100,100)-(125,120),MIN
750GET (200,100)-(225,120),NUL
760GET (90,155)-(155,190),SOU
770GET (100,189)-(125,210),DIAM
780COLOR 1:CLS
790REM ****
800REM *
810REM * TIRAGE ALEATOIRE DE LA *
820REM * POSITION DE DEPART DES MINES *
830REM *
840REM ****
850FOR I=1 TO 5
860LET MVM(I,1)=INT(RND*500)+1
870LET MVM(I,2)=INT(RND*200)+100
880NEXT I
890LET SCR=0:LET XDIAM=INT(RND*400)+100
900LET Z=650:COLOR 11
910REM ****
920REM *
930REM * MISE EN PLACE DE L'ECRAN DE *
940REM * JEU ET DEBUT DE LA PARTIE. *
950REM *
960REM ****
970FOR I=1 TO 94: PSET (I,I):DRAW "R;Z;":NEXT I
980GOSUB 1610
990PUT (XDIAM,300),DIAM
1000LET XS=10:LET YS=100:LET VSX=0:LET VSY=0:LET SCRL=0
1010PUT (XS,YS),SOU,PSET
1020LET SCR=SCR+1:LOCATE 2,35:PRINT "Score:":SCR
1030LET EXM=0

```

quelques points précisés, passons à l'écriture du programme. En premier lieu, nous trouvons une série de données regroupées en chaîne DATA. Celles-ci seront utilisées pour

générer les symboles graphiques indispensables au fonctionnement du jeu.

Comme toujours, nous les avons étudiées et compressées grâce aux programmes Super-

```

1040 FOR I=1 TO 5
1050 IF ABS(MVM(I,1)+25-XS)>150 OR ABS(MVM(I,2)-YS)>90
THEN GOTO 1100
1060 IF MVM(I,1)<XS THEN LET MVM(I,1)=MVM(I,1)+1
1070 IF MVM(I,1)>XS THEN LET MVM(I,1)=MVM(I,1)-1
1080 IF MVM(I,2)<YS THEN LET MVM(I,2)=MVM(I,2)+1
1090 IF MVM(I,2)>YS THEN LET MVM(I,2)=MVM(I,2)-1
1100 PUT (MVM(I,1),MVM(I,2)),MIN,PSET
1110 NEXT I
1120 IF XS>XDIAM-60 AND XS<XDIAM+20 AND YS>260 THEN
GOSUB 1850
1130 REM ****
1140 REM *
1150 REM * PRISE EN COMPTE DES TOUCHES *
1160 REM * FRAPPES AU CLAVIER. *
1170 REM *
1180 REM ****
1190 LET K$=INKEY$
1200 IF K$="6" AND VSX<3 THEN LET VSX=VSX+.5
1210 IF K$="4" AND VSX>-3 THEN LET VSX=VSX-.5
1220 IF K$="2" AND VSY>-3 THEN LET VSY=VSY+.25
1230 IF K$="8" AND VSY>-3 THEN LET VSY=VSY-.25
1240 LET XS=XS+VSX-SCRLM
1250 IF XS>570 THEN LET XS=570
1260 IF XS<1 THEN LET XS=1
1270 IF XS>350 THEN LET SCRL=1
1280 IF XS>450 THEN LET SCRL=2
1290 LET SCRLM=SCRL
1300 IF SCRL>0 THEN GOSUB 1980
1310 IF XS<250 THEN LET SCRL=-1
1320 IF XS<150 THEN LET SCRL=-2
1330 LET SCRLM=SCRL
1340 IF SCRL<0 THEN GOSUB 2050
1350 LET YS=YS+VSY
1360 IF YS>300 THEN LET YS=300
1370 IF YS<95 THEN LET YS=95
1380 PUT (XS,YS),SOUM,PSET
1390 IF SCRL=0 THEN GOSUB 1610
1400 IF EXM=1 THEN GOSUB 1720
1410 IF EXM=0 THEN GOTO 1010
1420 REM ****
1430 REM *
1440 REM * FIN DE PARTIE ET REBOUCLAGE *
1450 REM * POUR UN NOUVEAU JEU. *
1460 REM *
1470 REM ****
1480 COLOR 1:CLS
1490 COLOR 14
1500 LOCATE 10,30:PRINT "votre score:";SCR
1510 LOCATE 20,20:PRINT "Pour une nouvelle partie taper
'p'."*
1520 IF INKEY$<>"p" AND INKEY$<>"P" THEN GOTO 1520
1530 GOTO 780
1540 GOTO 1010
1550 REM ****
1560 REM *
1570 REM * SOUS-ROUTINE D'ANIMATION *
1580 REM * DU DEPLACEMENT DES MINES *
1590 REM *
1600 REM ****
1610 FOR I=1 TO 5
1620 LET XMM=MVM(I,1):LET YMM=MVM(I,2)
1630 IF SCRL<>0 THEN PUT (XMM,YMM),MIN,PSET
1640 IF XMM<XS+50 AND XMM>XS-15 AND YMM<YS+20 AND
YMM>YS-15 THEN LET EXM=1
1650 NEXT I

```

```

1660 RETURN
1670 REM ****
1680 REM *
1690 REM * SOUS-ROUTINE FIN DE PARTIE. *
1700 REM *
1710 REM ****
1720 FOR I=1 TO 15
1730 COLOR I,I
1740 CLS
1750 FOR T=1 TO 100:NEXT T
1760 NEXT I
1770 COLOR 2,1:CLS
1780 RETURN
1790 REM ****
1800 REM *
1810 REM * SOUS-ROUTINE D'ANIMATION *
1820 REM * DE LA CHUTTE DU DIAMANT. *
1830 REM *
1840 REM ****
1850 PUT (XDIAM,300),NUL,PSET
1860 LET SCR=SCR+1000
1870 LET XDIAM=INT(RND*400)+100
1880 FOR I=100 TO 300
1890 PUT (XDIAM,I),DIAM,PSET
1900 NEXT I
1910 RETURN
1920 REM ****
1930 REM *
1940 REM * SOUS-ROUTINE D'ANIMATION *
1950 REM * DU DEPLACEMENT GENERAL MINES *
1960 REM *
1970 REM ****
1980 FOR I=1 TO 5
1990 LET MVM(I,1)=MVM(I,1)-SCRL
2000 IF MVM(I,1)<1 THEN LET MVM(I,1)=580:PUT
(1,MVM(I,2)),NUL,PSET
2010 NEXT I
2020 GOSUB 1610
2030 LET SCRL=0
2040 RETURN
2050 FOR I=1 TO 5
2060 LET MVM(I,1)=MVM(I,1)-SCRL
2070 IF MVM(I,1)>610 THEN LET MVM(I,1)=1:PUT
(610,MVM(I,2)),NUL,PSET
2080 NEXT I
2090 GOSUB 1610
2100 LET SCRL=0
2110 RETURN
2120 REM ****
2130 REM *
2140 REM * SOUS-ROUTINE DE TRAITEMENT *
2150 REM * DES DONNES GRAPHIQUES. *
2160 REM *
2170 REM ****
2180 READ CL: READ NPX
2190 LET PXX=100+SX:LET PXY=1+YS
2200 LET SCODE=NPX
2210 IF LDT=0 THEN RETURN
2220 IF SCODE=0 THEN READ CL:READ NPX: LET SCODE=NPX:
LET LDT=LDT-2
2230 IF CL<>0 THEN COLOR CL:PSET(PXX,PXY)
2240 LET PXX=PXX+1: IF PXX>124+SX+((PXY-YS)*DG) THEN
LET PXY=PXY+(1-ABS(DG/2)): LET PXX=100+SX+((PXY-YS)*DG)
2250 LET SCODE=SCODE-1
2260 GOTO 2210

```

graph et Compreseur que nous vous avions proposés durant les mois précédents. Nous savons que ces données seront décompressées, afin d'afficher les graphiques souhaités sur l'écran, par une sous-routine située en fin de programme – de la ligne 2 120 à la fin. N'oublions pas, en effet, que, une fois compressées, si les données sont moins importantes, et donc moins fastidieuses à recopier, elles ne sont, en revanche, plus directement exploitable par la machine ; d'où la présence de ce traitement.

Les graphismes ainsi générés seront mémorisés par l'ordinateur dans des tableaux de valeurs créés à la ligne 670. Le transfert du tracé issu de la décompression dans ces tableaux sera assuré par l'instruction GET des lignes 740 à 770. Muni de l'ensemble des éléments graphiques nécessaires au bon déroulement de la partie, le programme peut passer à la mise en place du jeu. En premier lieu, il tirera de manière aléatoire les coordonnées de chaque mine et les mémorisera dans un tableau. Cette tâche est assurée par les lignes 850 à 880.

Dès lors, l'écran de jeu pourra être affiché, ce qui est fait par les lignes suivantes. De nouveau une sous-routine sera utilisée pour l'affichage des mines. Cette sous-routine, logée des lignes 1 550 à 1 660, scrutera le contenu du tableau de mémorisation de leurs positions et assurera leur affichage sur l'écran avec les coordonnées ainsi fournies. Par la suite, des données du tableau seront modifiées en fonction des positions respectives de chaque mine et du sous-marin.

De même, afin de déplacer ce dernier, le programme prendra en compte les touches frappées au clavier. Ce dialogue sera assuré par l'intermédiaire de la variable K\$ et, en fonction de la valeur qu'elle

prendra, les coordonnées du sous-marin – XS et YS – seront modifiées, tout en vérifiant que leurs valeurs sont compatibles avec les possibilités d'affichage de l'écran. En cas contraire, l'incrémentation ou la décrémentation de l'une ou l'autre des coordonnées est bloquée. De toute façon, tant qu'une mine n'aura pas explosé, le jeu rebouclera sur lui-même.

Enfin, deux sous-routines auxiliaires sont également employées. La première assure l'animation de la chute du diamant, et la seconde effectue un déplacement global de l'ensemble des mines afin de simuler le courant. Cette dernière est d'ailleurs divisée en deux parties identiques dans leur principe. Simplement, la première concernera les déplacements de la droite vers la gauche de l'écran, la seconde le mouvement inverse.

La frappe de ce programme ne doit pas poser de problème particulier, et son utilisation est également extrêmement simple. Après l'avoir entièrement recopié, RUN sera demandé. Aussitôt, les divers éléments graphiques du jeu apparaîtront à l'écran, puis l'écran de jeu s'affichera. Il suffira alors d'utiliser les touches 4, 6, 8 et 2 pour se déplacer dans la direction souhaitée. Dès que le sous-marin sera touché par une mine, la partie s'achèvera. Pour en effectuer une autre il suffira de taper la touche "P".

Précisons enfin que le temps n'intervient en rien dans le déroulement du jeu. Vous aurez donc tout loisir de louoyer pour vous dégager d'une situation délicate. La vitesse de déplacement du sous-marin étant légèrement supérieure à celle des mines, il sera en conséquence préférable de prévoir une stratégie permettant de les éviter plutôt que de se ruer sur les diamants. Alors, à vos postes ! **Henri-Pierre Penel**

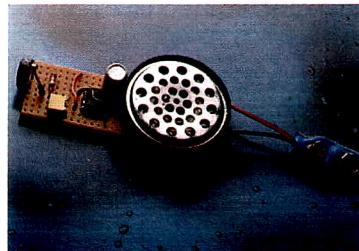
ELECTRONIQUE AMUSANTE

Un chasse-moustiques à ultrasons

ors des débuts de cette rubrique, nous vous avions déjà proposé une réalisation de ce type. Cependant, les années passant, son câblage est tombé dans les oubliettes depuis longtemps déjà. De nombreux lecteurs nous ayant demandé de le publier à nouveau, nous répondrons à leur désir ce mois-ci.

Très simple dans son principe, le fonctionnement de ce montage est basé sur diverses études réalisées, en laboratoire, sur des moustiques. D'une part, il a été démontré que seule la femelle du moustique pique, sa gestation demandant un apport massif de protéines. On a constaté, d'autre part, qu'elle est particulièrement sensible aux ultrasons. Les ultrasons constituent donc un véritable piège à moustiques femelles. Quant aux mâles, qu'ils y soient sensibles ou non, qu'importe puisqu'ils se contentent de voler sans attacher d'importance excessive à notre épiderme. En théorie, il suffit donc de générer des ultrasons pour se trouver protégé. Fonction qu'assurera notre montage.

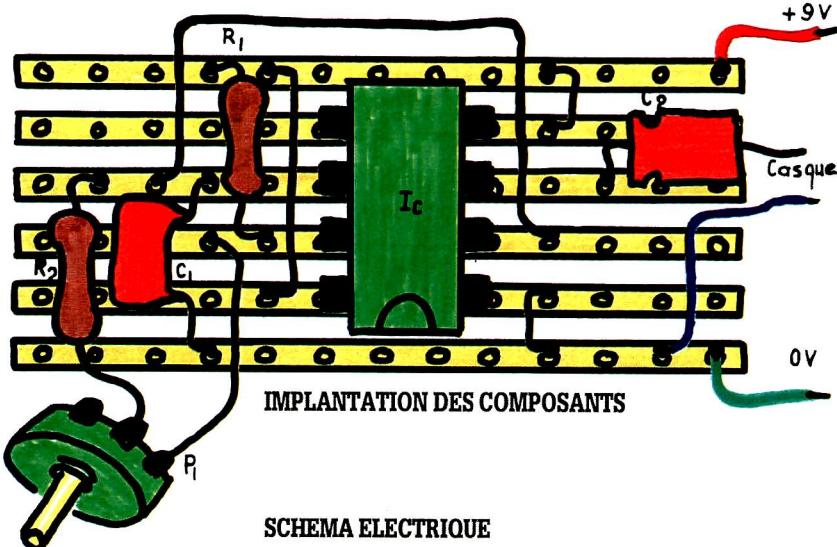
Etant donné que la fréquence d'émission et la forme du signal n'ont que peu d'importance, notre réalisation s'en trouve grandement simplifiée. Son câblage est une très bonne initiation et tout débutant peut s'y atteler sans crainte. Le cœur de ce chasse-moustiques est donc un oscillateur. Dans notre cas, nous utilisons directement un circuit intégré du type NE 555 monté en astable. Nous trouvons donc à ses côtés les divers composants indispensables à ce type de fonction-



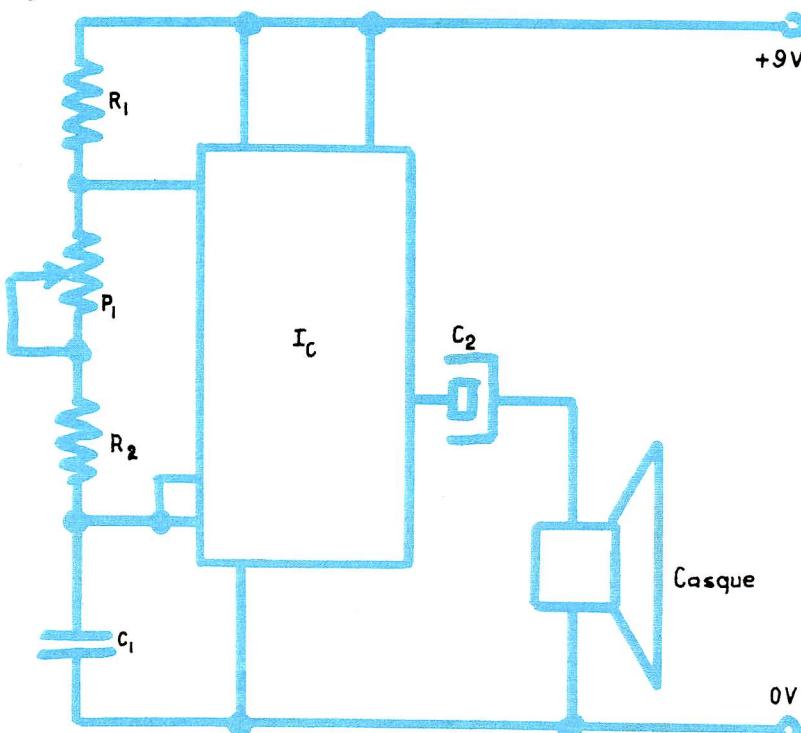
nement. En fait, deux résistances et un condensateur fixent sa fréquence d'oscillation et, par voie de conséquence, la tonalité du son émis. Précisons que, étant donné la tolérance sur la valeur des composants – jusqu'à 20 % sur la valeur du condensateur – l'une des résistances est doublée d'un potentiomètre ajustable. Nous utilisons ce dernier pour régler la fréquence définitive de fonctionnement de notre montage, mais nous reviendrons sur ce point ultérieurement. Comme diffuseur, nous utilisons l'écouteur d'un casque bon marché pour baladeur. Eventuellement, cet écouteur peut même provenir d'un casque cassé ou endommagé, l'essentiel étant que la "capsule écouteur" soit en bon état de marche.

OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

- MAGNETIC FRANCE, 11 place de la Nation, 75011 Paris, tél. : 1 43 79 39 88.
- PENTASONIC, 10 bd Arago, 75013 Paris, tél. : 1 43 36 26 05.
- T.S M., 15 rue des Onze-Arçents, 95130 Franconville, tél. : 1 34 13 37 52.
- URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon, Suisse.
- Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.



SCHEMA ELECTRIQUE



NOMENCLATURE

R1 = 2,2 kilohms (rouge, rouge, rouge, or)
 R2 = 470 ohms (jaune, violet, brun, or)
 P1 = Potentiomètre ajustable 1 kilohm

C1 = 22 nanofarads non polarisé
 C2 = 10 microfarads 12 volts

Ic = NE 555
 Un clip pour pile 9 volts
 Un écouteur type casque baladeur
 Une plaque de câblage

La liaison au circuit intégré est assurée par un condensateur. Ce dernier a pour mission d'éliminer la composante continue du signal électrique délivré par le NE 555. En effet, si cette tension n'intervient en rien dans la restitution du son, elle est, néanmoins, débitée sur la pile et diminue donc fortement sa longévité.

Comme nous l'avons dit plus haut, le câblage de ce chasse-moustiques est à la portée de tous. Il faut cependant prendre soin de bien couper l'ensemble des bandes conductrices de la plaque de montage sous le circuit intégré, de respecter le brochage de celui-ci, ainsi que la polarité des condensateurs. De même, le "clip" destiné à recevoir la pile 9 volts est équipé de deux fils de couleur différente repérant sa polarité. Le fil rouge correspond au + et le noir (ou bleu) est relié au -, donc au 0 volt de notre réalisation.

Une fois les soudures effectuées, et après avoir contrôlé qu'aucune d'entre elles, trop "généreuse", ne vient établir de contact parasite entre deux bandes adjacentes, le montage est mis sous tension en emboitant la pile. Il faut alors pratiquer son réglage définitif, et, pour cela, tourner le potentiomètre ajustable vers l'une ou l'autre de ses extrémités, afin que l'écouteur émette un léger sifflement. Lorsqu'on l'entend, on tourne doucement, en sens inverse, le potentiomètre jusqu'à ce que ce bruit devienne imperceptible. Ce réglage effectué, le chasse-moustiques est prêt à l'emploi.

Enfin, si l'on souhaite vérifier l'état de la pile, il suffit de jouer sur le potentiomètre afin de vérifier la présence d'un sifflement. Après chaque test, on le réajuste de la manière précédemment décrite... et gare aux moustiques !

Henri-Pierre Penel

1. Conjonction Lune-Saturne,
le 6 octobre, vers 21h.



JOURNAL DE L'ASTRONOME

Votre premier télescope

Si l'observation du ciel à l'œil nu procure des moments intenses, l'utilisation d'un instrument ouvre véritablement les portes de l'Univers. Mais comment sélectionner parmi les nombreux matériaux qui sont proposés ? Nous allons ce mois-ci aborder le choix du premier télescope.

L'amateur d'astronomie a le choix entre divers types d'instruments : la lunette constituée d'un objectif formé de deux lentilles ; le télescope dit de Newton, qui utilise un miroir parabolique concave et un miroir plan ; le Schmidt-Cassegrain, plus complexe, composé de deux miroirs, l'un sphérique concave, l'autre convexe et hyperbolique, et d'une lame optique de cor-

rection de forme asphérique.

Le télescope de Newton doit son nom à son inventeur. Le miroir concave capte la lumière des astres et la focalise pour former une image. Celle-ci est renvoyée sur le côté du tube par un petit miroir plan, de façon à pouvoir être observée au moyen d'un oculaire. Par rapport à la lunette, le télescope présente l'avantage d'être parfaitement achromatique, c'est-à-dire que l'image n'est entachée d'aucune couleur parasite puisque la lumière ne traverse aucune lentille.

L'autre avantage, et non des moindres, est que, à diamètre égal, le télescope est nettement moins cher qu'une lunette. En effet, un miroir est moins onéreux, car il n'a qu'une

surface optique, contre quatre pour l'objectif d'une lunette ; de plus, le verre n'a pas besoin d'être aussi parfait puisque la lumière ne le traverse pas.

Le télescope de Newton n'a pas que des avantages. Le tube de l'instrument est ouvert alors que celui de la lunette est fermé, d'un côté par l'objectif, de l'autre par l'oculaire. Cela le rend plus sensible à la turbulence atmosphérique et nécessite, pour donner son plein rendement, un site dégagé. C'est la raison pour laquelle l'observateur en site



**Le Ganymède
en monture standard 115/900**



2. La Lune et Mars, le 18, vers minuit.

urbain ou en banlieue, qui opère depuis son balcon ou sa terrasse, s'orientera plutôt vers une lunette. En revanche, dès qu'on peut s'installer dans un jardin ou en pleine campagne, c'est le télescope qui est roi.

Comment choisir son premier télescope ? Plusieurs éléments interviennent dans la décision : d'abord le budget disponible qui n'est pas forcément infini, ensuite le facteur encombrement, pour peu qu'on ait à déplacer souvent l'appareil, enfin la puissance du télescope. La véritable puissance d'un instrument astronomique n'est pas, comme on le croit souvent, le grossissement, mais le diamètre de son optique. Plus le diamètre est

Le télescope 115/900 Vixen à monture New Polaris

grand, plus on collecte de lumière et, par conséquent, plus le nombre d'astres observables est important. La définition de l'image et le grossissement maximal sont aussi fonction du diamètre. Avantage donc au grand diamètre mais, attention, plus le diamètre est important, plus l'appareil est encombrant, et plus il exige un bon, voire très bon site d'observation. Le prix, inutile de le préciser, suit la même tendance.

Le bon compromis pour débuter réside dans le Newton dit 115/900. Cette terminologie signifie que le télescope a un miroir de 115 millimètres de diamètre pour une focale de 900 millimètres. Rappelons au pas-

sage que la focale est la distance qui sépare le miroir de l'image. En divisant la focale du miroir par celle de l'oculaire utilisé, on calcule le grossissement. Un télescope de 115 mm est un instrument qui offre de très nombreuses possibilités d'observation. Il peut détecter les astres jusqu'à la magnitude



12,4, ce qui, pour fixer les idées, représente 2 300 000 étoiles et près de 1 800 amas, nébuleuses ou galaxies ! Son pouvoir séparateur atteint 1,1 seconde d'arc, c'est-à-dire donne, à titre d'exemple, la possibilité d'observer sur la Lune des détails de deux kilomètres et demi. L'appareil reste facilement transportable ; son tube mesure environ 90 cm de long, et l'ensemble se loge dans un coffre de 95 x 40 x 25 cm. Quant aux grossissements, le maximum utilisable est de l'ordre de 280 fois, ce qui est largement suffisant.

Les 115/900 sont tous fabriqués au Japon. Les importateurs français proposent aux amateurs environ une douzaine de modèles sous des marques d'importation qui leur sont propres. Ces télescopes se ressemblent tous énormément, et pour cause : il n'y a au Japon que deux ou trois fabricants. Ils diffèrent, cependant, par quelques détails que nous allons passer en revue, car ils ont leur importance.

Tous les 115 sont équipés d'une monture équatoriale qui permet, manuellement ou grâce à un moteur électrique, de compenser la rotation de la Terre pendant l'observation. Si ces montures ont toutes un air de famille, en fait, on en distingue quatre types différents :

- La monture standard 115 qui équipe la plupart des modèles. Elle possède deux mouvements lents manuels par flexibles, deux cercles gradués et la possibilité de recevoir un moteur d'entraînement (photo p. 155).

- La monture 115 simplifiée, presque identique à la précédente. Elle en diffère par des axes de plus petit diamètre et ne reçoit pas de moteur. Sa stabilité et sa robustesse sont loin d'être satisfaisantes.

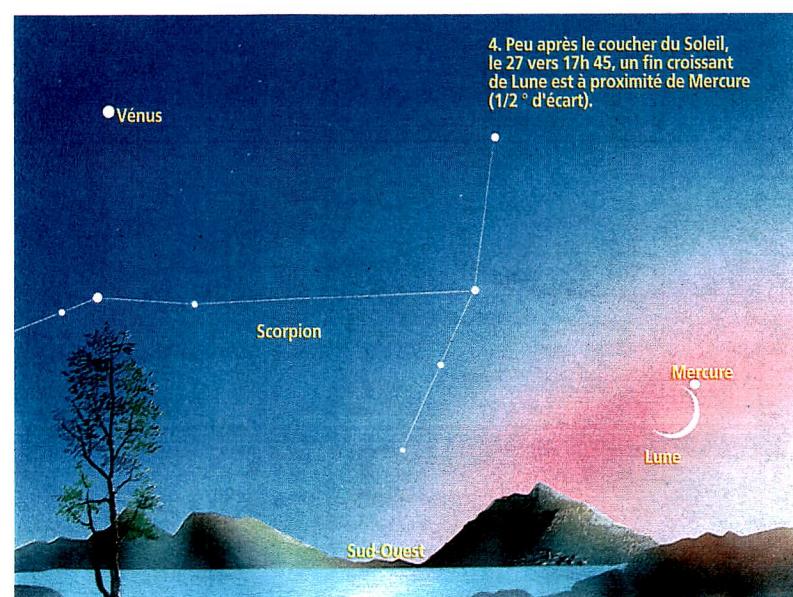
- La monture du 115/900 JPM est un cas à part. Elle ressemble

à la monture standard dont elle est issue, mais son embase est surélevée de 10 cm environ et améliore la stabilité. Elle possède, en outre, un cercle d'azimut, ce qui permet de l'utiliser en équatoriale ou en azimutale.

- La monture du 115 Vixen. Il s'agit de la monture New Polaris de chez Vixen. Elle est remarquable par sa précision et sa stabilité. Outre tous les perfectionnements précédents, elle comporte, en plus, un viseur polaire, un peu difficile

d'accès, mais qui permet une mise en station rapide et précise (photo page ci-contre).

Quant aux trépieds, ils sont tous en bois et réglables en hauteur. Leur écartement est assuré par une platine métallique triangulaire qui sert de



pose-accessoires. Légers et compacts une fois repliés, ces trépieds ont un défaut chronique : un manque de stabilité total. Il faudra beaucoup de doigté et de patience pour arriver à manipuler l'instrument sans produire trop de vibrations, mais l'astronomie – n'est-il pas vrai ? – est une école de patience. La seule exception est le trépied du 115 Vixen ; largement dimensionné et non réglable en hauteur, il offre la stabilité qu'on attend d'un télescope.

Dans le domaine de l'optique, tous les miroirs se valent en qualité. Disons que, en moyenne, celle-ci est honnête et suffisante pour les observations que permettent ces télescopes. On vérifiera, toutefois, que le miroir est monté dans un barillet équipé de vis de réglage. Sans celles-ci, il est impossible d'aligner correctement les optiques, une opération à laquelle il faut procéder de temps en temps.

Le porte-oculaire, comme son nom l'indique, reçoit l'oculaire ou le raccord photographique. Une fois encore, tous se ressemblent, sauf celui du 115 Vixen, d'une conception

différente et d'une plus grande précision. Pour les porte-oculaire "standard", vérifiez qu'il est possible d'y fixer un raccord photographique. Pour cela, la bague noire, où vient se glisser l'oculaire, doit pouvoir être dévissée, car c'est à sa place que viendra se visser le raccord.

Le "chercheur" est une petite lunette fixée sur le côté du tube et qui facilite le pointage du télescope. On trouve, sur les 115, différents chercheurs qui sont loin de se valoir. Le plus répandu est le 5 x 24, ce qui signifie qu'il a 24 mm de diamètre d'objectif et un grossissement de 5 fois. En théorie, cela devrait convenir. Malheureusement, les objectifs de ces chercheurs ne sont pas achromatiques. Constitués d'une seule lentille, ils donnent des aberrations optiques importantes et une image de mauvaise qualité. Pour atténuer ce défaut, un diaphragme est placé derrière l'objectif. Effectivement, la qualité image est meilleure ; mais, hélas, le diamètre réel du chercheur est ramené à 5-10 mm, et celui-ci manque alors de luminosité. Il n'existe guère de solution, si ce n'est de remplacer le cher-

cheur par un modèle plus performant. L'opération est simple, abordable et réalisable en quelques minutes par chacun. Heureusement, certains 115 ont un "vrai" chercheur : ce sont ceux qui ont un 6 x 30. Nous avons là un objectif achromatique, à deux lentilles, dont tout le diamètre est utilisé. Ces chercheurs sont lumineux et donnent une image d'excellente qualité ; à noter que certains sont coudés, c'est-à-dire munis d'un renvoi d'image à 90° plus confortable. Ils sont vendus séparément et s'adaptent parfaitement à la place des 5 x 24 (coût de l'opération : 400 F à 500 F).

Viennent maintenant les accessoires complémentaires. C'est là qu'on note le plus de différences. Point le plus important : les oculaires. D'un modèle à l'autre, on peut observer des variations dans le nombre et la qualité des oculaires fournis. Généralement, il y en a deux, mais certains appareils sont livrés avec trois oculaires. Ce sont très souvent des modèles simples à deux lentilles. Ils ne sont pas de la meilleure qualité, mais sont tout de même utilisables pour les faibles grossissements.

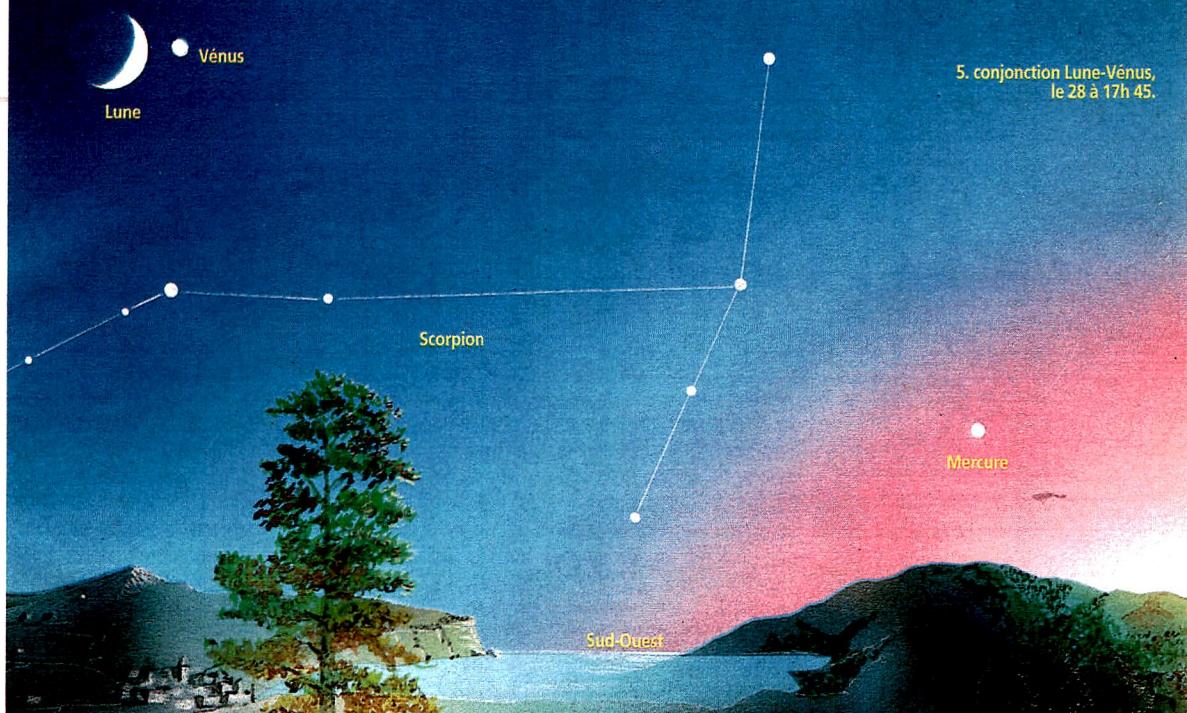
On reconnaît les oculaires à deux lentilles grâce aux lettres gravées dessus ; ce peut être H, HM, R ou SR. Les focales jusqu'à 12 mm donnent une image acceptable, mais, lorsqu'elles sont plus courtes, ce n'est plus vrai, car le grossissement obtenu est trop élevé par rapport à la qualité ; c'est notamment le cas de l'oculaire SR 4 mm, grossissement de 225 fois, parfaitement inutilisable. Pour obtenir un fort grossissement et une image correcte, il faut des oculaires à quatre lentilles : ce sont les orthoscopiques, identifiables par les lettres OR.

La lentille de Barlow double le grossissement des oculaires. Celle livrée d'origine est le plus souvent le modèle simple non achromatique, guère valable qu'aux focales les plus longues, sinon la qualité et la luminosité de l'image en pâtiennent. On a intérêt à la remplacer par un modèle haute définition achromatique. L'idéal est, de toute façon, l'utilisation de bons oculaires plutôt que l'utilisation de la combinaison oculaire-Barlow.

Les filtres sont de deux types. Le filtre solaire, qu'on met de-

QUELQUES MODÈLES DE 115/900

MODÈLE	MONTURE	CHERCHEUR	OCULAIRES	FILTRES	MOTEUR	TRÉPIED	BARLOW	DIVERS
GANYMEDE 502 T	Standard	5x24	H20 et H6	Solaire	Option	Bois standard	Standard 2x	
MERAK	Standard	5x24	H20 et H6	Solaire	Option	Bois standard	Standard 2x	Ecran de projection
SBS 551	Standard	5x24	H20 et H6	Solaire et lunaire	Option	Bois standard	Standard 2x	
PARALUX 115	Standard	5x24	H20, H6 et SR4	Solaire et lunaire	Option	Bois standard	Standard 2x	
VEGA	Standard	6x30	H20 et H6	Solaire et lunaire	Option	Bois standard	Standard 2x	
GANYMEDE 502 TS	Standard	6x30	H20 et H6	Solaire	D'origine 220 V	Bois standard	Standard 2x	
JPM 115	Standard Renforcée	6x30 Coudé	H20, OR9 et OR6	Solaire et lunaire	Option	Bois renforcé	Standard 2x	
VIXEN 115	New Polaris	6x30	K20 et OR5	Option	Option	Bois très stable	Option	Viseur polaire



vant l'oculaire en association avec le diaphragme solaire – bouchon de l'instrument dont on n'ouvre que le centre, et placé à l'avant du tube – permet d'observer les taches du Soleil et leur évolution. Attention, cependant, de laisser refroidir le filtre toutes les minutes, sinon il y a risque d'éclatement. Le filtre lunaire, qui n'est pas livré systématiquement d'origine, réduit l'éblouissement de notre satellite lors des phases les plus proches de la pleine lune.

Autre accessoire important, habituellement en option mais tout récemment livré d'origine avec certains modèles : le moteur. Il permet de compenser la rotation de la Terre pendant l'observation. Ainsi, l'astre pointé reste au centre du champ de vision sans intervention manuelle, à condition bien sûr que la monture ait été correctement mise en station. Les moteurs existent en deux versions. Le moteur secteur, qui s'alimente sur le 220 V, est le plus économique, mais il suppose la proximité d'une source de courant ou l'utilisation d'une rallonge. Plus coûteux mais plus pratique, le moteur

sur piles, dont le mouvement est réglé par un quartz, est équipé de deux boutons qui permettent d'effectuer un centrage de l'image sans toucher aux flexibles de commandes. Il assure une indépendance totale du télescope, qu'on peut installer n'importe où.

Dans la même famille de télescopes, il existe des variantes qui se distinguent par une focale différente. Ce sont les 115/1000 et les 115/500. Ces télescopes à focale plus longue ou plus courte ont été réalisés pour obtenir un encombrement moindre. Pour le 115/500, la focale est de moitié, cela est évident. Pour le 115/1000, l'astuce consiste à utiliser un miroir primaire de 500 mm de focale ; le tube est donc réduit de moitié, mais une lentille de Barlow 2x est placée dans le porte-oculaire, la focale effective se trouvant être ainsi de 1 000 mm. A première vue, ces solutions sont séduisantes, mais il faut savoir qu'un miroir de 115 mm de diamètre et de 500 mm de focale de bonne qualité optique est difficile à réaliser, surtout si l'on veut rester dans le domaine des appareils d'initiation de

faible prix. Le résultat n'est pas, dans la majorité des cas, à la hauteur de ce que donne un 115/900. Donc, sauf si l'argument encombrement est vraiment déterminant, nous ne saurions trop recommander ces formules.

Voilà l'essentiel de ce qu'il faut savoir pour choisir son premier télescope de 115. Naturellement, il existe bien d'autres accessoires comme les raccords photo, l'écran de projection solaire, des oculaires de différentes focales, des filtres colorés ou des filtres solaires à l'ouverture. Tous sont utiles, mais, comme ils sont adaptables sur pratiquement tous les modèles, ils n'entrent pas dans la décision d'achat, sauf s'ils sont livrés d'origine. Le tableau (page ci-contre), non exhaustif, résume les caractéristiques de quelques modèles de 115 parmi les plus représentatifs.

Les rendez-vous du mois.

Saturne est encore bien observable toute la première partie de la nuit. Le 6, on assiste à une conjonction de la planète avec la Lune. A suivre en soirée plein sud (figure 1).

Mars, dont l'éclat augmente régulièrement, ainsi que le dia-

mètre apparent, est visible depuis 22 h jusqu'à l'aube. Le 18, au milieu de la nuit, elle est en conjonction avec la Lune sur l'horizon est (figure 2).

Jupiter est à nouveau observable. C'est le matin qu'il faut la rechercher au sud-est, une heure avant le lever du Soleil. Conjonction avec la Lune le 23, vers 6 h 30 légal (figure 3).

La planète Mercure est difficile à observer, car noyée dans les lueurs du crépuscule. On profite de sa conjonction serrée avec la Lune, le 27 vers 17 h 45, pour la localiser en s'aideant de jumelles. Un demi-degré seulement sépare les deux astres (figure 4).

Enfin Vénus, toujours très brillante, suit Mercure. Un beau rapprochement avec la Lune à observer le 28 à 17 h 45 (figure 5).

Tous à vos 115 !

Yves Delaye

Astronomie, guide du matériel, par Jean Lacroux et Christian Legrand. Un livre qui détaille la façon de choisir un instrument. En vente à la Maison de l'Astronomie 33/35 rue de Rivoli 75004 Paris. 135 F. Franco pour les lecteurs de *Science & Vie*.

LIVRES

Natalie Rigaux
Raison et Déraison
Discours médical
et démence sénile
Editions De Boeck,
224 p., 210 F.

L'ouvrage est polémique, car il entend régler leur compte à certains médecins, plus particulièrement des "psy". L'auteur y dénonce l'arrogance rigide, l'inhumanité et, pour tout dire, la bêtise de certains qui sont censés soigner cette maladie mentale qu'est la démence sénile.

On n'y trouvera pas de réelle information médicale sur la démence ; l'auteur, en effet, estime absurde le regard du médecin. Mais on y trouvera un exposé du problème de société posé par ces malades. Pour l'Administration, leur cas se réduit à la question suivante : sont-ils ou non curables, ou tout au moins, "révaluables" ?

Mais les médecins, quand même ? Ils évoquent bien des altérations chimiques ou cérébrales du cerveau, mais l'auteur estime qu'ils seraient bien en peine de les distinguer des altérations ordinaires du vieillissement. L'affaire, d'ailleurs, ne serait que déplacée : qu'est-ce donc qui produit ces altérations ?

La politique de santé à l'égard des déments se ressent donc et d'un pragmatisme à ras de terre et de l'impuissance médicale. Il ne s'agit plus que de savoir si certains pourront s'alimenter seuls et satisfaire leurs besoins

dans les lieux appropriés, et c'est alors qu'on les soignera d'une pneumonie ou d'une fracture. Pour les autres, ce qu'on peut appeler le "rapport qualité-prix" est défavorable et l'on parle d'"euthanasie passive".

Singulier retour des choses, le perfectionnement des soins ne les rend plus disponibles qu'à ceux qui le justifient socialement. Telle est la raison pour laquelle l'auteur estime que nos sociétés s'alignent sur le système des assurances, avec sélection négative des groupes à hauts risques. On la suit volontiers jusqu'à ce point. Mais pas au-delà.

Par exemple, quand elle soutient que ce sont des "scientifiques" qui entretiennent ce système et deviennent ainsi des "politiques" en décidant, par exemple, de créer des structures d'accueil de long séjour, non hospitalières, pour les incurables. Or les scientifiques en question font ce qu'ils peuvent avec ce qu'ils ont : la sélection n'est pas de leur choix.

On la suit encore moins aisément quand elle propose le modèle de la clinique individuelle où les incurables sont, pour ainsi dire, soignés "à mains nues". Sa générosité et son humanité sont, certes, contagieuses, mais son argumentation, elle, est tout à fait résistible.

Prétendre, comme elle le fait, que lorsqu'un dément incurable est incontinent et se souille (le terme "gâteux", qui "gâte", dérive d'ailleurs de cette incontinence), c'est pour

exprimer le dégoût de soi où le plongent les diktats d'une société inféodée aux scientifiques, c'est verser dans les pires travers du "psychologisme" aberrant. Nous serions-nous assez moqué d'un "psy" qui eût proféré cela !

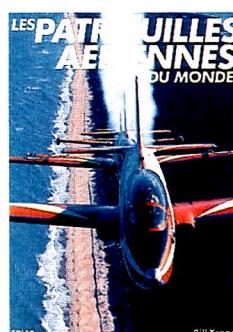
Reste que ces maladresses ne cèlent pas le vrai problème débusqué par Natalie Rigaux : notre société se déshumanise et s'éloigne de plus en plus vite des infortunés, déments ou autres. Ce n'est pas la prétendue "arrogance" des scientifiques qui nous en semble cause ; ce serait plutôt l'obsession dévoyée de la "rentabilité".

Dr Jacqueline Renaud

Bill Yenne
Patrouilles aériennes
du monde

Solar, alb., 72 p., 120 F.

Pour les mordus des meetings aériens et de leurs acrobaties renversantes, comme le mois de juin en a vu plusieurs à La Ferté-Alais : un album d'excellentes photos sur des patrouilles connues comme la Patrouille de France, les Black



Knights ou les Red Checkers (de Nouvelle-Zélande). Des détails techniques et professionnels. On eût aimé aussi voir quelques visages des as.

Gerald Messadié

Vague d'ovnis sur la Belgique

Sobeps éd., 502 p., 200 F.

Disponible dans quelques librairies françaises, ce "colossal" dossier prétend faire le point sur la vague d'ovnis de 1989-1990. La Société belge d'études des phénomènes spatiaux, ou Sobeps, qui l'édite, y renforce le statut que lui envient nombre d'associations ufologiques : elle est la première dont la compétence semble reconnue par les autorités militaires.

La préface donne le ton : l'ovni serait un phénomène original et inconnu de notre science. Alors que, si l'on devait lui appliquer les règles de l'épistémologie, on serait contraint de conclure que c'est plutôt un agrégat de rapports d'observation disparates dont le seul point commun est d'être incompréhensibles si on ne les approfondit pas.

Suit un article du Pr Meessen qui tendrait à confirmer ce point de vue, puisqu'il distingue l'approche scientifique de l'approche sociopsychologique. On déplorera que cet auteur réduise la première à une affirmation prématurée – les ovnis seraient réels et analogues à des engins – et qu'il dénature la seconde, selon laquelle les contestations ne seraient que des rumeurs. On déplorera encore plus ce distinguo spécieux, car le premier élément à analyser, justement, ce sont les rapports d'observation et les mécanismes de leur production. Ce n'est qu'ensuite, sur la base d'une telle analyse, qu'il sera possible de savoir de quelle science relèveraient les ovnis.

Le chapitre suivant, rédigé conjointement par le directeur et le secrétaire de la Sobeps, occupe près de la moitié de

l'ouvrage. On eût espéré qu'il offrirait une typologie de l'"ovni belge". On ne trouve qu'une succession de descriptions de lumières en file, en triangle, en carré, en rectangle... Les triangles sont les plus intéressants : on apprend que certains émettent un ronronnement à courte distance.

Les témoignages sont traités de façon singulière. Quand l'ovni évoque ainsi un objet connu, par exemple un dirigeable, on nie d'emblée que c'en soit un, au lieu de vérifier, le témoin sachant reconnaître un dirigeable.

Il conviendra sans doute de verser au dossier de l'ufologie un point saillant : c'est l'attitude à l'égard des médias, accusés de ne pas "briller", eux – puisqu'il est question de points brillants – par l'objectivité. Nous en faisons les frais, p. 246, où il est dit qu'"il arrive un moment où le ridicule d'une situation n'est plus perçu par celui qui la met en place..."

Nous sommes parfaitement d'accord : c'était la conclusion de notre analyse de l'"affaire" du 30 mars 1990 (*Science & Vie* n° 877). La Sobeps, en effet, veut démontrer que, cette nuit-là, les gendarmes belges ont bien vu des ovnis, et non Sirius ou Orion. La nuit fut-elle donc si miraculeuse que Sirius et Orion aient disparu du ciel ? ...

Nous avions, dans notre analyse, évoqué l'hypothèse d'un avion furtif pour expliquer les échos radar. Le rapport que voici le nie : «Aucun avion – ni le F-117 A, ni le B2, ni aucun autre encore ultra-secret ou ce que l'on pourrait concevoir dans un avenir prévisible – ne peut, ni ne pourra se comporter comme ces objets toujours non identifiés, mais bien réels.» Renvoyons donc aux ufologues cette anecdote qu'ils citent si volontiers :

Simon Newcomb, astronome et mathématicien mort en 1909, affirmait que jamais un corps plus lourd que l'air ne pourrait voler.

Les savantes études des échos radar et de l'analyse photographique qu'on trouve dans les chapitres suivants sont belles et bonnes, mais une fois de plus, qu'analyse-t-on ? Un écho radar ne dira jamais qu'il s'agit d'un ovni ou d'un hélicoptère. L'objet de l'analyse, une fois de plus, est de vérifier qu'il s'agit bien de "soucoupes volantes". Or celles-ci procèdent à la fois d'un mythe et de perceptions de témoins. Ces dernières peuvent être faussées, comme le démontre une enquête réalisée en France. En témoigne l'observation rapportée p. 446 de ce volumineux ouvrage : ayant vu de sa voiture ce qui lui parut être d'abord les feux arrière d'un avion, puis le classique triangle spécifique d'un ovni, une enquêtrice de l'enquêteur en chef reconnaît en un instant la forme classique d'un bimoteur.

Mais, et c'est là le plus beau de l'affaire, que croyez-vous que conclut l'enquêteur en chef ? Que c'était un simple bimoteur ? Nenni : que l'ovni s'était déguisé en Dakota de la dernière guerre !

«Le poumon ! Le poumon, vous dis-je !» s'obstinent à diagnostiquer le célèbre médecin de Molière chez un constipé...

Dominique Caudron

Lucien Laubier
Vingt mille Lieues
sous la mer

Odile Jacob, 332 p.,
160 F.

L'aventure maritime se courait jadis en surface ; désormais, c'est en profondeur. Elle est, aussi, moins désintéressée. Hormis les épaves, qui assurent

d'ailleurs de beaux dividendes en nature, ce sont les réserves de poissons, de pétrole et de nodules polymétalliques qui suscitent les convoitises. Mais tout n'est pas rose au royaume de la crevette.

C'est ce que révèle l'auteur, vétéran des expéditions océanographiques dans la plupart des mers du monde, titulaire d'un poste d'observation privilégié à l'Ifremer. Il a donc une connaissance approfondie, exceptionnellement riche, des problèmes dont il traite, scientifiques, techniques, politiques et juridiques. Il raconte, avec des détails le plus souvent méconnus du grand public, des épisodes aussi étranges de la "guerre" des océans que celle du crabe ou de la langouste.

Certes, on a instauré un droit de la mer ; il aurait dû tempérer les ardeurs et éviter des saccages effrénés des réserves océaniques. Mais le livre de Lucien Laubier ne présente guère favorablement du futur : si l'on se bat pour des sardines, qu'en sera-t-il du pétrole ? Ou des nodules ? Les marines de guerre et les pirates reprendront-ils du service ? Un ouvrage de référence.

Pierre Rossion

Stephen Budiansky
The Covenant of
the Wild

William Morrow & Company, New York, 1992.

Le titre signifie "le pacte du monde sauvage", et le sous-titre anglais, *Why animals chose domestication*, "pourquoi les animaux ont choisi la domestication". Pourquoi, en effet, depuis une dizaine de millénaires, le loup s'est-il accommodé de l'homme et est-il devenu le chien ?

L'une des premières raisons qui viennent à l'esprit, c'est

que beaucoup d'animaux ont trouvé auprès des sociétés humaines une protection qui économise leurs efforts pour se nourrir et se défendre. Nul besoin de vitupérer les mouettes qui prolifèrent autour des ports parce qu'elles y trouvent des détritus utiles : elles font ce que bien d'autres animaux font depuis des millénaires. Les cigognes aiment bien les cheminées, qui les tiennent au chaud, et les hirondelles, les toits des maisons (quand ils sont commodes) qui leur permettent de nicher.

Mais il est d'autres raisons, et Budiansky, journaliste au *US News and World Report*, grand hebdomadaire américain, l'explique bien : c'est la néoténie. Normalement définie comme la persistance de caractères infantiles à l'état adulte chez certains animaux, elle est étendue par l'auteur à beaucoup plus d'espèces. Budiansky, en effet, la définit comme l'effet d'une pression du milieu ; ainsi, dans un milieu favorable, riche en nourriture, une population donnée de moutons produira plus de bétiers à grandes cornes – ce dernier trait étant néoténique, car la croissance accélérée de cornes est un signe de juvénilité – que de bétiers à petites cornes. De génération en génération, on obtiendra ainsi une population où les grandes cornes prévalent.

Or, cette néoténie physiologique s'accompagnera de néoténie comportementale : les bétiers juvéniles sont plus aptes à s'intéresser aux humains que ne le sont les vieux, parce que les animaux jeunes sont plus curieux de leur environnement. Or, justement, les environnements des humains sont plus prospères que la moyenne des autres, ce qui est la raison pour laquelle les humains les ont choisi, et cet aspect propice du milieu non seulement favorisera la prédominance des

béliers néoténiques, mais aussi leur attraction pour l'homme.

Budiansky, qui ne s'interdit aucune digression (ce dont on ne lui tiendra certes pas rigueur, car il y montre beaucoup de connaissances et de talent), observe incidemment qu'on distingue chez les chiens (tous des loups néoténiques !) trois degrés de néoténie. Le premier, chez les chiens de garde, qui sont "infantiles" ; le deuxième, chez les chiens qui jouent, par exemple, les chiens de chasse et les caniches ; et le troisième, chez les border collies par exemple, qui poursuivent bien un animal qui bat en retraite, mais ne montrent pas d'inclination à l'attaquer. Il y aurait éventuellement un quatrième stade, qu'on trouve chez des chiens tels que les welsh corgis, utilisés comme chiens de troupeaux et qui, eux, tendent à mordre les bêtes aux pattes (et la reine d'Angleterre à la main).

La domestication a accentué la "néoténisation" des animaux domestiques, car elle les a rendus encore plus dépendants de l'homme, au point que la plupart des poules domestiques ne témoignent d'aucun empressement à couver leurs œufs.

Cet ouvrage remarquable, et dont on veut espérer qu'il trouvera un éditeur français, se signale aussi bien par ses informations originales que par son bon sens. En ce qui touche aux premières, on en donnera l'exemple suivant. Tout le monde tient pour acquis que l'agriculture a été une "invention" heureuse pour l'humanité, et donc, qu'elle l'a été tout de suite.

Or, c'est faux. Les études des squelettes des Indiens qui vivaient dans l'Illinois de 950 à 1300 (bien longtemps, évidemment, après l'invention de l'agriculture, qui remonte au

VIII^e millénaire avant notre ère) sont à cet égard révélatrices. Jusqu'en 1200, ces Indiens vivaient des produits de la chasse ; après 1200, ils se sont sédentarisés et ont intensivement pratiqué l'agriculture. Or, à partir de cette date, les taux de déficience en fer passent de 16 % d'une population pré-agricole donnée à 64 %. Les maladies osseuses, elles, passent de 27 % à 81 %. Pourquoi ? Parce que leur alimentation était beaucoup moins diversifiée.

En ce qui concerne le bon sens, on le trouve dans les observations suivantes sur la bonté et la santé de l'homme "avant l'âge industriel" : bavernes ! L'homme de Cro-Magnon – et d'après – était tout aussi agressif que nous, et les cicatrices retrouvées sur ses ossements, atroces : crânes défoncés, bassins portant des traces de pieux pointus, membres coupés, etc. Pas de romantisme sur le passé, conseille donc Budiansky.

Gerald Messadié

Frédéric Vasseur
Les Médias du futur
PUF - Que sais-je ?
128 p., 38 F.

Dans huit ans nous enterrons dans le troisième millénaire. Huit ans qui suffiront pour transformer notre paysage audiovisuel au point, parfois, de le rendre méconnaissable. Nous serons alors dans l'ère de la TVHD, de la radio numérique, du visiophone, de la réalité virtuelle, de la photo numérique, du magnétophone numérique sur disque compact miniaturisé, du disque interactif, etc...

Depuis quelques années, l'évolution est si rapide que le public la suit difficilement et s'y perd. Ce petit livre de Frédéric

Vasseur a le mérite de faire le point... à la date d'août 1992 (car, depuis, nous avons déjà observé plusieurs évolutions avec les arrivées du micro-magnétophone et du Mini Disc de Sony, et les nouvelles possibilités du Photo CD de Kodak et du disque interactif de Philips). L'auteur y fait une synthèse remarquable des technologies audiovisuelles et de télécommunication qui se mettent en place en cette fin de siècle. A la portée de tous, d'une lecture aisée, ce Que sais-je ? permettra à chacun d'acquérir une vue globale de la révolution en cours (car c'est bien d'une révolution qu'il s'agit) et d'en percevoir les enjeux.

Roger Bellone

Dominique Chalvin
Anti-manuel de management
Editions de l'Archipel, 224 p., 120 F.

«Tu ne seras jamais promu» ; «Tu tendras l'autre joue» ; «Tu cultiveras tes états d'âme» ; «Tu prendras la tangente», etc.), et s'achève par l'épilogue «L'art d'avoir des ennuis en toute circonstance».

L'éditeur nous dit que cette manière de s'attaquer aux problèmes s'appelle – attention au retour des pédants – l'"approche paradoxale", qu'elle découle directement de l'école californienne de Palo Alto (ah ?) et que c'est à la mode (et alors ?).

En tout cas, cela donne un livre efficace et tonique, capable de séduire et les fous de l'"excellence" et ceux qui y sont allergiques. Bien des "managers" et cadres devraient le lire...

Gérard Morice

Jean Jacques
La Molécule et son Double
Hachette, 125 p., 79 F.

Droite/gauche : un clivage politique, mais aussi et surtout un clivage propre à la nature, à commencer par celui qui sépare les deux éléments d'une paire de gants ou d'une paire de chaussures. Cette dissymétrie était connue et étudiée de

manière philosophique depuis l'Antiquité, mais nul ne soupçonnait son importance vitale en physique et, partant de là, en biologie.

Le premier à l'avoir signalé, nous rappelle Jean Jacques, directeur de recherches au CNRS et spécialiste de la stéréochimie, c'est Louis Pasteur qui était chimiste avant d'être biologiste. En 1848, il découvre que certaines molécules existent sous les deux formes gauche et droite, l'une étant l'image miroir de l'autre. C'est à partir de là que naît le concept de chiralité (du grec *keir*, la main) qui va s'étendre

(suite du texte page 164)

LE PANORAMA DE LA PRESSE SCIENTIFIQUE

ABONNEZ-VOUS DÈS AUJOURD'HUI A L'UNE DE CES DEUX FORMULES

- Tous les mois SCIENCE & VIE, vous informe parfaitement sur les derniers développements de la recherche, dans tous les domaines scientifiques. SCIENCE & VIE, c'est le magazine d'information scientifique de référence.
- Tous les deux mois, LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE, vous font vivre l'Histoire des sciences comme on ne vous l'a jamais racontée. Qui sont les hommes à qui l'on doit l'univers technologique qui nous entoure ? Comment naît une découverte majeure ? Vous le découvrirez en lisant LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE.
- Tous les trois mois, un numéro HORS SÉRIE DE SCIENCE & VIE traite de façon exhaustive un grand sujet de notre temps. Chaque numéro HORS SÉRIE permet de faire le tour complet d'une question d'actualité scientifique.

FORMULE N° 1

LE PANORAMA DE LA SCIENCE

- 12 N°S DE SCIENCE & VIE
- 6 N°S DES CAHIERS DE SCIENCE & VIE*

soit 18 numéros par an pour seulement

333 F au lieu de 444 F**

* les CAHIERS DE SCIENCE & VIE sont des numéros spéciaux de SCIENCE & VIE.

** Prix de vente chez votre marchand de journaux.



FORMULE N° 2

LE MAXI PANORAMA DE LA SCIENCE

- 12 N°S DE SCIENCE & VIE
- 6 N°S DES CAHIERS DE SCIENCE & VIE*
- 4 N°S HORS SÉRIE DE SCIENCE & VIE

soit 22 numéros par an pour seulement

398 F au lieu de 544 F**

* les CAHIERS DE SCIENCE & VIE sont des numéros spéciaux de SCIENCE & VIE.

** Prix de vente chez votre marchand de journaux.



TITRE D'ABONNEMENT PRIVILÉGIÉ

à retourner, paiement joint, sous enveloppe affranchie à SCIENCE & VIE - 1, rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris Cedex 15

OUI je choisis en la cochant l'une de ces deux formules
d'abonnement à tarif préférentiel

CJEY

FORMULE N° 1
LE PANORAMA
DE LA SCIENCE

333 F
SEULEMENT

soit
une économie de
111 F*

CJEZ

FORMULE N° 2
LE MAXI PANORAMA
DE LA SCIENCE

398 F
SEULEMENT

soit
une économie de
149 F*

*Prix au prorata de vente chez votre marchand de journaux

NOM _____

PRÉNOM _____

ADRESSE _____

CODE POSTAL _____

VILLE _____

SIGNATURE _____

S & V oct 901

Vous déposez d'un droit d'accès et de notification pour toute information vous concernant sur tout fichier à usage commercial de notre société conformément à la législation en vigueur.

OFFRE VALABLE JUSQU'AU 31/12/1992 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE métropolitaine, l'étranger : nous consulter.

• Je joins mon chèque à l'ordre de SCIENCE & VIE-BRED.

très loin : partant des symétries en géométrie, il concerne les structures cristallines, les arrangements d'atomes au sein des molécules, la marche des rayons lumineux, puis les propriétés biologiques et chimiques des composés existant sous les deux formes.

L'auteur prend donc Pasteur comme point de départ et nous entraîne avec tous les découvreurs qui ont fait progresser nos connaissances sur cette étrange dissymétrie droite/gauche qui affecte une bonne partie des molécules organiques, celles qui sont basées sur la chimie du carbone.

En cours de route nous allons rencontrer l'optique et faire connaissance avec la lumière polarisée, dont la rotation d'un côté ou de l'autre dépend bien sûr de l'orientation du cristal qu'elle traverse – "polarisée", parce que l'on croyait la lumière faite de particules ayant un pôle (+) ou (-) comme les charges électriques ; en réalité, c'est le plan de vibration des ondes lumineuses qui tourne à droite ou à gauche.

Avec la chiralité nous allons donc traverser toute l'histoire de la biochimie et suivre les conflits et les découvertes des chercheurs qui se sont succédé depuis Pasteur jusqu'à nos jours. Le fil de cette histoire reste bien sûr la chiralité et ses divers aspects, géométriques, physiques et biologiques. Sa lecture, soyons franc, n'est pas toujours facile : il faut se familiariser avec les énantiomères, les composés racémiques, les symétries des hélices et autres notions où s'entrecroisent géométrie, optique, physique moléculaire et biochimie.

Mais cet effort est payant quand on découvre sur la fin que l'orientation d'une molécule organique conditionne souvent ses propriétés nutritives, gustatives, olfactives, et

partant, son action sur l'organisme : un même produit existant sous les deux formes peut être un médicament efficace ou un poison selon la forme ingérée.

Ce seul fait, vu son importance pratique, justifie l'ouvrage de Jean Jacques. Mais il y a plus : la chiralité n'affecte pas seulement les paires de bottes ou le sens de rotation des vis dans les écrous, mais aussi certaines forces des liaisons atomiques. Tout comme un tire-bouchon, la vie et l'Univers ont un sens.

Renaud de La Taille

Bernard Diridollou
Réussissez vos entretiens professionnels

Editions ESF, 142 p., 110 F.

L'encadrement se trouve de plus en plus souvent confronté à des situations inattendues, qu'il est contraint de résoudre sans délai : la solution pour réagir au plus vite, c'est bien souvent l'entretien, l'un des outils les plus précieux pour faire face à l'événement avec compétence.

Sans compter que, dans l'entreprise telle qu'on la gère actuellement, la tendance à l'individualisation et la personnalisation des relations hiérarchiques est de plus en plus forte. Là encore, on a recours à l'entretien. Encore faut-il savoir le maîtriser.

Car ce précieux outil, qui a ses règles et ses techniques, reste mal connu ; on s'en sert généralement au petit bonheur, on le laisse dériver au hasard, si bien que nombre d'entretiens ne mènent nulle part, sont inutiles et se traduisent par une perte de temps, ou, pire, se soldent par un échec. Quand ils n'aboutissent

pas au résultat opposé à celui recherché.

Ce manuel, car c'en est véritablement un, propose d'abord au lecteur, cela s'impose, de faire son autodiagnostic par le biais d'un jeu de questions-réponses, qui révèle points forts et points faibles. Ces derniers étant connus, on peut leur porter une attention particulière lorsqu'on les voit pointer du nez dans la suite de l'ouvrage.

Une deuxième partie fait le point sur la méthodologie et présente les différentes techniques de l'entretien. Chaque chapitre se conclut par un exercice pratique, dont le corrigé est donné à la fin du livre.

Enfin, les principales situations d'entretien sont passées en revue. Car diriger une équipe est une chose, embaucher un collaborateur une autre. Là encore, un exercice pratique permet de s'assurer que l'on a bien assimilé ce que l'on vient de lire.

Et comme l'auteur veut absolument que son lecteur ait parfaitement compris son ouvrage, qu'il soit apte à mettre en œuvre la formation qu'il lui a dispensée, il termine par un nouveau questionnaire d'auto-contrôle, comme il avait démarqué par un questionnaire d'autodiagnostic. Un peu d'attention s'il vous plaît : l'erreur impose de retourner à la case départ !

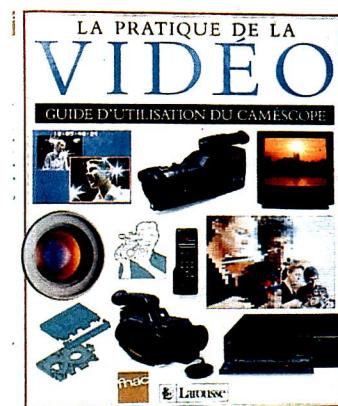
G.Mo.

David Sheshire
La pratique de la vidéo, guide d'utilisation du caméscope

Larousse, alb. coul., 224 p., 175 F.

Le caméscope a pratiquement remplacé la caméra de cinéma 8 mm. Sa grande simplicité d'utilisation en a

d'abord fait une machine à enregistrer des images et des sons sans lien entre eux, une sorte de bloc-notes électronique de la famille et des vacances. Pourtant, le caméscope est tout autant un outil au service de l'expression et de la création. Il permet de réaliser de véritables films, montés et sonorisés, des reportages, des documentaires... Et ce, d'autant plus facilement que l'électronique met aujourd'hui à



la disposition des utilisateurs des techniques simples de montage.

C'est à cette forme de réalisation qu'invite ce guide pratique, conçu autant pour les amateurs avertis que pour les néophytes. L'ouvrage décrit l'ensemble des techniques de base à maîtriser pour construire un film, quel que soit le sujet (sont abordés les thèmes du voyage, des événements familiaux, du documentaire, des fictions). Du tournage à la prise de son et au montage, toutes les phases de la création vidéo sont traitées.

S'y ajoutent des conseils quant au choix des matériels et à leur entretien. Le livre se termine par un glossaire technique et un index détaillé de recherche. En définitive, un excellent ouvrage d'initiation et de travail.

R.B.

PHOTO, VIDEO, TV, SON, CE N'EST PAS DE LA SCIENCE FICTION.

C'EST DANS SCIENCE & VIE HIGH-TECH.

ABONNEZ-VOUS ET PROFITEZ DE CETTE OFFRE SPECIALE DE LANCEMENT



**Image, son, vidéo,
Quelles sont aujourd'hui les grandes
mutations technologiques?**

Comment vont-elles évoluer?

Et dans quels domaines ?

SCIENCE & VIE HIGH TECH vous présente les toutes dernières innovations et vous dit ce que seront les images et le son de demain. La révolution technologique galope les produits se multiplient et se périment vite. Disque, téléphone, fax, photo, radio, télévision haute définition...

SCIENCE & VIE HIGH TECH vous éclairera utilement au moment du choix de votre nouvel équipement.

1 AN

**ECONOMISEZ 22F
4 NUMÉROS TRIMESTRIELS**

98F

SEULEMENT
au lieu de 120F*

2 ANS

**ECONOMISEZ 54F
8 NUMÉROS TRIMESTRIELS**

186F

SEULEMENT
au lieu de 240F*

* prix de vente chez votre marchand de journaux

BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner sous enveloppe affranchie avec votre règlement à **SCIENCE & VIE HIGH TECH** 1, rue du Colonel Pierre Avia 75 503 PARIS CEDEX 15

OUI

je m'abonne pour **1 AN / 4 numéros**
à **SCIENCE & VIE HIGH TECH**
au prix de **98F** au lieu de 120F*

OUI

je m'abonne pour **2 ANS / 8 numéros**
à **SCIENCE & VIE HIGH TECH** au prix de
186F au lieu de 240F*

COCHEZ LA CASE DE VOTRE CHOIX

**. Ci-joint mon règlement par chèque
à l'ordre de SCIENCE & VIE HIGH TECH-BRED**

NOM _____

PRENOM _____

ADRESSE _____

CODE POSTAL _____ VILLE _____

OFFRE VALABLE JUSQU'A FIN 1992 ET RESERVEE A LA FRANCE METROPOLITAINE
RC PARIS B 572 134 773

Etanger: nous consulter

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

ECHOS DE LA VIE PRATIQUE

IMAGERIE

La photo d'identité numérisée

Finies les photos d'identité détestables et détestées ? Le Studio Express 2000 de Polaroid permettra, en effet, au client de voir son image sur un écran vidéo et de varier ses expressions avant le tirage de la photo ; il n'aura qu'à appuyer sur un bouton dès qu'il aura trouvé celle qui lui convient. A cet instant, l'image se figera sur l'écran, permettant un dernier examen plus critique. Après acceptation définitive, la photo sortira sur une imprimante thermique.

Ce procédé n'a plus rien à voir avec la photo argentique. En effet, il fait appel aux technologies électroniques et informatiques. L'équipement se compose d'une caméra vidéo haute résolution, d'un écran vidéo et d'une imprimante à sublimation ther-

mique. La caméra est dotée d'un capteur de 360 000 pixels, d'un zoom autofocus 1,2 de 11-66 mm et d'un réglage macro pouvant aller jusqu'à 8 cm (permettant de couvrir un champ de la dimension d'une carte postale, donc de réaliser des prises de vue de documents et de petits objets).

L'imprimante est capable de délivrer en 90 secondes (30 secondes pour le noir et blanc) une épreuve de qualité photographique avec une résolution de 150 pixels, et 2,1 millions de couleurs ou 125 niveaux de gris.

Pour l'instant, la caméra est au standard américain NTSC et le procédé n'a pas encore été homologué par l'administration pour les documents d'identité officiels.



VIDÉO

Une cassette qui ne craint ni la pluie ni le sable

Sony propose la cassette 8 mm P5-Sports HG pour caméscope, enfermée dans un boîtier hermétique qui la protège des projections d'eau, de poussières ou de sable. Elle convient aux voyageurs et randonneurs. Disponible en 60 min et en 90 min, respectivement à 75 F et 95 F.

IMAGERIE

La réalité virtuelle à la télé

La réalité virtuelle (1) devrait faire son apparition début 1993 sur les écrans de France 2, bien qu'aucun contrat ne soit encore officiellement signé avec Marina Production, dont le programme *le Jeu de la réalité virtuelle* a remporté le premier prix de l'Ecran de la création (catégorie jeu), décerné à l'issue d'un appel d'offre lancé par le service public de télévision. Il s'agit de la version française de l'émission britannique *Cyberzone*, conçue par la société Broadsword, coproduite par Dimension et Marina Production, et qui sera, elle, diffusée sur la BBC à partir de ce mois-ci.

Jeux de rôles nouvelle manière, *le Jeu de la réalité virtuelle* fait intervenir deux équipes de deux candidats s'affrontant en trois manches. Chaque tandem explorateur-guide doit effectuer un parcours dans une ville pour parvenir au point central. Chemin faisant, il a



à déjouer les pièges, naturels ou déclenchés par l'équipe adverse, et à trouver les cibles à énigme leur permettant de marquer des points. Cette ville est totalement virtuelle : elle n'existe que sur l'écran géant placé face aux candidats dans le studio et dans la mémoire de l'ordinateur qui la génère. Cette virtualité n'empêche pas le candidat explorateur de suivre les "rues", ni de traverser les "carrefours", guidé par son acolyte ; celui-ci, grâce à son écran de surveillance, lui

indique directions et obstacles et répond aux énigmes.

C'est, en quelque sorte, le double graphique du candidat qui circule dans le décor en trois dimensions. Le dispositif technique est simple : un tapis roulant muni de capteurs de pression permet à l'ordinateur de connaître la position et l'allure (il marche, court ou s'arrête) du candidat et d'en déduire la position de son sosie de synthèse dans le décor, qui apparaît en temps réel au rythme d'environ 15 images/s. Le logiciel *Superscape*, mis au point à cet effet par la société anglaise Dimension, gère les informations provenant des capteurs et les envoie à cinq PC en réseau, lesquels calculent l'animation des modèles 3D préalablement créés sous cinq angles différents. Si l'on fait abstraction de l'écran, on voit un individu qui court comme un dératé après on ne sait quoi. L'effet est tout à fait désolant et confirme que "la télé rend fou".

(1) Sur la réalité virtuelle, voir *Science & Vie* n° 890 de novembre 1991, p. 126.

SON

Platine laser hi-fi à petit prix

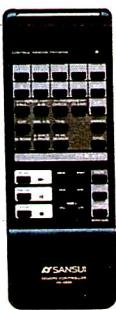
Une technique aujourd'hui très appréciée pour convertir les signaux numériques en signaux analogiques, avant leur amplification et leur transfert aux haut-parleurs, consiste à réaliser cette conversion bit par bit, et non plus par groupes de plusieurs bits. De ce fait, certaines distorsions sont éliminées (notamment les bruits provoqués par la conversion elle-même lors-

qu'elle manque de précision). Le rapport signal/bruit s'en trouve nettement amélioré.

Sansui, constructeur japonais, a adopté cette technique sur son lecteur laser

CD X 617, dont le rapport signal/bruit est donné pour 118 dB, la dynamique pour 98 dB et la diaphonie 95 dB. Cet appareil, qui possède par ailleurs toutes les possibilités

habituelles des platines laser, assure une réponse en fréquences de 4 à 20 000 Hz à 0,5 dB et avec 0,002 % de distorsion harmonique. Prix : 2 990 F.





IMAGERIE

Une imprimante couleur numérique



Réalisée par Sony, l'imprimante thermique UP-D 7000 E, est destinée au traitement d'images en couleurs produites par micro-ordinat-

teur à partir de systèmes Dos, Unix ou Macintosh. Son prix : 100 000 F. Parmi ses qualités, mentionnons : utilisation de supports papier ou transpa-

rents format A4 (21 x 29,7 cm), définition de 16 millions de couleurs, impression en 140 s pour la couleur ou 60 s pour le noir et blanc.

SON

Précision mécanique pour un baladeur

Proposé par Sony, le Walkman DX 100 est doté d'un entraînement appelé "PLL Drive" : celui-ci mesure en permanence la vitesse de défilement de la bande, afin d'ajuster l'alimentation du moteur. De ce fait, le système régule la vitesse pour éliminer les fluctuations provoquées par les vibrations dues à l'utilisation en baladeur. Une télécommande est fournie avec

ce baladeur ; elle facilite les réglages de son et de recherche des programmes.



VIDÉO

Téléviseur à écran 16/9

Progressivement, tous les constructeurs se lancent dans la fabrication de téléviseurs 16/9, le nouveau format d'écran, celui du D2-MAC et de la TVHD. Dernier-né : le Saba M 8180, équipé d'un écran de 81 cm de diagonale. Conçu pour le 625 lignes, numérique, il possède les mêmes perfectionnements que tous les téléviseurs 16/9-625 lignes. Directement utilisable par le SECAM, le PAL et la vidéo NTSC, il peut aussi capter les programmes satellites D2-MAC avec un décodeur spécifique. Prix : 16 000 F.

▲ **Deux films couleurs** viennent d'être lancés, l'Ektachrome 320 T, par Kodak, et le Scotchcolor 400 New, par 3M. L'Ektachrome, destiné à donner des diapositives, est une émulsion lumière artificielle (tungstène) de 320 ISO, utilisable éventuellement à 640 ISO.

▲ **Rectificatif :** Des erreurs de désignation d'un système téléphonique Barphone se sont glissées dans l'écho publié dans notre n° 898 (p. 158). Il y a donc lieu de préciser que le Quintet est un mini-standard téléphonique et le Swing Master un poste de téléphone. Ce dernier peut être connecté à tout type de système téléphonique ou sur le réseau France Télécom. Il comporte huit touches programmables (mémorisation de numéros de téléphone, fonctions d'un système téléphonique), une prise de ligne sans décrocher (pour composer le numéro sans avoir à toucher au combiné) et une fonction Secret micro, laquelle permet à l'utilisateur de parler à son entourage sans être entendu de son correspondant.

PHOTO

Un 24 x 36 pour la pluie et la neige

Dernier-né des compacts étanches, le Nikon AW 35 résiste à toutes les agressions du temps (pluie, neige, humidité), à la boue et aux poussières. S'il a été salé, il se lave simplement à l'eau claire. Son fonctionnement est des plus simples : tout est automatique, jusqu'au flash incorporé. Prix : 1 190 F.



PHOTO

La photo magique selon Agfa

À près Kodak, Fuji et Konica, c'est au tour de l'allemand Agfa de lancer un film conditionné dans un boîtier-photo destiné à un seul usage (dit "jetable"). Dans une présentation très colorée qui suggère l'idée de "photo magique", ce boîtier-film renferme un Agfacolor XRG 400 de 24 poses 24 x 36. Il est disponible avec ou sans flash intégré.



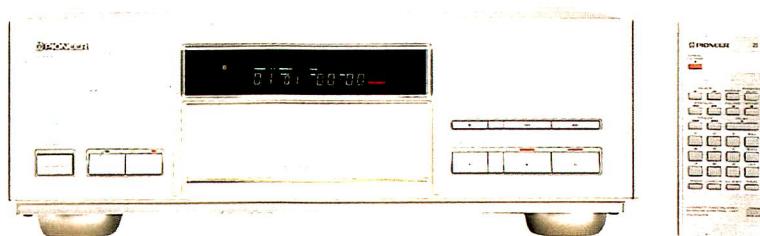
SON

Un super lecteur de disques compacts

Sur nom : Pioneer Legato Link PD 95. Il s'agit, d'après le constructeur, d'une

distorsion harmonique, est éliminé par sommation. Un rapport signal/bruit élevé

pièces, deux panneaux se faisant face ne sont plus parallèles, ce qui interdit



platine CD qui permet «de retrouver la musicalité, les ambiances, la tessiture des instruments, bref les sensations sonores absentes lors de l'écoute avec les lecteurs de disques compacts habituels». Ce résultat est obtenu grâce à trois caractéristiques essentielles :

1. Deux convertisseurs numériques / analogiques à grand débit d'impulsions. Ils intègrent quatre circuits indépendants de mise en forme et huit convertisseurs d'impulsions par voie. Le bruit de fond, ainsi que les composantes de

(112 dB) et une dynamique très étendue (98 dB) caractérisent ces convertisseurs.

2. Afin d'assurer une parfaite protection contre les résonances et les vibrations, certaines pièces du PD 95 ont une forme spéciale et une grande rigidité. C'est notamment le cas de la plaque de fond, du transformateur et des panneaux latéraux qui, grâce à une légère incurvation, facilitent la dispersion et l'atténuation des vibrations, qu'elles soient d'origine interne ou externe. En outre, en raison de la concavité de ces

la formation d'ondes stationnaires.

3. Des précautions ont été prises pour que les signaux analogiques et numériques soient transmis sans altération. D'une part, le trajet suivi par ces signaux est aussi court que possible ; d'autre part, les modules analogiques des voies droite et gauche sont disposés de manière symétrique ; enfin, l'alimentation équilibrée des circuits analogiques permet de réduire les parasites. L'adoption d'un tiroir central participe de la même idée. Prix : 18 990 F.

LES OBJETS DU MOIS



1
**COMMUNIQUEZ
DE N'IMPORTE OÙ**
71 160 F, chez TD Com,
41 rue de Gergovie,
75014 Paris

1 Station de communication mobile par satellite, le Data-C est un peu plus abordable par le grand public voyageur que les dispositifs habituels. Cet émetteur-récepteur portable (38 x 21 x 13 cm, 5,9 kg) transmet les données via les quatre satellites du réseau Inmarsat-C. Il se connecte à un micro-ordinateur PC, ou compatible, doté d'un logiciel spécifique et peut utiliser les courants du monde entier (de 90 à 260 VCA, de 45 à 400 Hz). Les correspondants doivent être munis d'un fax, d'un télex, d'un micro-ordinateur ou d'un simple minitel. Le couvercle plat du Data-C est, en fait, une antenne orientable vers le satellite. Le logiciel permet de configurer les pages d'écran, de taper du texte, de créer des fichiers et contient un répertoire de numéros (téléphone, fax, télex). La vitesse de transmission du Data-C est de 600 bauds dans une gamme de 1,5-1,6 GHz ; les messages peuvent atteindre la taille maximale de 32 Ko. Cet appareil fonctionne à des températures comprises entre 0 °C et 40 °C.

2 Un aspirateur classique conserve un aspect polluant en rejetant dans l'atmosphère les particules les plus fines. Le Filter Plus Luxe de Calor (1 400 W) contient un système de filtre qui élimine cet inconvénient. Il

retient 99 % de la poussière aspirée, y compris la plupart des agents allergènes (pollens, micro-organismes, acariens, etc.). Ce dispositif se compose d'un sac en papier avec une double paroi contenu dans un panier amovible ; de deux filtres d'entrée d'air en mousse autour du moteur, dont l'un est lavable ; et d'un filtre supplémentaire composé de plusieurs couches de cellulose non tissée. C'est ce dernier filtre, le Micro-Filter Plus, qui aspire, en effet, les particules habituellement rejetées dans l'air lors du nettoyage ; il suffit de le changer tous les six mois. Cet aspirateur présente en outre les caractéristiques pratiques des appareils classiques.

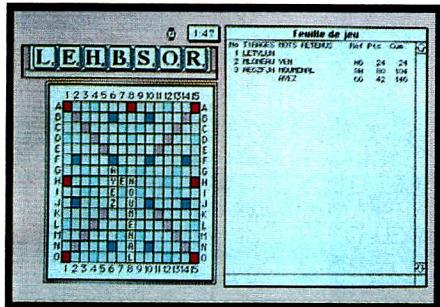
3 Une jeune société française, Universoft, a mis au point un logiciel pour jouer au *Scrabble Duplicate* (version de compétition du jeu) sur les ordinateurs Macintosh. L'équipe de joueurs (leur nombre est illimité...) commence par désigner un arbitre, qui pilote le logiciel. L'écran présente un plateau de jeu, avec les cases de différentes couleurs (ou

différents grisés) et valeurs, un chevalet et une case dans laquelle s'effectue le tirage des sept lettres. On peut choisir un des tirages proposés par l'ordinateur ou faire son propre choix. La sélection s'inscrit en lettres carrées sur le chevalet et le chronomètre se déclenche aussitôt (de 2 min à 3 min réglementaires). Une fois le mot choisi, l'arbitre arrête le chronomètre et inscrit le mot sur le plateau. Le logiciel peut aussi indiquer sa propre sélection de mots et leurs valeurs. Presque à chaque coup, il est en mesure de proposer des scrabbles utilisant la totalité des sept lettres et rapportant cinquante points supplémentaires. Sur une feuille de jeu, apparaissent à l'écran le numéro du tirage, les lettres, le mot réalisé, sa valeur et le cumul des points depuis le début de la partie. Si l'on doit arrêter en cours de jeu, on peut sauvegarder et imprimer la feuille de jeu. Pour les joueurs tenaces...

4 Pour les inconditionnels du golf qui jouent par tous les temps, le Caddy Minn Kota, distribué par la société Mitchell, résiste à l'humidité. Cet appareil démontable (76 x 35 cm ou 148 x 76 x 95 cm monté, 17 kg), sur trois roues, est équipé d'un moteur fonctionnant sur batte-

2
**L'ASPIRATEUR QUI
NETTOIE L'AIR**
1 700 F à 2 000 F,
dans les grandes
surfaces
d'électroménager





3 LE SCRABBLE SUR MACINTOSH

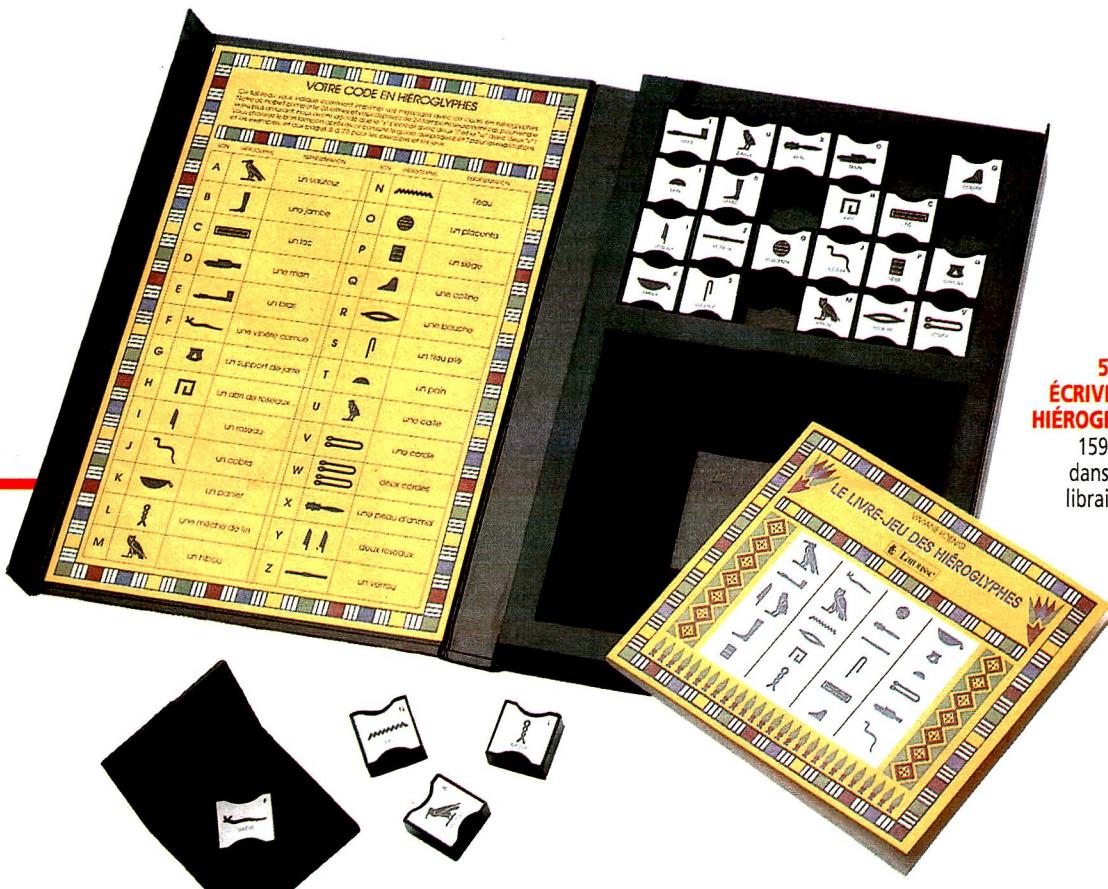
490 F, chez
Universoft,
43 rue Damrémont,
75018 Paris
et dans les Fnac

rie. Le moteur, la batterie et les autres parties électriques sont englobés dans un carénage étanche, excluant tout risque de panne due à la corrosion. La batterie fournit une autonomie de douze heures grâce au système Maximizer, qui économise l'énergie. L'appareil, doté d'une poignée fixe, se manœuvre d'une main et, même poussé par erreur dans une mare, continue de fonctionner.

5 Ludique et didactique, voici, à l'intention des 7-12 ans, *le Livre-jeu des hiéroglyphes*, de Viviane Konig. Édité par Larousse, ce livre explique les particularités de l'écriture égyptienne :

elle utilise à la fois les idéogrammes – c'est-à-dire les dessins représentant un objet, un être ou une action simple – et les phonogrammes, des signes qui évoquent des sons. Grâce à un coffret contenant 24 tampons, reproduisant chacun un hiéroglyphe connu, un tampon-encreur et un livret, il ouvre la voie à des jeux pratiques. Les tampons servent ainsi à décorer ou à composer des messages codés en remplaçant chaque lettre de notre alphabet par un hiéroglyphe. Le livret donne plusieurs idées de jeu. On y trouve aussi des informations sur la civilisation et le système de calcul des anciens Egyptiens. Ce jeu devrait également séduire les plus grands.

**4
UN CADDY MOTORISÉ**
4 900 F environ,
au Comptoir du Golf,
22 av. de la Grande-Armée,
75017 Paris
et aux Galeries
Lafayette.



**5
ÉCRIVEZ EN
HIÉROGLYPHES**
159 F,
dans les
librairies

LES OBJETS DU MOIS



6 Pour mieux voir la nuit sur la route, Valéo a conçu des projecteurs, dits à surface complexe qui, entre autres, permettent le passage code/phare sans l'habituel "trou noir". Avec un phare classique, cette transition est réalisée à l'aide d'un cache qui coupe le code et entraîne une perte de 45 % du flux lumineux pendant un laps de temps très court. Le nouveau projecteur de Valéo laisse le code allumé en permanence, éliminant le danger de la perte de lumière. La surface du réflecteur a été calculée par ordinateur et projette un faisceau lumineux directif, avec peu de déperdition et, précise le constructeur, sans éblouissement pour les conducteurs venant en face. De ce fait, la vitre protégeant la lampe est lisse et ne nécessite plus les stries utilisées auparavant pour corriger le flux lumineux. Ces phares sont déjà montés en série sur plusieurs véhicules, dont la Renault Safrane, la Saab 9000, la Nissan Primera, la Peugeot 605 ; on les trouve en kit pour un certain nombre de véhicules de tourisme français et allemands, en remplacement des phares classiques.

7 On pouvait déjà connaître la température d'un aliment cuit, on peut maintenant tester son contenu salin. Le Selomètre, présenté par l'Homme moderne, est un petit instru-

ment électronique (24 g, 19 x 2,6 x 1 cm) doté d'une sonde. Sa pointe est faite d'un alliage contenant de l'or, métal conducteur. Piquée dans les aliments, elle détecte en quelques secondes le courant qui les traverse. Comme la plupart des aliments contiennent de l'eau, le sel augmente leur conductivité : plus celle-ci sera forte, plus la salinité indiquée par l'instrument sera élevée. Sur une échelle graduée, une diode électroluminescente indique la teneur en sel, de 0,4 % à 1,4 % (c'est-à-dire de 0,4 g à 1,4 g de sel pour 100 cm³ d'aliment). Selon la température de test (entre 15 °C et 45 °C), la marge d'erreur varie de $\pm 0,1\%$ à $\pm 0,2\%$. Si la teneur en sel est supérieure au maximum indiqué par l'appareil, tous les voyants se mettent à clignoter ensemble. Fonctionne sur piles -bouton.

8 Eliminer les pertes d'eau d'un robinet qui fuit en détruisant le tartre qui s'y forme, c'est la performance réalisée par le mitigeur Biarritz de Jacob Delafon. Sous l'aspect d'un robinet-mitigeur ordinaire de belle finition, il recèle, à l'intérieur, une petite cartouche dont le corps est composé de ma-

6
DU CODE AU PHARE SANS TROU NOIR
de 2 000 F à 3 000 F,
dans les Centrauto
ou chez les
concessionnaires
Valéo.

teriaux polymères thermoplastiques de faible réactivité chimique, empêchant le tartre d'y adhérer. Cette cartouche est munie de deux disques en céramique (oxyde d'aluminium mélange à du kaolin pour augmenter la résistance aux chocs thermiques). La dureté de ces disques est proche de celle du diamant. Les grains de calcaire (qui détériorent les classiques joints en élastomère) sont broyés par le glissement de l'un des deux disques, mobile, sur l'autre, fixe. Le poli parfait des deux surfaces, étudiées au micromètre, et leur planéité garantissent l'efficacité du système anti-tartre et l'étanchéité.

9 Plus besoin de tremper son pinceau dans un pot dégoulinant de peinture. Wagner propose un pinceau automatique, le W1000. C'est un ensemble portable, constitué d'un seau (0,80 l) dont le couvercle contient une pompe électrique alimentée par piles. Celle-ci est reliée au pinceau par l'intermédiaire d'un tuyau (1,35 m de long). A son extrémité, une poignée de réglage permet à l'utilisateur

7
SURVEILLEZ LE SEL
175 F, sur le catalogue
de l'Homme Moderne,
rue de la Scierie,
Z.I., 94375 Sucy-en-Brie





**8
UN ROBINET
BROYEUR**

1 310 F à 2 000 F,
selon le modèle,
chez les détaillants
en produits
Jacob Delafon.

de maîtriser parfaitement le débit de peinture et d'éviter les coulures. La réserve fermée évite à la peinture de sécher. L'autonomie de la pompe est d'environ douze heures.

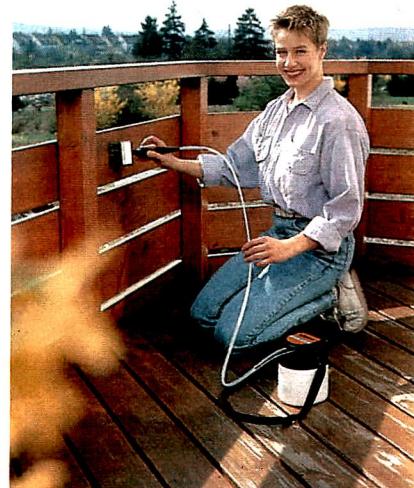
10 La firme Citizen met ce mois-ci sur le marché trois petites imprimantes matricielles à 24 aiguilles sous la référence Swift 2, procurant des images de haute définition : modèle 240 C pour l'impression couleur, modèles 240 et 200, pour le noir et blanc, pouvant recevoir la couleur en option. Leur fonctionnement est silencieux (43 dBA). Les 240 et 240 C possèdent neuf polices de caractères, dont

deux vectorielles, avec une définition de 8 à 40 points (de quoi obtenir des titres de qualité). La 200 est dotée de six polices de caractères. Toutes sont utilisables avec IBM Proprinter, NEC P 20 et, bien sûr, Citizen. Les 240 et 240 C le sont aussi avec Epson LQ 570, tandis que le modèle 200 l'est avec Epson LQ 500/580.

▲ Les échos de cette rubrique
ont été réalisés par Roger Bellone, Isabelle Bourdial, Pierre Courbier, Alex Kovaleff, Christine Mercier, Paule Sully et Christine Tréguier.

**9
UN PINCEAU PROPRE**

420 F, dans les grandes surfaces de bricolage



**10
DES IMPRIMANTES
PERSONNELLES**

3 700 F à 4 700 F,
selon le modèle.
Renseignements chez
Omnilog, 11 rue de
Cambrai, bât. 028,
75019 Paris



LA VOIX PHOTOGRAPHIÉE

(suite de la page 35)

l'intonation n'est pas absente ; nous l'utilisons pour exprimer des sentiments divers, par exemple la surprise, la colère, la peur par une inflexion montante, l'ennui ou la tristesse par une inflexion descendante. On n'a pas la même intonation selon que l'on demande à son patron une augmentation, à son plombier de venir réparer une fuite, ou à ses enfants de ranger leur chambre. La valeur intonative d'une voix est d'ailleurs tellement spécifique d'un individu qu'elle permet de l'identifier par son "empreinte vocale".

Le français ne possède pas, ou pratiquement pas, d'accent tonique autre que celui qui porte sur la dernière syllabe des mots. C'est très différent en anglais, où l'accent tonique est mobile et permet de différencier, par exemple, le substantif *export* (exportation) du verbe *export* (exporter). De même qu'à l'intérieur d'une même phrase en anglais, le déplacement de l'accent sur tel ou tel mot est très riche de sens. Ce n'est pas là la moindre des difficultés d'apprentissage de l'anglais pour un français, dont l'oreille n'est pas entraînée à ces variations d'accentuation et qui n'en

perçoit pas les différences de nuances. Les facteurs prosodiques de la parole ont leur corollaire dans la langue écrite, qui cherche à reproduire l'intonation et le rythme de la voix par la ponctuation.

Les physiologistes ont créé de nombreuses classifications de la voix chantée, où se mélangent souvent, dans une certaine confusion, le vocabulaire de l'art lyrique et celui de la science acoustique. On utilise beaucoup le système anglo-saxon basé sur trois registres s'étendant du grave à l'aigu ; et correspondant à des mécanismes vibratoires spécifiques :

- le *vocal fry*, voix hyper-grave où les impulsions laryngées sont tellement ralenties, que l'oreille les distingue l'une de l'autre et croit percevoir une sorte de bruit de friture – la signification de *fry* en anglais ;
- le *modal register*, registre moyen, le plus utilisé, lui-même subdivisé en voix de poitrine, voix mixte et voix de tête ;
- le *falsecetto*, ou voix de fausset. Ce terme a servi à désigner la voix "naturelle" du castrat d'autrefois, ou sa forme "artificielle" pratiquée par les "haute-contre" et qui revient à l'honneur pour l'interprétation des musiques anciennes, ces voix seraient plutôt à placer dans les voix de tête, mais peuvent glisser vers le *falsecetto*.

N° 180 SEPT 1992

SCIENCE & VIE HORS SÉRIE

COMMENT LES JEUNES JUGENT : LES SCIENCES (P. 10)
LEUR ENSEIGNEMENT (P. 18)

COMMENT MIEUX ENSEIGNER : LES MATHÉMATIQUES (P. 46) LA PHYSIQUE (P. 84)

POUR EN FINIR AVEC LE MÉPRIS DU TECHNIQUE (P. 106)

ENQUÊTE

COMMENT FURENT CONCUS LES NOUVEAUX PROGRAMMES ? (P. 132)

M 2579 - 180 - 25,00 F - 1992

Ce numéro hors série de SCIENCE & VIE dresse un bilan critique de l'enseignement des sciences en France et vous dit comment ont été conçus les nouveaux programmes. Quelles solutions pour une formation réellement moderne ?

SCIENCE & VIE
HORS SÉRIE

EN VENTE PARTOUT

Cette classification repose sur la qualité du son laryngé, déterminé par le mode de vibration des cordes vocales. En général, le registre vocal est étroitement lié à la fréquence fondamentale de la voix parlée. Les registres peuvent d'ailleurs se chevaucher sur certaines fréquences. En voix chantée, les changements de registre - "passages" en langue professionnelle - doivent s'exécuter "en souplesse" et rester imperceptibles à l'oreille de l'auditeur, sans quoi la qualité du chant est altérée. La pédagogie du chant, au-delà de la seule culture de la voix, inclut la participation du corps tout entier, tant au point de vue du souffle que des muscles vocaux. Les compositeurs contemporains demandent aux artistes d'utiliser, en plus de la voix chantée du répertoire traditionnel, la voix criée, parlée, chuchotée, psalmodiée. Les partitions de Pierre Boulez, par exemple, font appel à des effets vocaux qui transcendent les limites naturelles de la voix. L'enseignement du chant, autrefois principalement axé sur la pose de la voix, par des exercices de respiration, d'agilité vocale, de diction, d'interprétation, est maintenant poussé jusqu'à devenir une véritable gymnastique des organes phonatoires aux confins de l'acrobatie sonore.

Dr Elisabeth Fresnel-Elbaz

Dr Jeanne Cousin

SIDA : LE VIRUS TRAHI PAR SA SIGNATURE

(suite de la page 53)

tionnel, la possibilité d'une transmission d'un virus par un professionnel de santé au cours de soins entraînant un saignement est établie.

Les mesures de désinfection des instruments - déjà mises en œuvre par toutes les professions concernées pour la prévention du sida, mais aussi des autres maladies infectieuses et notamment de l'hépatite virale B - doivent être appliquées à la lettre.

Des erreurs aux conséquences comparables à celles qui ont été commises par les centres de transfusion ne doivent pas survenir dans d'autres branches de la santé.

L'utilisation de protections adéquates (gants notamment) au cours des actes médicaux invasifs devrait devenir une obligation.

Il serait bon d'imiter les chirurgiens qui utilisent des instruments parfaitement stériles et des gants depuis bien longtemps, même si ces derniers gênent l'exécution de gestes très délicats.

Jacques Happa

Nouvelle méthode plus facile, aux résultats rapides

Dans 3 mois, vous pouvez parler couramment l'anglais ou l'allemand

**Avec la Méthode Réflexe-Orale,
vous apprendrez une autre langue comme
vous avez appris votre langue maternelle.**

Connaître une langue, ce n'est pas déchiffrer lentement quelques lignes d'un texte écrit. Pour nous, connaître une langue, c'est comprendre instantanément ce qui vous est dit et pouvoir répondre immédiatement.

Rien à apprendre par cœur. La Méthode Réflexe-Orale a été conçue pour arriver à ce résultat. Elle est basée sur les mêmes mécanismes que ceux qui apprennent à un enfant sa langue maternelle. Non seulement elle vous donne de solides connaissances, mais surtout elle vous amène infailliblement à parler la langue que vous avez choisi d'apprendre. C'est une méthode progressive, qui commence par des leçons très faciles et vous amène peu à peu à un niveau supérieur. Sans avoir jamais quoi que ce soit à apprendre par cœur, vous arriverez à comprendre rapidement la conversation ou la radio, ou encore les journaux, et vous commencerez à penser dans la langue et à parler naturellement. Tous ceux qui l'ont essayée sont du même avis: la Méthode Réflexe-Orale vous amène à parler une langue dans un délai record. Elle convient aussi bien aux débutants qui n'ont jamais étudié une langue qu'à ceux qui, ayant pris un mauvais départ, ressentent la nécessité de rafraîchir leurs connaissances et d'arriver à bien parler. Les résultats sont tels que ceux qui ont suivi cette méthode pendant quelques mois semblent avoir étudié pendant des années ou séjourné longtemps en Angleterre ou en Allemagne.

Dans 2 mois vous serez déjà «débrouillé». La Méthode Réflexe-Orale a été conçue spécialement pour être étudiée chez soi. Vous pouvez donc apprendre l'anglais ou l'allemand chez vous à vos heures de liberté, où que vous habitez et quelles que soient vos occupations. En consacrant moins d'une demi-heure par jour à cette étude qui vous passionnera, vous commencerez à vous «débrouiller» dans deux mois et, lorsque vous aurez terminé trois mois plus tard, vous parviendrez à parler couramment avec un accent impeccable, ce qui d'ailleurs a stupéfié des spécialistes de l'enseignement.

Demandez la cassette d'essai gratuite. Commencez dès que possible à apprendre la langue que vous avez choisie avec la Méthode Réflexe-Orale. Rien ne peut vous rapporter autant avec un si petit effort. Dans le monde d'aujourd'hui, parler une langue est un atout essentiel à votre réussite. Demandez vite la leçon d'essai et la cassette gratuites qui vous sont offertes ci-dessous.



GRATUITS

1 cassette + 1 leçon + 1 brochure
Bon à retourner à Service A, Centre d'Etudes,
1, avenue Stéphane-Mallarmé, 75847 Paris
Cedex 17. Envoyez-moi gratuitement et sans
engagement, votre brochure «Comment
apprendre l'anglais ou l'allemand et parler
couramment» ainsi que la leçon d'essai et la
cassette:



Anglais ou Allemand

(Joindre 3 timbres pour frais; pour pays hors Europe joindre
5 coupons-réponse.) A 14W

Mon nom: Mon prénom:
(majuscules SVP)

N° et Rue:

Code postal: Ville:

SETI : À LA RECHERCHE DES EXTRA-TERRESTRES

(suite de la page 90)

à 24 000 années-lumière (5). La même expérience fut réalisée en direction du centre galactique par l'Observatoire de Nançay en janvier 1987. Le seul signal intéressant vint d'un pulsar (6).

Les ovnis, bien sûr, susciteront beaucoup de (fausses) alertes (7). En janvier 1992, par exemple, deux astronomes de l'European Southern Observatory, au Chili, remarquèrent dans le ciel des Andes un «objet brillant, diffus, se déplaçant vers le nord, à 15° au-dessus de l'horizon. Mais, à l'analyse des observations, ils finirent par pencher pour un objet naturel passant très près de la Terre, par exemple un très petit noyau de comète» (4). Depuis l'aventure de ce pilote américain qui affirmait en 1947 avoir vu les premières soucoupes volantes, aucune preuve scientifiquement valable n'a été apportée. Dans la plupart des cas, il s'agit d'illusions dues à des ballons-sondes de la météo, des étoiles filantes, des avions ultra-secrets (comme en Belgique l'année dernière) ou des corps célestes.

Il fallait encore séduire le Congrès, pour obtenir des fonds. Mais celui-ci renâcle. Pourtant, le coût du programme est infime en regard de ceux d'autres missions de la NASA (8). Pourquoi cette mauvaise volonté ? Peut-être parce que les hommes politiques s'imaginent qu'on va chercher des soucoupes volantes. «Il y a une confusion absolue entre les ovnis et le SETI, s'indigne Heidmann. Les 100 millions de dollars, qui s'étalent sur dix ans, ne concernent que le projet d'écoute de l'Univers. Pour l'instant, la NASA a reçu 24 millions de dollars depuis 1990. Toutefois, selon John Billingham, responsable du SETI, le budget pourrait être voté par le Congrès dans quelques jours. En revanche, rien n'est moins sûr pour les années suivantes. Si aucun signal n'est détecté rapidement, les crédits qui doivent être reconduits chaque année seraient, à n'en pas douter, bloqués par quelques sénateurs américains.

Philippe Richard

(5) Ce message, émis sur 2 380 MHz, avait envoyé 1 679 caractères. Ils indiquaient les nombres de 1 à 10, les numéros des cinq atomes importants (hydrogène, carbone, oxygène, azote, et phosphore), les formules du sucre et des bases d'ADN, un schéma de la double hélice de l'ADN, une représentation d'un être humain et un schéma de l'instrument utilisé pour l'émission des signaux.

(6) Etoile de quelques dizaines de kilomètres de diamètre qui émet des impulsions radioélectriques très régulières avec une période de l'ordre de la seconde ou de la milliseconde.

(7) Voir les numéros 751 et 831 de *Science & Vie*, tous les deux page 28 !

(8) Le programme Apollo a coûté 24 milliards de dollars entre 1962 et 1973.

DES TOXINES TRANSFORMÉES EN MÉDICAMENTS

(suite de la page 42)

rieur. La dissémination du VIH dans l'organisme devrait ainsi se trouver stoppée.

Bien que l'idée soit ingénieuse, les premiers essais, effectués par Patrice Boquet et Patricia Aullo sur des cellules en culture infectées par le virus, sont en partie décevants. Malgré un effet indéniable, ils n'ont pu éliminer entièrement le virus. De nombreuses étapes restent encore à franchir avant de pouvoir en faire un moyen de lutte efficace contre le sida. Notamment, comme le souligne P. Boquet, il ne faut pas perdre de vue qu'un produit de ce genre peut devenir très dangereux et doit être administré au bon moment. En tuant les cellules T4, qui jouent un rôle fondamental dans les défenses immunitaires et dans lesquelles le virus se réplique, on élimine le virus, certes, mais on détruit aussi le système immunitaire. Ce serait la porte ouverte à toutes les infections opportunistes et l'effet inverse de celui désiré : le décès très rapide des malades. L'hybride CD4-toxine ne peut donc pas être utilisé en phase terminale de la maladie, quand tous les lymphocytes T4 sont infectés, mais à un stade plus précoce, alors que seule une petite partie d'entre eux contient le virus en train de se répliquer. La toxine hybride tuera ces cellules et laissera les autres intactes. Mais définir le meilleur moment au cours de la maladie pour administrer le produit demandera encore de longues études. Par ailleurs, si la molécule CD4-toxine fait ses preuves, elle sera probablement incluse dans des traitements en association avec d'autres molécules comme l'AZT ou le DDI, car on a plus de chances d'éliminer le virus en l'attaquant par tous les côtés.

Alors que nous voyons déjà des applications multiples se profiler pour les années à venir, l'utilisation des toxines ciblées n'en est encore qu'à ses balbutiements. Les molécules décrites ici ne sont que des prototypes qui seront certainement modifiés. Selon P. Boquet, on pourra, dans un avenir proche, concevoir des molécules beaucoup plus performantes, capables, par exemple, d'anéantir un virus à l'intérieur d'une cellule sans tuer celle-ci. De l'élimination en douceur, en somme. Certes, ce n'est pas pour demain, mais nous voyons apparaître là une catégorie de médicaments entièrement nouveaux : non plus des produits aux propriétés très larges, ayant souvent d'importants effets secondaires, mais des molécules modifiées génétiquement pour agir très exactement comme on l'aura souhaité.

François Boissier

ELECTROCHOC SUR LE CANCER

(suite de la page 46)

Autre atout majeur de ce traitement, esquiver enfin l'épineux problème de la résistance anticancéreuse. Car, souvent, le traitement, tout d'abord très efficace, perd progressivement de son agressivité pour se révéler, à terme, totalement inopérant ; les cellules sont devenues résistantes, ce qui signifie qu'elles sont désormais capables d'ingurgiter des quantités phénoménales de drogues antitumorales sans en être pour le moins altérées. Les cancérologues connaissent actuellement un peu mieux ce phénomène qui représente un des problèmes majeurs de la chimiothérapie ; il semble que les cellules résistantes développent un mécanisme de pompage, capable d'éjecter avec pertes et fracas toute substance anticancéreuse ayant franchi le seuil membranaire. Résultat, la drogue entre mais ne reste pas.

Or la bléomycine n'utilise pas le circuit classique pour ses va-et-vient dans la cellule, ce qui la met totalement à l'abri du mécanisme de résistance dit de "multidrogue résistance". Cela n'exclut évidemment pas l'émergence d'autres systèmes de résistance, mais en restreint beaucoup la probabilité.

Aujourd'hui, on utilise la bléomycine (associée à d'autres drogues) uniquement dans le traitement des carcinomes (cancer des muqueuses et des glandes) épidermoïdes et de certains lymphomes. Mais, avec le second souffle apporté par la technique de Villejuif, tout devient possible. Ne pourrait-on l'employer, associée à l'électrothérapie, dans le traitement des mélanomes ou des carcinomes avec la même efficacité que chez la souris ? Et pourquoi pas pour soigner d'autres cancers ?

Lorsqu'on lui pose ces questions, Mir se dérobe. Le sujet est trop grave pour qu'on tolère les supputations. Et il reste des incertitudes. Certes, le traitement s'est révélé efficace au-delà de tout espoir sur de très nombreuses tumeurs murines ; certes, aucun effet secondaire n'est à déplorer chez l'homme. Cependant, l'histoire de la cancérologie regorge d'exemples de substances dont le parcours s'est subitement interrompu pour cause de non-efficacité chez l'homme. Prudence donc, et patience. En ce qui concerne les nodules cutanés, il faudra attendre probablement plusieurs années avant de voir l'électrochimiothérapie utilisée en routine.

Marie-Françoise Lantieri

DIPLOMES DE LANGUES

anglais allemand espagnol italien

Visez européen !

Assurez-vous la maîtrise d'au moins deux langues étrangères, et une compétence linguistique opérationnelle, sanctionnée par des diplômes officiels :

- o Examens européens de langues
- o Chambre de Commerce Etrangères
- o Université de Cambridge

Examens, diplômes, préparation tous niveaux accessible à tous, dans toute la France... Tout est dans la documentation complète (et gratuite !) de :

**LANGUES & AFFAIRES, sce 5326
35, rue Collange - 92303 Levallois.**

Tél. : (1) 42.70.81.88



**POURQUOI
ACCEPTER
D'ÊTRE
CHAUVE ?**

La chirurgie Esthétique vous permet par une technique sûre, efficace et indolore, **de retrouver définitivement vos vrais cheveux**.

Grâce à un progrès technique spectaculaire, les **MICROGREFFES** permettent de reconstituer la **ligne frontale de façon naturelle**.

**Clinique du Rond-Point des Champs-Elysées
61, av. F.D. ROOSEVELT, 75008 PARIS
43.59.49.06 / 43.59.71.63**

Consultation gratuite ou documentation envoyée sur demande

NOM 92

ADRESSE 92

92

HIBERNATUS, L'ÉNIGME VENUE DU FROID

(suite de la page 81)

haute montagne est encore à cette époque le domaine réservé des sorciers et des prêtres, sans doute pour l'observation des étoiles et les pratiques magiques. Objection : le culte d'Atys est originaire des plateaux d'Anatolie, en Asie Mineure. Il n'est passé chez les Grecs, puis en Europe, que vers le milieu du II^e millénaire, soit quelque trois mille cinq cents ans après la mort d'Otzi. Le point est important, car le Pr Platzer, qui a la garde d'Otzi dans un réfrigérateur du sous-sol de l'institut médico-légal d'Innsbrück, veut, au moyen d'un endoscope, aller vérifier ses organes internes. Si les vésicules séminales sont atrophiées, ce sera la preuve, dit-il, qu'Otzi a été castré avant sa mort. A suivre...

Nous nous en voudrions de laisser entendre que la partie est entièrement perdue. L'homme du Similaun peut encore offrir des informations à la science. Le Pr Pääbo, de l'université de Munich, a reçu lui aussi des échantillons de tissu osseux appartenant à la momie : l'ADN s'y conserve mieux, et plus longtemps. Ce biologiste projette d'en extraire à partir des cellules osseuses d'Otzi, comme on l'a déjà fait pour les pharaons. On pourra peut-être ainsi en reconnaître le sexe génétique, la famille de groupes tissulaires HLA (les gènes commandant la structure de reconnaissance du soi et du non-soi) et peut-être son ethnie d'origine. Jean-Jacques Jaeger, du CNRS, à Paris, pense que, si les structures cellulaires sont conservées, la technique d'amplification du matériel génomique devrait facilement pécher et amplifier des séquences génétiques vieilles de cinq mille ans. «Songez que de l'ADN de chloroplastes de feuilles de magnolia vieilles de dix-huit millions d'années, découvertes dans la Columbia River Formation [en Colombie Britannique], a ainsi été récupéré !»

Espoirs excessifs pour le Pr André Langaney, généticien des populations au musée de l'Homme à Paris : «On ne peut pas tirer d'informations généalogiques, ou faire de comparaisons génétiques entre individus. Il risque d'exister plus de différences – si l'on compare un gène – entre un pharaon égyptien et un paysan du Nil, qu'entre le pharaon et Otzi. Il faut donc raisonner en statistique génétique, avoir étudié les gènes de nombreux individus d'une même population pour oser prétendre à des résultats.» De plus, il est possible que l'ADN d'Otzi ait continué, lui aussi, à vieillir. Des disparitions de nucléotides, ou des substitutions spontanées, auraient alors altéré ses séquences, et ce que l'on pêcherait ne serait plus tout à fait le matériel génétique d'origine. Sans parler des

risques de contamination, évoqués par le Pr Langaney : «On risque même d'amplifier, avec la polymérase [«la machine à photocopier les gènes» (1)], l'ADN des mains des archéologues fouilleurs, ou celui des cloportes, des pissenlits, des lichens ou des champignons microscopiques du tombeau de glace.»

La rumeur parallèle hypothèque encore les aléas, mystères et erreurs du dossier de l'homme du Similaun. Elle n'a rien de scientifique, mais elle mérite d'être rapportée. Elle est centrée sur la personnalité de Meissner, qu'on a croisé à plusieurs moments de la découverte à laquelle il était pourtant étranger : il n'a pas trouvé Otzi et ne possède aucune compétence scientifique établie. C'est un baroudeur d'un courage réputé, mais également enclin, comme son groupe d'amis, à des canulars déconcertants. On dit de lui, avec un mélange de malice et d'admiration, qu'il a, non pas «une araignée au plafond», mais «un kiosque dans le Matterhorn», selon la version autrichienne. Expression imagée, car seul un rêveur obstiné irait vendre des journaux dans le Matterhorn, notre Cervin, qui s'élève à 4 478 m au-dessus de Zermatt. Expression qui a aussi inspiré une farce digne des *Copains* de Jules Romains : pendant plusieurs jours, et à son insu évidemment, ses amis construisirent une plate-forme sur le Cervin, justement. Puis, la veille d'une course programmée par Meissner pour un client, ils hélitreuillèrent là-haut un authentique kiosque à journaux. On imagine sans peine les expressions du guide et de son client parvenus au sommet ! Voilà donc des gens déterminés, sportifs et même casse-cou, amateurs de plaisanteries hautes en couleur, et prisant peu les pédants. Le genre de mystificateurs qui iraient piloter sous l'eau du Loch Ness une saucisse géante de caoutchouc pour ranimer la légende du monstre. Comment ne pas se demander si Meissner et ses amis n'auraient pas bousculé quelque peu l'archéologie... ?

La momie est ancienne certes, les datations l'attestent, mais on mesure, une fois de plus, combien il eût été utile que les prélèvements confiés pour ces analyses eussent été effectués en présence de tiers. Car des momies, peut-être n'est-il pas si difficile d'en fabriquer ? Lors d'une conversation avec *Science & Vie*, le Pr Platzer s'est déclaré capable de faire des Otzi artificiels : «Ce n'est pas très difficile de faire des *cold mumies*. En deux semaines, grâce à une de nos méthodes de congélation, je peux en chambre froide en reconstituer une.» Déshydraterait-il le corps pour lui donner l'aspect lyophilisé ? «Non, car la dessication trop brutale par le froid rend le corps cassant, les os ne résistent pas.» Mais, le résultat de cette expérience donnerait-il une momie ressemblant à Otzi ? «Oui. Confessons ici

notre perplexité. Théoriquement donc, on pourrait fabriquer une momie de ce genre et l'abandonner sur un glacier en compagnie de quelques vestiges prélevés dans les réserves d'un musée... Nous ne disons certes pas que c'est ce qui s'est passé ; nous déplorons à notre tour que les carences de l'enquête, tout comme les déménagements de sites, laissent une brèche à pareilles questions.

Nous regrettons également que la découverte de l'homme du Similaun ait si vite échappé à la science pour devenir la propriété d'un "consortium" médiatico-universitaire, régi par l'université d'Innsbrück. Même la gestion des manuscrits de la mer Morte, qui pourtant fait scandale, n'a pas souffert d'une telle mainmise, verrouillée par des accords draconiens d'exclusivité. On y trouve, certes, la RAI (Italie), l'ORF (Autriche), le magazine allemand *Stern* et la chaîne *Stern TV*, ainsi que le cabinet d'avocats Greiter, Pegger, Koffler, d'Innsbrück. Le compte bancaire sur lequel sont versées les royalties est, d'ailleurs, au nom de ce groupe d'avocats et non sous la gestion de l'université. Nous eussions aimé voir aussi dans ce groupe quelques scientifiques spécialisés dans les problèmes d'Otzi, des instituts étrangers parfois plus riches en compétences que celui d'Innsbrück. Les droits télévisuels et photographiques ont déjà rapporté des centaines de milliers de DM et de SCH ; quelque 350 000 F rien que pour l'exclusivité photographique ! Nous nous en réjouissons pour l'université d'Innsbrück, autrefois célèbre, mais qui souffre aussi de la dureté des temps. Est-il bien sûr que des organismes étrangers, américains, français, japonais ou allemands, n'aient pas contribué financièrement aussi à déchiffrer l'éénigme de l'homme du Similaun ?

Le dossier serait-il solidement étayé qu'on se consolerait de l'embargo ; ce n'est pas le cas. Patrice Brun, du CNRS, relève qu'il n'y a eu «aucune publication savante à ce jour», et Henri de Lumley, du musée de l'Homme, qu'il n'y a rien que des articles dans *Bild der Wissenschaft* et *Stern*. Les spécialistes associés aux recherches, Van Klinken, Bonnani et Arnold, déjà cités, n'ont pas, non plus, soumis leurs résultats à des revues à comités de lecture. Tout se passe comme si cet état de choses gênait le "consortium" évoqué plus haut, car les avocats de l'université, interrogés par *Science & Vie*, ont nié l'existence de contrats d'exclusivité interdisant aux chercheurs de publier quoique ce fut avant la conférence de presse anniversaire du 19 septembre 1992 et la sortie du livre de Konrad Spindler⁽⁸⁾, programmée pour la Foire du livre de Francfort, en octobre. Pourtant, le Dr Bon-

(8) Voir *Science & Vie* n° 869, p. 39.

(9) *L'Homme du glacier*, à paraître.

nani et le Dr Cabacho ont formellement reconnu l'existence de tels contrats. Le premier nous a même précisé qu'il n'avait pas eu le temps de le signer.

On s'étonnera de même qu'au symposium organisé autour d'Otzi en juin dernier, à Innsbrück, l'université n'ait pas invité des chercheurs, comme Arnold et ses collaborateurs, qui ont activement participé à la datation, mais y ait convié d'autres scientifiques qui n'avaient pas participé à ces travaux, comme Henri de Lumley. Excentricité de plus, qui ne plaide guère pour la courtoisie des organisateurs : des gens tels qu'Arnold n'étaient même pas avisés de la réunion et ce fut notre journal qui en informa ce chercheur. Inutile de dire que les résumés des communications ne sont pas transmis à la presse. L'information médiatique n'y a rien gagné : pour cause d'exclusivité, la BBC et le célèbre *National Geographic Magazine* ont été interdits d'information. Pis : la Bayerische Rundfunk TV est poursuivie par l'université pour avoir diffusé un film critique sur Otzi, dans le programme *Bayern Live*. Le secret, l'argent, l'ambition ont compromis la découverte : même si Otzi est une vraie relique de notre passé, l'université d'Innsbruck aura désormais bien du mal à la prouver.

**Jean-Michel Bader
et Michael Heim**

LA CULTURE GÉNÉRALE

clé de votre réussite aujourd'hui !

Oui, dans toutes vos relations, pour tous les emplois, on vous jugera sur votre culture. Votre réussite professionnelle et personnelle en dépendent.

Oui, grâce à la Méthode de Culture Générale de l'ICF, claire et pratique, vous pouvez en quelques mois compléter vos bases, acquérir plus de confiance et une bien meilleure aisance, affirmer votre personnalité et être à l'aise dans tous les milieux..

20 cours (Arts, littératures, droit, philosophie, économie, sciences, politique, etc...). Le parcours santé de l'équilibre et de la réussite.., accessible à tous.

Documentation gratuite à : Institut Culturel Français, Service 7224, 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois, Tél. : (1)42.70.73.63



BON D'INFORMATION GRATUITE

à compléter et retourner à ICF, service 7224
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Veuillez m'envoyer à l'adresse ci-dessous, la documentation complétée sur votre méthode.

Nom :

Adresse :

.....

UN SIÈCLE APRÈS LA FRANCE, LE PHYLLOXERA RAVAGE L'AMÉRIQUE

(suite de la page 103)

Par souci de préserver l'immense renommée des vins français et de ne pas remplacer la peste par le choléra, on procéda à des croisements entre variétés américaines et européennes. Las, la qualité des vins produits avec ces hybrides n'était guère meilleure et, dans certains cas, la résistance au phylloxéra était moindre.

Ce sont finalement des professeurs de l'ENSA de Montpellier, en collaboration avec Camille Bazille, un viticulteur de la région, qui trouvèrent la parade définitive, aux alentours de 1880. Qu'elles fussent utilisées pures ou en mélange, les variétés américaines étaient visiblement incapables de produire un vin digne de ce nom. Surtout comparées aux prestigieux chardonnay, pinot, cabernet-sauvignon, merlot, chasselas et autre rieslieng. Ces experts proposèrent donc de "fabriquer" des plants de vignes, en greffant un jeune sarment de cépage européen – le greffon – sur une bouture de variété américaine pure ou hybride – le porte-greffe –, à partir duquel se développeraient les racines du futur cep (voir encadré p. 100 et 101). On bénéficiait ainsi des vertus antiphylloxériques du second

cépage sans porter préjudice aux qualités vinicoles du premier. Dès la fin du siècle dernier et pratiquement jusqu'au début de la Première Guerre mondiale, l'ensemble du vignoble français fut reconstitué au moyen de plants greffés. Et, comme le parasite reste présent dans les sols à l'état endémique, cette technique est toujours en vigueur.

Aujourd'hui, la quasi-totalité des porte-greffes utilisés par les pépiniéristes sont des hybrides obtenus en croisant des variétés américaines (principalement les berlandieri, rupestris et riparia) entre elles ou avec des cépages européens. On obtient ainsi des plants plus vigoureux, dotés d'une meilleure aptitude au greffage et d'un taux de reprise supérieur après plantation. Toutefois, comme on l'a vu précédemment, certains croisements américano-européens ne sont pas sans risque du point de vue de la résistance au phylloxéra. Et les viticulteurs californiens sont en train d'en faire la douloureuse expérience ! Soucieux, il y a une trentaine d'années, de produire des vins de qualité à partir de cépages français tels que le chardonnay ou le cabernet-sauvignon, ils ont dû recourir, tout comme les Européens, à des plants greffés. Le fameux porte-greffe AXR1, qu'ils ont choisi pour sa vigueur et sa bonne adaptation à leurs sols, est le fruit d'un croisement, imaginé au début du siècle par un certain Victor Ganzin, entre l'aramon, cépage d'origine française sensible au ravageur, et le rupestris américain. Or, Denis Boubals – déjà cité – a démontré dès 1966 que la résistance de cette variété américaine n'était pas génétiquement dominante. Contrairement, par exemple, au berlandieri qui, croisé avec le chasselas (autre cépage européen), donne le porte-greffe 41 B. Ce dernier est utilisé, avec succès, en Champagne et dans le vignoble de Cognac depuis des lustres, en raison de son excellente tolérance vis-à-vis des sols calcaires de ces régions... où le phylloxéra n'est plus qu'un vieux souvenir !

Les viticulteurs californiens vont donc devoir reconstituer leurs 20 000 hectares de vignes plantées en AXR1 avec d'autres porte-greffes plus résistants au parasite. A raison de 200 000 à 300 000 F par hectare, compte tenu du prix des plants, du palissage et de l'investissement en installations d'irrigation – au goutte à goutte pour faire face à la sécheresse d'une part, et par aspersion pour lutter contre le gel d'autre part –, il en coûtera environ 1 milliard de dollars ! Plus le manque à gagner lié à l'absence de production de vin pendant les premières années suivant la plantation. A n'en pas douter, la facture sera très salée, et d'autant moins facile à digérer que la catastrophe aurait largement pu être évitée...

Marc Mennessier

PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas)

Couverture: Graphitt; p. 2-3: Nature - G. Fourré - Keystone - M. Enguerand - DR - G. Radtke/Stern 29/92 - E. Malemanche; p. 6 à 26: Finzo - DR; p. 28-29: B. Jarret/ADAGP/Musée Rodin; p. 30-31: E. Malemanche - Rault/Enguerand - DR; p. 32 - 33: E. Malemanche - D. Galland; p. 34-35: Cl. Witt-Deguillaume; p. 37: I. Python - Dept. of Anat/Macmillan Magazine Ltd.; p. 40 - 41: D. Bazin; p. 44 - 45: Graphitt; p. 48 - 49: E. Malemanche; p. 50-51: R. York/Sipa - A. Meyer; p. 53: H.W. Lab./Investigation Group/W. Jaffe; p. 54-55: DR - G. Fourré; p. 57: G. Fourré; p. 58-59: M. Archambault; p. 60-61: I. Python; p. 64-65: P. Leroux - A. Meyer - DR/QasctyItd Australia; p. 68-69: SNS Pressebild GmbH - W. Neeb/Stern 29/92; p. 70-71: W. Neeb/Stern 29/92; p. 72-73: W. Neeb/Stern 29/92 - SNS Pressebild GmbH; p. 74-75: SNS Pressebild GmbH; p. 77: Ph. Weidacher/Studio X; p. 78-79: Studio X; p. 89 - 81: S. Grossman/Cosmos; p. 83: Centre des faibles radio-activités; p. 86 - 87: Malin/Ciel et Espace - S. Brunier; p. 88: S. Brunier; p. 93: A. Meyer; p. 94-95: M. Viard-Y. Szynczak-D. Scott/Jacana; p. 96: A. Meyer; p. 98 - 99: E.D. Weber/Comstock - Roger Viollet; p. 100 - 101: Cl. Witt-Deguillaume; p. 103: Roger Viollet - Comstock - P. Mackiewicz/Photothèque ITV; p. 106 - 107: Cl. Lacroix; p. 109: D. Galland; p. 110 à 113: Cl. Lacroix; p. 117: Keystone; p. 118/119: APN/Novosti - Doc US Army; p. 120-121: Fotokhronika Tass; p. 123: DR-N. Papamiltiades; p. 124-125: N. Papamiltiades - DR - INRA; p. 126 à 129: N. Papamiltiades - DR; p. 130/131: E. Malemanche - DR; p. 132-133: E. Malemanche; p. 135: DR; p. 137: T. Talou/ENST; p. 138: H. Sundgren/Linéopig Univ.; p. 140 à 145: Finzo; p. 147: M. Toscas/Galerie 27; p. 144 à 148: M. Roux-Saget; p. 153: M. Toscas/Galerie 27; p. 155 à 157: M. Roux-Saget - DR; p. 160: DR; p. 164: R. Bellone; p. 166-167: DR - Anglia Television; p. 168-169: DR; p. 170-171: DR - E. Malemanche; p. 172-173: E. Malemanche - DR.

SCIENCE & VIE HIGH TECH

PHOTO • VIDEO • TV • SON • TELECOM

DOSSIER

LA 3^e VAGUE DU NUMÉRIQUE :

Photo CD • CD interactif

Mini Disc • Microcassette

Magnétophone DCC



GUIDE D'ACHAT :
les baladeurs CD

ESSAIS : 25 MAGNETOPHONES
les plus simples
et les plus perfectionnés

N°3 - 30F - 219 FB - 8 FS - 4.000 DT - 32 pages

CE N'EST PLUS
DE LA SCIENCE
FICTION
C'EST DANS
SCIENCE & VIE HIGH TECH

Le numérique, c'est désormais la nouvelle façon de voir, d'écouter, d'enregistrer, de jouer avec les images et le son. L'ère du tout numérique commence. Les matériels et les programmes sont déjà disponibles. SCIENCE & VIE HIGH TECH vous explique clairement tout ce que vous pouvez en attendre.

EN VENTE FIN
SEPTEMBRE

SCIENCE & VIE
HIGH TECH

EXTRA
LÉGÈRE



GITANES

Gitane blondes

Unit gravement à la santé

EUROCOM

SELON LA LOI N° 91.32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES