

SCIENCE & VIE

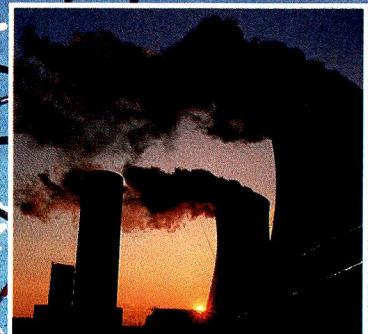
DE LA VACHE FOLLE
CHEZ VOTRE BOUCHER

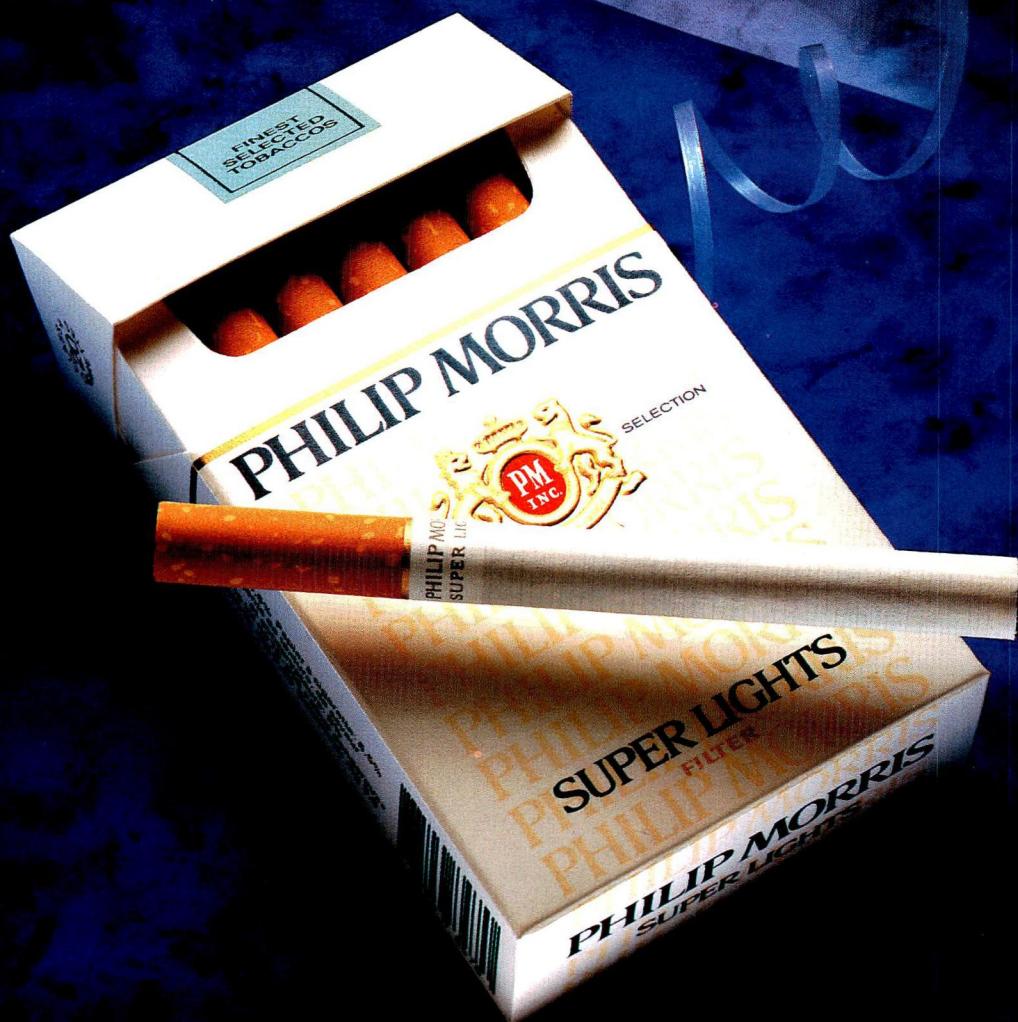
MENSUEL - N° 902

NOVEMBRE 1992

BIENTÔT
LA CARTE
DE SES
CHROMOSOMES

● Les plus gros
pollueurs du monde





0,3 mg. NICOTINE.
4 mg. GOUDRONS.

SELON LA LOI N° 91.32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES

SCIENCE & VIE

● 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 GOLDBERGER

● RÉDACTION

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

● ILLUSTRATION

ANNE LÉVY, JOSETTE SERREAU
Photographe : MILTON TOSCAS

● DOCUMENTATION

EMMANUELLE BILLON-BERNHEIM

● CONCEPTION GRAPHIQUE

CHRISTINE VAN DAELE

● MAQUETTE

LIONEL CROOSON

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

● RELATIONS EXTÉRIEURES

MICHÈLE HILLING, assistée de NATHALIE HAPILLON

● SERVICES COMMERCIAUX

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

● CORRESPONDANTS

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

● PUBLICITÉ

EXCELSIOR PUBLICITÉ 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 correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changez d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,50 francs par envoi ou régler directement le nouveau tarif. Les noms et prénoms des auteurs de nos articles sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

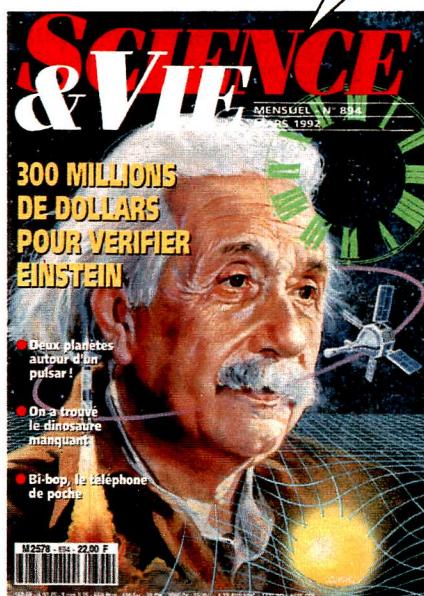
LES MANUSCRITS NON INSÉRÉS NE SONT PAS RENDUS

COPYRIGHT 1989 SCIENCE & VIE



BVP

**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**

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

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

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

CKEC **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.

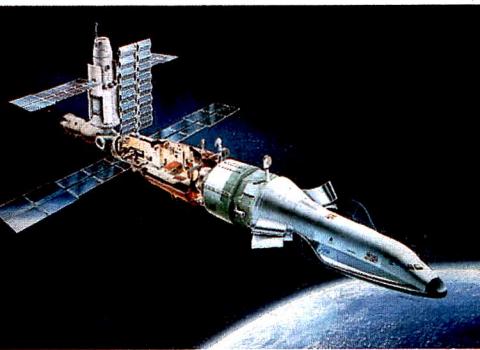
OFFRE VALABLE JUSQU'A FIN 1992.

ET RESERVÉE A LA FRANCE METROPOLITAINE.

ETRANGER: NOUS CONSULTER RC PARIS B 572 134 773

S & V Nov 902

SOMMAIRE



Le vol d'Hermès n'aura pas lieu.

La navette est jugée trop lourde, trop chère et technologiquement dépassée.

p. 104

Le vélo devient le meilleur ami de l'homme : un cheval de course ne tiendrait pas la cadence de cette machine futuriste fabriquée sur mesure.

p. 118



SAVOIR

Bientôt la carte de nos chromosomes

Jacques Legène et Pierre Rossion

6

Boeing d'Amsterdam : des réacteurs conçus pour tomber

Germain Chambost

80

La comète retrouvée

Renaud de La Taille

30

Les plus gros pollueurs du monde

Jacqueline Denis-Lempereur

84

Les intelligents

font moins travailler leur cerveau

Jacqueline Renaud

40

Vaison : un torrent de négligences

Marc Mennessier

96

De la vache folle chez votre boucher

Didier Dubrana

46

L'enterrement d'Hermès

Germain Chambost

104

Les fossiles momifiés de l'Ardèche

Pierre Rossion

52

L'électricité solaire à moitié prix

Renaud de La Taille

110

Nos ancêtres du désert de Gobi

Alexandre Dorozynski

58

Vélo : toujours plus vite

Renaud de La Taille

118

Le toilettage : un anti-stress

Isabelle Bourdial

68

Echos de l'industrie

Dirigés par Gérard Morice

127

Echos de la recherche

Dirigés par Gérald Messadié

71

Des marchés à saisir

132

Encart abonnement Science & Vie Junior, entre la 2ème de couverture et la page 1, sur la diffusion abonnements France métropolitaine.

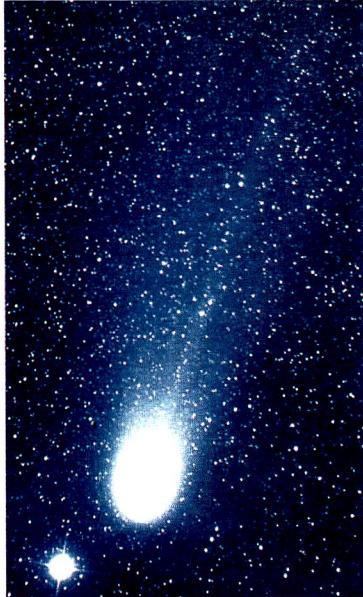


Un simple regard dans le viseur commande les réglages essentiels de cet appareil.

p. 140



Son vol s'est figé il y a 8,5 millions d'années. Cette libellule, véritable momie de chair et de cartilage, est l'un des nombreux et remarquables fossiles d'un tout petit musée ardéchois. **p. 58**



SCIENCE & VIE N° 902 – NOVEMBRE 1992



UTILISER

Quand les fichiers jouent la transparence

Henri-Pierre Penel

135

Téléphones sans fil : les pirates envahissent les lignes

Henri-Pierre Penel

138

Le premier reflex obéissant à l'œil

Roger Bellone

140

Emballage : de la mise en forme à la mise en boîte

Hervé Lhuissier

144

Science & Vie

a lu pour vous

150

Science & Jeux

Yves Delaye, Renaud de La Taille et Henri-Pierre Penel

154

Echos de la vie pratique

Dirigés par Roger Bellone

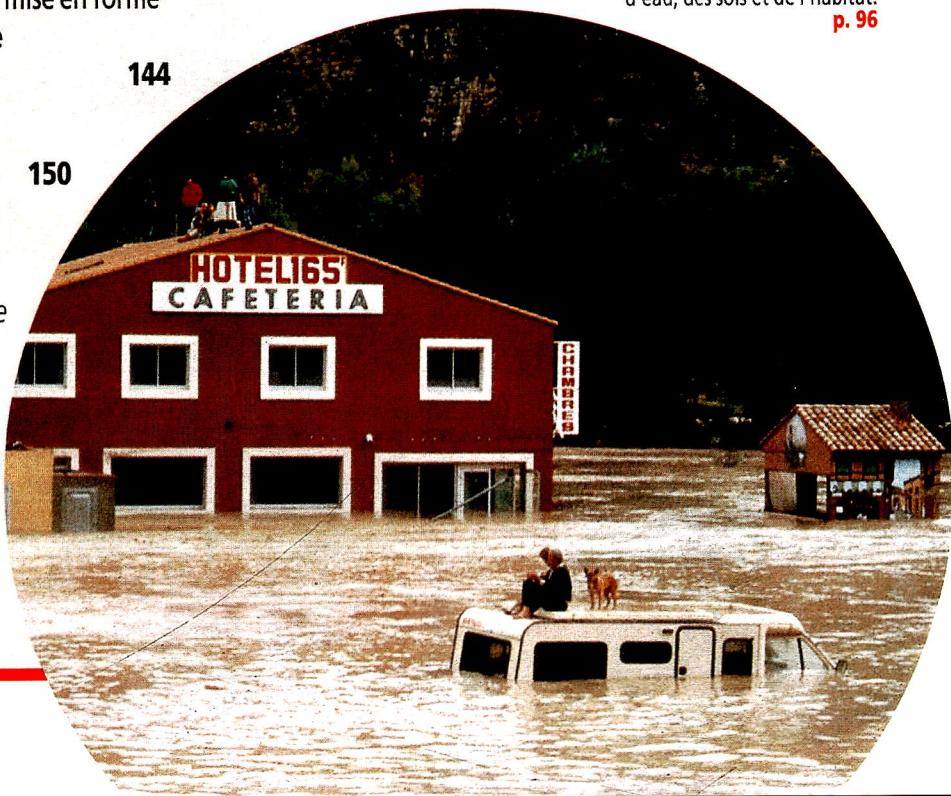
168

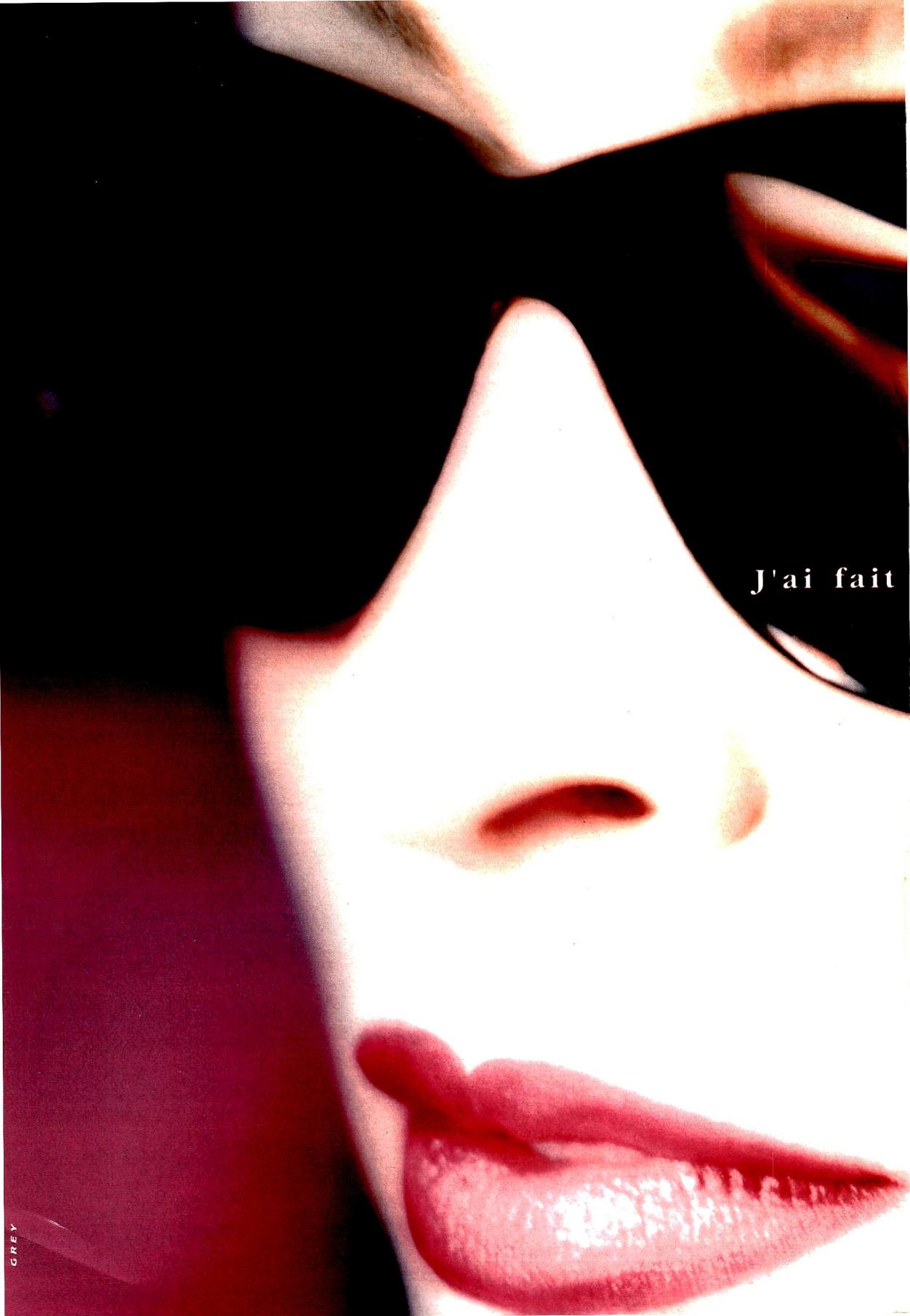
Après 130 ans de voyage dans l'espace, la comète Swift-Tuttle a rendez-vous avec la Terre en novembre.

p. 40

La nature s'est vengée de l'inconscience des hommes : on ne transgresse pas impunément les lois élémentaires de gestion des cours d'eau, des sols et de l'habitat.

p. 96





J'ai fait



cette photo avec mon œil.

En photo, j'ai toujours adoré jouer avec des miroirs, des regards, des renvois à l'intérieur de l'image. Celle-là était pour moi. Mon zoom calé sur la plus longue focale, j'ai soigneusement réglé ma lumière et composé mon image, en laissant le sujet principal décentré sur la droite. La mise au point aurait pu être problématique, mais l'autofocus de mon EOS 5, piloté par l'œil, a fait merveille. Il a suivi la direction de mon regard dans le viseur pour faire le point sur ce que je regardais. Tout simplement ! Sans que j'aie besoin de recadrer. J'ai essayé plusieurs possibilités ; j'ai obtenu exactement ce que j'avais vu.



EOS 5 • 1er boîtier pro avec autofocus, mesure spot et test profondeur de champ pilotés par l'œil • Mode manuel type EOS 1 via double molette • Motorisation ultra-silencieuse 5 im. / sec • Obturateur 30 sec - 1/8000e • Flash anti-yeux rouges avec synchro 1/200e • Grip vertical avec double commande • Prix conseillé : boîtier + grip : 5 500 F, avec nouveau zoom 28-105 USM : 8 300 F • Kit spécial avec 35 / 2 et 100 / 2 USM : 10 000 F. **3615 Canon**

Canon

VOIR ET EMOUVOIR

FORUM

"Trop, c'est trop!"

Notre article sur l'Appel d'Heidelberg, intitulé "L'écologie n'est pas une religion", a «donné froid dans le dos» à M. M.L., de Pringy. Nous nous en étonnons, car nous y disions en substance que les déséquilibres causés dans l'environnement par l'activité humaine seront le mieux résolus par des gens compétents, c'est-à-dire par des scientifiques. «Non, justement, nous avons trop fait confiance pendant des années à des techniciens et des scientifiques, et le résultat est celui de l'argent et de son attrait sur leurs comportements. Tout n'est pas négatif, mais tout de même, les médecins fous d'Auschwitz, les ingénieurs de Tchernobyl, les médecins du CNTS, les industriels et leurs scientifiques qui font de la pollution leur religion en se cachant eux aussi derrière la recherche pour mettre au point l'anéantissement de la mère nature en accusant les

écologistes de vouloir retourner aux babas cool.»

Voilà beaucoup d'amalgame et d'outrances. Il y a en France 152 000 médecins, et les ravalier au rang des quelques praticiens possédés par une idéologie raciste, comme ceux des camps allemands, ce n'est pas seulement leur faire injure, c'est faire injure à son propre bon sens. Accuser les scientifiques de mettre au point l'anéantissement de la "mère nature" relève de la même outrage. Ce sont des scientifiques qui ont, par exemple, rendu l'air de Londres respirable, alors qu'au début de ce siècle, le brouillard industriel l'avait rendu irrespirable. Ce sont encore eux qui ont dépollué la Tamise et permis d'y pêcher de nouveau du saumon, comme ce sont eux qui travaillent à dépolluer le Rhin. Ce sont des scientifiques qui ont mis au point tous les systèmes de mesure de la pollution de l'eau et de l'air, comme ce sont des

scientifiques qui ont mis au point les médicaments grâce auxquels notre lecteur et sa famille échappent à maintes maladies. Nous regrettons d'abréger ici notre réponse, face à l'insoutenable discours de M.L. «Trop, c'est trop!», s'crie-t-il d'entrée de jeu. C'est le seul point sur lequel nous soyons d'accord avec lui.

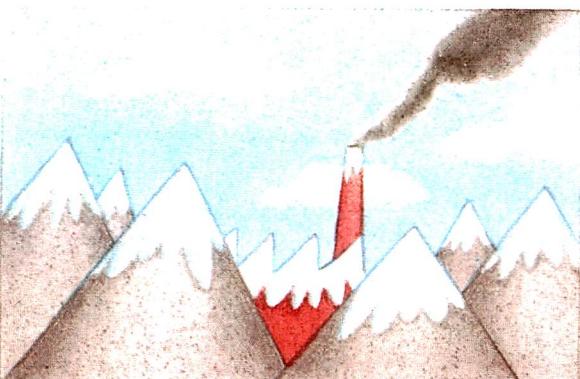


putrescibles, demande une capacité inventive qu'on n'apprécie pas assez...»

"Lorsqu'avec ses enfants, vêtus de peaux de bêtes..."

«L'homme préhistorique vêtu de peaux de bêtes», écrit M. A.G., de Paris, pour annoncer le sujet de sa missive. «Vos hommes de Tautavel qui sont présentés p. 38 de votre n° 900 profitent du dernier cri de la science de l'apprêt des peaux. Quant à la vraie nature de leur protection thermique, la petite phrase citée plus haut y pourvoit en occultant le problème, puisque, cela va de soi, "homme préhistorique = peaux de bêtes"!

»On évite de réfléchir au fait qu'une peau "brute" est vite un sale truc en putréfaction si portée "verte". Séchée, elle reste sensible à toute humidité et, de plus, sa raideur interdit tout emploi. La première opération consiste à l'écarner, c'est-à-dire enlever la sous-couche dermique. Ce qui l'allège et facilite le tannage ultérieur, mais aussi rend possible de "nourrir" la peau avec des graisses émulsives. Certaines de ces graisses conduisent à un certain tannage par foulage prolongé (cervelle et moelle de cerf chez les Indiens, huiles de poissons chez d'autres peuples). Mais trouver le tannage, opération qui rend les peaux im-



GRANT'S

d'origine résolument écossaise.



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



**Nouveau Coupé BMW Série 3.
Vous l'avez vu. Le mal est fait.**

Pour vous éviter des émotions inutiles, nous n'allons rien vous dire sur cette voiture. Par exemple, nous ne vous dirons pas à quel point le nouveau Coupé BMW Série 3 est beau. Remarquablement beau. Mais passons. Il serait indécent de vouloir vous agacer avec l'incroyable raffinement d'une ligne, qui, par ailleurs, vous est déjà fatale. Nous n'infligerons pas non plus à votre imagination l'éventail des fabuleuses sensations de conduite que vous avez déjà ressenties malgré vous. Nous tairons les performances étonnantes dont sont capables les moteurs multisoupapes 4 ou 6 cylindres développant de 140 à 192 ch. Est-ce bien utile aussi de mentionner



les multiples équipements de série tels que l'ABS, les jantes en alliage léger, la climatisation (sur la 325i) ou même les sièges rabattables qui procurent une habitabilité étonnante pour un Coupé. Oui tout cela vous sera épargné. Parce qu'il suffit de le regarder pour comprendre que le nouveau Coupé BMW Série 3 est à la fois le Coupé dont vous avez toujours rêvé et celui que vous redoutiez de voir un jour. Et c'est bien assez difficile à vivre comme ça. *Consommations BMW 325i normes DIN: 6,6 l / 8 l / 11,9 l. Modèle présenté avec options. BMW Finance, votre partenaire financier. Consultez le 3615 BMW. **MOTUL** partenaire de BMW.



colonne 1 de la page 41.»

L'homme de Tautavel date de -450 000 ans, et il ne connaît pas le feu, qui a été découvert par les hommes de la région vers -400 000 ans, quelque 50 000 ans plus tard. Les deux informations étaient à une page d'écart, d'où la possible confusion.

Un naturaliste précoce

M. P.D.M., de Fayence, écrit : «Bonjour à toute l'équipe de "Science & Vie". Je lis votre magazine avec assiduité depuis trois ans, je suis en 3^e et j'ai 14 ans. J'ai eu l'occasion de photographier en pleine nuit deux limaces sur un fil. Elles se sont accouplées

en haut et son descendues par un fil de 50 à 60 cm de long de la branche sur laquelle elles se trouvaient. Elles ont sorti chacune un sac blanc et se sont tortillées pendant une demi-heure (1 et 2). Une des deux est descendue plus bas que l'autre (3). L'autre a ravalé sa "salive" et est remontée en vingt-cinq minutes. Je vous soumets ces photos en espérant que vous pourrez trouver une explication "normale".

»Je trouve dommage que "Science & Vie" n'ait pas consacré un numéro hors-série au chat, animal dont les réactions sont bizarres. Le "fil" en question par lequel les limaces (de la classe des Gastéropodes, de l'embranchement des Mol-

lusques) sont descendues de leur branche est en fait l'enveloppe protectrice dans laquelle les limaces enrobent leurs œufs. Cette enveloppe est constituée de mucus, et elle peut parfois atteindre une grande longueur. Ce comportement d'accouplement est classique chez ces pulmonés hermaphrodites de l'espèce *Limax*. L'animal qui est remonté est allé déposer ses œufs fécondés dans un lieu abrité.

Les réactions des chats ne sont pas plus bizarres que celles des autres animaux domestiques, à la condition qu'on se familiarise avec leur système de signes et les stimuli qui motivent leurs comportements.

Félicitons ce lecteur pour ses dons d'observation.



»Il me semble au contraire que la liberté de choix du sexe des enfants ne peut être que bénéfique, car :

– dans des pays comme le nôtre, en voie de dépeuplement, l'ambition des couples est en général d'avoir une fille et un garçon ; dans ce cas, le choix du sexe concerne le deuxième enfant et ne peut que concourir à l'équilibre démographique ;

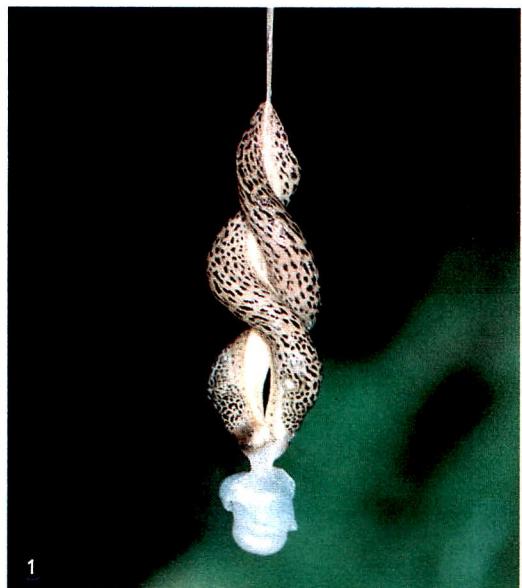
– dans le Tiers monde, par contre, l'ambition est d'avoir des garçons... Là, le choix du sexe de l'enfant à venir pourrait tempérer sensiblement la surpopulation en deux générations, ne fût-ce qu'en augmentant de 10 % les naissances de garçons...

»C'est possible, puisqu'il est possible de proposer des tests d'ovulation coûtant moins de 5 F, praticables par pratiquement n'importe qui et n'exigeant plus les trois mois préalables d'observation.»

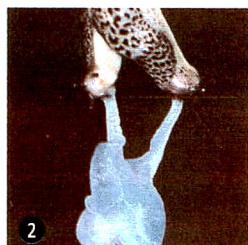
Ainsi considérée, la liberté de choix en question semblerait, en effet, bénéfique pour tout le monde, à supposer qu'on légalisât partout l'avortement.

Dans le Tiers Monde, elle reviendrait toutefois à une stérilisation de fait d'une fraction appréciable de la population, qui ne pourrait pas se marier. Cette progression croîtrait géométriquement jusqu'à un point p, au-delà duquel la demande en filles recommencera à croître, et les naissances de filles reviendraient au niveau antérieur, voire le dépasseraient...

(suite du texte page 14)



1



2



3

CONCOURS

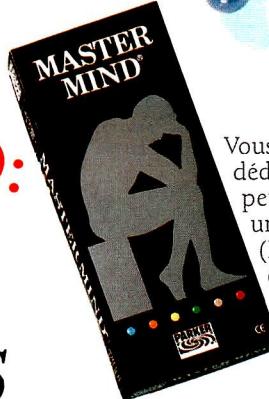
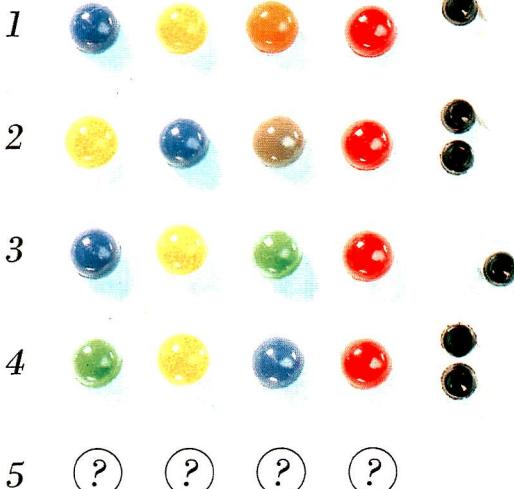
MASTER MIND:

PRESSEZ-VOUS

LE CITRON,

C'EST PAS POUR

DES PRUNES.



Vous avez l'esprit de logique et de déduction? Alors creusez-vous un peu et vous risquez de gagner: un Powerbook Macintosh 145 (1^{er} prix), un VTT Peugeot 400 PC (du 2^e au 10^e prix) et des jeux Master Mind et Super Master Mind (du 11^e au 100^e prix).

Pour cela, il vous suffit de jouer la partie de Master Mind ci-contre: trouvez la couleur et la position des 4 pions de la combinaison gagnante (ligne n° 5), après avoir décodé les 4 lignes de combinaisons, en partant de celle du haut (ligne n° 1).



Observez bien les 4 rangées de combinaisons, ce sont elles qui vont vous donner la clé: chaque fiche blanche (à droite de chaque ligne) indique la présence dans la rangée d'un pion de couleur correcte mais mal placé, alors que chaque fiche noire indique celle d'un pion de la bonne couleur bien positionnée.



Vous avez la solution? Remplissez vite le bulletin-réponse ou recopiez-le sur papier libre, et envoyez-le avant le 01/12/92 à SOGEC Gestion Concours Master Mind, 91426 MORANGIS Cedex. Un tirage au sort sera effectué parmi toutes les bonnes réponses et déterminera les 100 heureux gagnants. Et pour trouver la solution encore plus vite, entraînez-vous sur le 3615 Code Parker.



Bulletin-réponse: à remplir ou à recopier sur papier libre. Inscrivez en toutes lettres la couleur dans chaque rond:

5 ? ? ? ?

Nom: _____

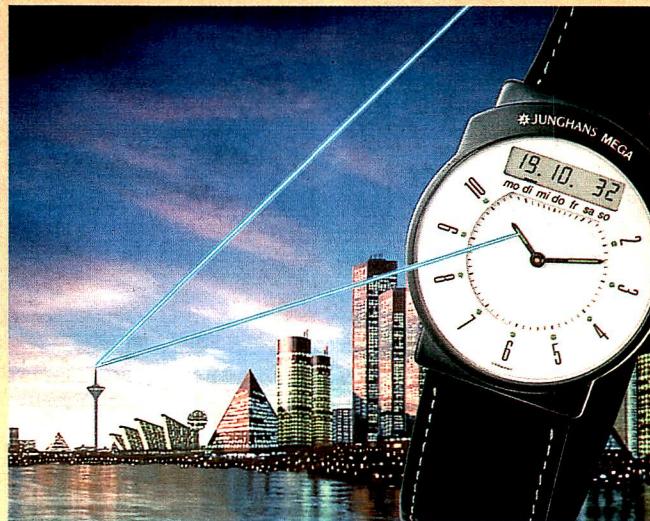
Prénom: _____ Age: _____

Adresse: _____

Jeu gratuit sans obligation d'achat. Tirage au sort le 10/12/92. Remboursement du timbre sur demande. Les gagnants seront prévenus individuellement. Les lots ne sont pas échangeables contre des espèces. Règlement complet disponible chez Maîtres Francis et Guy Papillon, sur demande à l'adresse du jeu. Remboursement du timbre pour toute demande de règlement.

L'HEURE ATOMIQUE AU POIGNET :

LE TEMPS RADIO- PILOTÉ



Si l'on dit que l'exactitude est la politesse des rois, aujourd'hui, nombre d'Européens pourraient porter la couronne. Mais, c'est une montre radio-pilotée de Junghans que portent au poignet ces nouveaux adeptes de l'exactitude. Synchronisée avec l'horloge la plus précise du monde, ce pur joyau vous donne l'heure atomique... Avec la précision de moins d'une seconde sur plus d'un million d'années ! Sans rien avoir à régler, nos ponctuelles "majestés" vous narguent lors des passages à l'heure d'été ou à l'heure d'hiver... et vous donnent l'heure d'Athènes, de Tripoli ou de Saint-Pétersbourg.

Toute l'Europe à l'heure atomique.

L'heure, c'est l'heure... Junghans met à la portée de tous l'heure atomique : difficile désormais d'arriver en retard à un rendez-vous ! Le principe est simple : des montres, pendules et réveils à quartz radiopilotés, synchronisés automatiquement avec l'horloge la plus précise du monde, celle de l'Institut Fédéral de Physique de Braunschweig, en Allemagne. Cette horloge atomique à jet de césum utilise les transitions entre différents niveaux d'énergie de certains atomes bien définis. Son développement fait appel à la conjonction de plusieurs disciplines : la physique atomique, l'électronique quantique, la relativité, en se reposant d'une part sur les connaissances accumulées depuis les années 20 et d'autre part les spectaculaires progrès acquis en radioélectricité et composants électroniques. Ainsi l'horloge atomique actuelle atteint une exceptionnelle stabilité dans l'exactitude, dépassant très largement celle de la mesure du temps liée à la rotation du globe et toute mesure obtenue par résonances acoustiques, mécaniques ou électriques. L'horloge étalon primaire de laboratoire atteint d'ailleurs l'étonnante

précision de plus ou moins une seconde pour trois millions d'années. Le Temps Atomique International (TAI) est ainsi transmis de Braunschweig à tous les possesseurs de montre ou réveil Junghans. Les signaux sont codés et transmis sur Grandes Ondes (77,5 KHZ) depuis l'émetteur DCF 77, près de Francfort, et couvrent presque toute l'Europe avec une portée de 1 500 km. Au-delà, par exemple sur le continent américain, la montre ou le réveil fonctionne normalement grâce à leur quartz.

Hiver-Eté, Eté-Hiver : plus rien à faire !

Les montres, réveils et pendules à quartz radiopilotés de Junghans possèdent une antenne qui capte cette fameuse heure de Braunschweig. Un microprocesseur 4 bits compare celle-ci avec l'heure intégrée de l'appareil. La base de temps de la montre est alors automatiquement réajustée sur l'heure "officielle" si besoin est. L'opération a lieu la nuit, à 2 heures du matin : c'est l'instant de réception optimale. La montre doit être de préférence à plat (sur votre table de nuit plutôt qu'au poignet). Dans le cas du réveil ou de la pendule, le système d'antenne plus volumineux est aussi plus

puissant : deux barres de ferrite et une alimentation énergétique plus conséquente permettent une synchronisation toutes les heures, bien qu'une fois par jour suffirait amplement à assurer sa précision. De plus, sur tous les produits radiopilotés de Junghans, le passage de l'heure d'Eté à l'heure d'Hiver (et l'inverse) se fait automatiquement !

Pour lui comme pour elle, l'aiguille marque le temps étalon.

Fruit de sept années de recherche et de développement intense, la technologie de Junghans permet de réaliser une montre à quartz radiopilotée analogique à aiguilles. Elle est aujourd'hui rendue possible grâce à la miniaturisation rationnelle des éléments : l'antenne ultrasensible est logée dans le bracelet. Elle est réalisée en lames flexibles pour s'adapter parfaitement à la forme du poignet. Son raccordement avec le boîtier est étanche. Celui-ci reçoit un module qui contient le circuit imprimé, l'affichage, un microprocesseur de gestion d'ensemble et le logement de la pile au lithium (autonomie de 2 ans). Le faible volume de ce module autorise toutes les formes et matières... et Junghans ne nous en prive pas : boîtier plaqué or, jaune ou blanc, métal bicolore, acier spécial, modèle sport, classique...

Désormais, Junghans propose une large gamme de montres radiopilotées.

La montre Mega "sport" (pour hommes) dispose notamment du cadran analogique à aiguilles réfléchissantes (chic !), d'une touche d'appel émetteur et de contrôle de réception, du réglage des fuseaux horaires et d'un calendrier perpétuel.



Au masculin ou au féminin. L'assemblage du module est bien sûr réalisé selon la technique du Clip On Board (COB) et des Composants Montés en Surface (CMS).

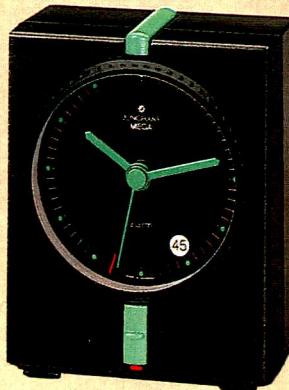
A la recherche du temps....absolu

La fonction de synchronisation se met en marche automatiquement dès que le signal horaire de l'horloge atomique est capté. Celui-ci est alors décodé : les secondes s'affichent. Une fois le signal validé, les minutes, heure, jour et date apparaissent.

Mais cette précision ne suffisait pas à Junghans. Ses produits radiopilotés sont également prévus pour faire face aux cas exceptionnels : orages, effets de variateurs de lumière, appareils électriques émettant des parasites, etc...

Dans ce cas, la montre ou le réveil procède automatiquement à 5 essais successifs.

La synchronisation peut aussi être opérée sur demande par appel de l'émetteur : on presse simplement un bouton et l'affichage indique "contrôle réception". Au bout de 3 minutes environ,



L'heure de votre réveil se règle avec précision en faisant tourner la lunette autour du cadran : elle s'affiche même dans une petite fenêtre.

Ce modèle radiopiloté "Mega Alarm" de JUNGHANS capte et se règle heure par heure sur l'horloge atomique à jet de césum de Braunschweig.

l'heure exacte sera affichée. Une touche "fuseau horaire" permet de corriger immédiatement l'heure au cours d'un voyage : le nouveau fuseau est conservé lors des synchronisations ultérieures avec l'émetteur DCF 77.

D'Arthur Junghans à la "Megasolar"...

L'histoire de Junghans commence en 1861 et se perpétue aujourd'hui en Allemagne et dans le monde entier. Principalement orientées vers la miniaturisation et la haute technologie horlogère, les dernières années ont vu naître les premières pendules radiopilotées en 1986, puis la montre à affichage digital "Méga 1" en 1990, dont le volume était réduit de 20 fois. Elle inaugure l'antenne flexible. En 1991, la première montre radiopilotée "Mega" à cadran analogique voyait le jour, et cette année, ce fut le tour de la gamme de modèles pour dames, qui repousse encore plus loin les limites de la miniaturisation... sans rien sacrifier à l'élégance. Pour cela, Junghans s'assure le concours du célèbre studio Frog, l'un des leaders allemands en matière de design industriel.

La précision et... l'autonomie au poignet.

Les montres radiopilotées offrent, désormais, l'absolue précision et un niveau de fiabilité inégalable. Il ne leur manque rien... ou presque. Junghans a présenté en avril 1992 la Megasolar : première montre radiopilotée solaire au monde qui devrait être commercialisée dès l'an prochain.... Elle n'aura même plus besoin de pile!

Hervé Durieux

Pour en savoir plus sur l'absolue précision de toutes les montres, réveils et pendulettes radiopilotés de Junghans, tapez

3615 Junghans

(gamme - liste des points de vente - etc...)

Nota : Junghans est distribué en France par l'Union Horlogère filiale de Vedette Industries.

Et pourquoi pas une unité de compte écologique ?

Le Pr J.B., de Reims, nous adresse un mémoire dans lequel il explique que «pour fabriquer une voiture qui pèse 1 tonne, il faut arracher à la nature beaucoup plus que 1 t de matériaux divers. Combien, exactement ? On ne peut pas le préciser aujourd'hui, sauf exception, puisque depuis deux siècles, on a choisi d'évaluer l'activité



vité économique en argent uniquement, mais qu'on n'a inventé aucune unité d'évaluation universelle.»

Il serait, en effet, intéressant de mettre à l'étude une unité écologique. Elle serait certes complexe, puisqu'elle devrait prendre en compte plusieurs paramètres d'ordres différents, tels que les matières premières utilisées, recyclables ou non, et les déchets polluants qu'entraînerait sa fabrication. Ainsi, on postulerait que 1 g de papier peut être évalué selon trois paramètres. Ce gramme représente 5 g de bois et sa fabrication aurait entraîné la décharge de 5 g de polluants chimiques, susceptibles de polluer 100 l (100 000 g) d'eau, et 5 g de gaz carbonique, déchargés dans l'air et capables de polluer 10 l (12,93 g) d'air. Ce qui donne trois indices de pollution pour la fabrica-

tion de papier : 5, 100 000 et 12,93. Le papier étant récupérable à 50 %, le premier indice 5 théorique serait réduit à 2,5, mais les indices relatifs aux polluants, eux, seraient pleinement maintenus. Unité de mesure composite de la pollution entraînée par la fabrication de 1 g de papier recyclé : [2,5 ; 100 000 ; 12,93]. Nous proposons d'emblée un nom pour cette unité future, c'est l'éco... dont nous ne venons de fournir, bien sûr, qu'un modèle théorique.

Acronymes et abus

«Lors de mes lectures de "Science & Vie", écrit M. R.D., de Semur-en-Auxois, «je me heurte à ces sigles constitués d'initiales de noms divers, sociétés, composés, commissions dont le sens n'est pas expliqué. Pourtant, vos lecteurs ne sont pas tous des initiés érudits, sachant quels mots ces sigles recouvrent. Ainsi, dans votre n° 899, vous parlez du CRIIRAD. Il y a aussi les INB, expliqués une fois, mais cela oblige à revenir en arrière et à fatiguer la mémoire.

»Ce ne sont là que des exemples. Il y en a des dizaines par numéro. C'est une espèce d'épidémie qui atteint quasiment tout le monde...»

Nous compatissons à l'agacement de ce lecteur, pour la bonne raison que nous le partageons. Mais les sigles, abréviations et acronymes sont devenus indispensables, et il est plus commode, évidemment, de parler de la CRIIRAD que de d'écrire : Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité. Nous eussions dû, et ce lecteur a raison, l'expliquer au moins une fois, ce

que nous n'avons pas fait. Mais ne pouvons pas, sous peine d'allonger beaucoup certains articles, répéter chaque fois tous les termes d'un acronyme. Dans le seul article en question, nous en avons compté neuf, sans la CRIIRAD, presque tous répétés plusieurs fois ! Cogema, Simo, CEA, TBq, SICN/CERCA, CICR, INB, EPA...

l'Etat de l'Utah a fermé ses portes, paraît-il, le 30 juin 1990. Des résultats concluants ont-ils été publiés par ailleurs sur les phénomènes constatés ?

Le débat sur la mémoire de l'eau nous semble avoir été forclos dès son début, car dès qu'on admettait le postulat d'une rémanence structurelle des molécules d'eau, par suite de la présence d'une substance étrangère, il fallait se demander pourquoi l'eau eût gardé la mémoire d'une substance plutôt que d'une autre, et surtout, combien de temps durerait cette hypothétique mémoire. Si elle durait une fraction de seconde, ce qui, même, reste à démontrer, ses implications ne seraient pas du tout celles qu'évoquaient les tenants de cette mémoire. Si elle durait plus longtemps, la contradiction serait encore plus grande, car on ne verrait pas, dès lors, pourquoi l'eau ne garderait pas des mémoires multiples.

L'ensemble des objections physiques à la théorie de la fameuse "mémoire", le souvenir de la mésaventure de l'eau polymère, qui agita pourtant le monde savant dans les années soixante, les incertitudes, pour dire le moins, qui obéraient les démonstrations sur cette "mémoire", tout

(suite du texte page 16)



1^{er} en calcul.



Mon cher Papa, comme tu dis que je suis gentil, pour t'aider, j'ai fait un petit travail pour toi. Comme le dit maman, je suis bon en calcul alors voilà. J'ai fait des opérations et il faut que tu achètes la nouvelle 205 Junior Diesel*. Ca coûte plus cher mais comme ça use pas beaucoup **et que tu t'en sers tout le temps, ça vaut le coup. En plus elle a un beau look et en plus Emilie aussi la trouve jolie. Donc je te laisse un catalogue sur la table de la 205 Junior Diesel avec ses nouveaux sièges en jean et ses gros pneus. Comme le dit mamie la vérité sort de la bouche des enfants. Moi je vais à l'école à pied, comme d'habitude. Je t'embrasse. JULIEN.

*205 Junior Diesel, AM 93, équipée en série d'une lunette arrière chauffante, d'un essuie-vitre arrière et d'une montre électrique.

**Consommations (normes UTAC) : 3,9 litres à 90 km/h 5, 2 litres à 120 km/h 5,4 litres en cycle urbain.



PEUGEOT 205. QUEL SACRÉ NUMÉRO!

PEUGEOT

cela nous a incité à dénoncer la théorie en question.

L'affaire de l'eau polymère, où certains chercheurs postulaient à peu près la même chose – l'existence de liens inconnus entre les atomes d'hydrogène dans l'eau – avait pourtant revêtu une tout autre ampleur et mis en jeu des personnalités importantes de la physique et de la chimie. Toute la presse scientifique mondiale y avait pris part, *Science*, *Nature*, *Scientific American*, *Chemical Week* et nous-mêmes, d'ailleurs. Puis on découvrit qu'il s'agissait d'un artefact de laboratoire et qu'il n'y avait pas plus d'eau polymère que d'eau en poudre. La mémoire humaine est brève : trente ans plus tard, personne ne se rappelle plus cette folle équipée !

Mais si des résultats nouveaux apparaissaient, qui donneraient quelque crédit à la théorie de la "mémoire de l'eau" telle qu'elle fut énoncée, nous en rendrions évidemment compte. Nous sommes, bien sûr tout à fait favorables à des débats contradictoires, à la condition qu'on y apporte des éléments d'information nouveaux, et non plus des opinions personnelles basées soit sur l'autorité, soit sur des convictions intimes. En l'état actuel des faits, force est de constater qu'il n'y a absolument rien de neuf.

Il convient dans de telles affaires de respecter une certaine réserve, en effet, fût-elle à l'égard de sommités de la science. Mais ce n'est pas la même réserve que suggère notre lecteur : elle vise les conclusions scientifiques qui précèdent en quelque sorte les démonstrations. Tous les savants peuvent se tromper :

le grand Rutherford et le grand Broglie ne croyaient pas à l'énergie atomique, et le grand Ernst Mach, lui, tenait les théories atomistes pour des billevesées.

En ce qui concerne la fusion froide, l'affaire est très différente, et nous avons rapporté dans nos numéros 880, 885, 895 et, le mois dernier, 901, les raisons qu'il y a de s'intéresser à ce phénomène encore inexpliqué. Nous ne sommes pas les seuls, puisque, au vu des résultats extraordinaires obtenus aux Etats-Unis et au Japon, le ministère de l'Industrie du Japon s'y intéresse aussi très activement.

Refroidissement de la planète et effet de serre : un lecteur fait de la prospective climatologique

M. C.D., de Chassemy, a manqué une belle vocation de climatologue. En témoigne sa lettre : «L'article de Gerald Messadié, "Qu'en est-il du refroidissement de la planète ?...", dans votre n° 900, m'a remis en mémoire un ar-

ticle d'Olivier Postel-Vinay paru dans votre n° 829 et intitulé "Les prophètes de l'été carbonique".

»Dans cet article figuraient deux courbes, l'une représentant les variations en teneur atmosphérique du CO₂, l'autre, les volumes des glaces polaires. Ces deux courbes, à petite échelle, semblaient présenter un paradoxe. Je me suis amusé à les reproduire sur une plus longue période, mais en conservant l'échelle scalaire. Il en découle qu'une augmentation du CO₂ ne serait pas incompatible avec une augmentation du volume des glaces...»

Nous reproduisons bien volontiers ces courbes. Mais force nous est d'observer que tous les essais de prospective climatologique sont aléatoires pour la "simple" raison que nous ne possédons pas toutes les données qui permettraient de construire un modèle. La preuve en est donnée par les variations des opinions depuis une vingtaine d'années. Dans les années soixante-dix, en effet, on prévoyait une tendance au refroidissement. Les spéci-

alistes concentreront ensuite leur attention sur le seul accroissement du CO₂ atmosphérique, et en déduisirent que nous allions, au contraire, vers un réchauffement, avec montée du niveau des océans.

Nous n'avons cessé, pour notre part, de rapporter des observations qui contredisaient la grande panique du réchauffement. Nous avons également signalé le rôle, sous-estimé, des poussières volcaniques. Puis celui des évaporations, qui pouvaient créer une couche nuageuse susceptible de compenser le réchauffement. Puis celui des capacités d'absorption du CO₂ par les océans.

Nous poursuivons, d'ailleurs, une enquête sur le sujet, dont les résultats surprendront sans doute plus d'une personne persuadée que nous allons vers un réchauffement global.

Information, homéopathie et désinformation

M. C.B., de Saint-Macaire-en-Mauges, nous demande notre avis sur un article tiré d'une revue mensuelle, et commençant par l'extrait suivant d'un article de la revue *Que choisir-santé* : «Depuis une dizaine d'années, des travaux nombreux ont tenté de mettre en évidence les effets de l'homéopathie, effets invoqués par de nombreux pra-

(suite du texte page 20)



DANS SA DIVISION, CE MAGNÉTOSCOPE EST LE SEUL A JOUER LES PROLONGATIONS.

10 HEURES D'ENREGISTREMENT sur une cassette de 5 heures : fini les films sans dénouement, fini les matchs de foot sans prolongation, le VR 486 Long Play* de Telefunken vous permet désormais d'enregistrer l'intégralité de ce que vous programmez sur une même cassette.

Chargement central pour une meilleure stabilité de l'image, et un design plus épuré.

Programmation à partir de la télécommande à cristaux liquides.

Système auto-cleaning pour une qualité optimale de lecture : plus que jamais, Telefunken conforte sa place en 1^{ère} division.

Telefunken devient même favori en proposant "l'index" : c'est l'accès direct aux séquences que vous aurez sélectionnées. Vous ne chercherez plus indéfiniment le début du 2^{ème} film.

Alors, une vraie bonne idée, c'est une simple visite chez votre revendeur Telefunken, et votre vidéothèque doublera de volume.

* Nouvelle gamme PAL/SECAM équipée du chargement central 2 têtes ref. VR286, 3 têtes ref. VR 386 et 4 têtes ref. VR 486.

Une vraie bonne idée.

TELEFUNKEN





Vos photos sur l'écran de votre télévision. Imaginez vos souvenirs les plus chers restitués dans une nouvelle dimension : votre télévision. Cette magie porte un nom : le Système Kodak Photo CD.

Des possibilités fantastiques.

Le système Kodak Photo CD représente le moyen le plus agréable de visionner vos photos en famille ou entre amis, et vous ouvre de fantastiques perspectives. Sur l'écran même de votre télévision vous pouvez agrandir un détail, basculer l'image, changer l'ordre de présentation de vos photos, puis conserver ces modifications.



L'album idéal. Un disque Photo CD peut stocker de manière inaltérable jusqu'à 100 photos et accueillir vos anciens négatifs couleur

Kodak Photo CD

En créant une nouvelle dimension,
Kodak fait grandir l'émotion.

ou diapos 24 x 36. Vous pourrez ainsi constituer une véritable photothèque classée par année ou par thème. (vacances, anniversaires...).

Un processus d'une extrême simplicité.

Le système Kodak Photo CD ne change en rien votre pratique de la photo. A partir de votre pellicule 35 mm et de votre appareil photo 24 x 36, il vous suffit de demander à votre magasin le transfert de vos photos sur un disque Kodak Photo CD.

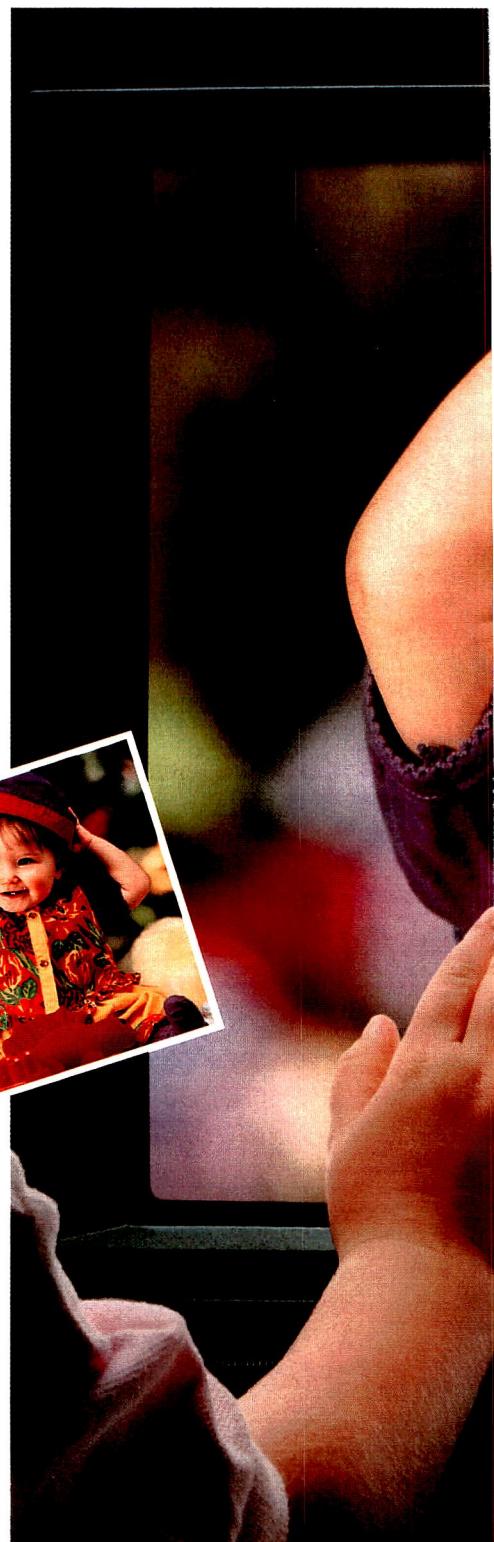
Le lecteur Kodak Photo CD : la musique aussi.

Enfin, confortablement installé chez vous, introduisez votre disque Photo CD dans votre lecteur Kodak Photo CD. Et lorsque vous aurez terminé de visionner vos photos, vous profiterez tout autant de vos disques compacts audio car ce lecteur est aussi un lecteur CD audio à la pointe de la technologie numérique. Kodak met à votre portée la technologie du futur.

Liste des magasins sur demande. N° Vert 05 46 24 36



Kodak. Toujours un déclic d'avance.





ticiens et patients. A l'heure actuelle, aucun essai n'a permis de donner une quelconque validité à la théorie homéopathique.»

Ce constat est jugé préremptoire par l'auteur du premier article, qui, à son tour, y fait objection. «Le *British Medical Journal*, écrit cet auteur, a publié en 1991 un article évaluant 107 essais cliniques de traitements homéopathiques. Les auteurs, trois épidémiologistes néerlandais, écrivaient en conclusion de leur analyse critique de ces essais : «Le grand nombre de résultats positifs, même dans les meilleures études, nous a beaucoup surpris. Nous serions prêts, sur la base de ces résultats, à admettre que l'homéopathie puisse être efficace, si seulement son mécanisme



d'action était plus plausible.» Et plus loin : «Les données présentées ici sont probablement suffisantes pour faire de l'homéopathie un traitement classique de certaines affections.» L'auteur de cet article conclut donc à la malhonnêteté intellectuelle des pourfendeurs d'homéopathie et crie à la désinformation.

Nous nous sommes référés à l'article en question, «Clinical trials of homeopathy», par Jos Kleijnen, Paul Knipschild et Gerben ter Riet, dans le *British Medical Journal* du 9 février 1991. D'entrée de jeu, les auteurs déclarent ceci : «Pour le moment, les preuves des essais cliniques sont positives,

mais insuffisantes pour en tirer des conclusions définitives, parce que la plupart des essais étaient de médiocre qualité méthodologique...» Et encore, préviennent ces auteurs, ils avaient choisi les résultats de la meilleure qualité méthodologique. Que dire du reste ! Concernant les 107 essais en question, qui n'ont pas été faits par eux, mais par d'autres, donc, ils écrivent ceci : «Les résultats ne reflètent pas nos conclusions, mais les implications faites par les auteurs des publications, qui nous semblent avoir été un peu trop optimistes.»

On est déjà loin des cocoricos sur lesquels notre lecteur nous interroge. Commentant un essai «de très haute qualité» effectué par le Groupe de recherches et

d'essais cliniques en homéopathie, commandé par le ministère français des Affaires sociales et réalisé par des chercheurs classiques et homéopathes, nos épidémiologistes rappellent que les premiers résultats, sur 150 patients «traités» à l'*Opium C15* et au *Raphanus C5*, semblaient indiquer que le temps de reprise du transit intestinal, après chirurgie abdominale, avait été abrégé par l'homéopathie.

Toutefois, rappellent les épidémiologistes hollandais, une contre-épreuve rigoureuse sur 150 patients, en double aveugle, c'est-à-dire selon la méthode éprouvée qui consiste à donner à certains le médicament à tester et à d'autres, un placebo, avait montré qu'il n'y avait aucune différence entre ceux qui

Tant qu'on ne verra pas d'iceberg
dans les Highlands...



LABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ, CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION.

avaient pris le traitement homéopathique et ceux qui n'avaient pris que le placebo. Il est inexact de présenter de telles constatations comme un satisfecit accordé à l'homéopathie.

Ces mêmes épidiémiologistes demandaient des essais rigoureux, parce que, écrivent-ils, «il est facile de dire qu'un essai a été réalisé en double aveugle, mais les patients ont plusieurs façons de violer les codes. Et cela pourrait expliquer les petites différences en faveur de l'homéopathie».

Ce sont là des déclarations d'un ton et d'une tenue très différents de ceux qui invoquent le défenseur de l'homéopathie et pourfendeur des pourfendeurs. Il n'est peut-être plus nécessaire de demander qui est coupable de désinfor-

mation. Le conseil qu'on donnera aux «pourfendeurs» est de contrôler leurs informations avec un peu plus de précision.

En tout état de cause, notre lecteur est informé : c'est *Que choisir-santé* (et nous, par la même occasion) qui faisaient de l'information au sens propre de ce mot.

Les clins d'œil de Nostradamus

«L'hypothèse de James Randi n'est pas absurde», écrit M. M. B., professeur d'histoire à Sénas, «particulièrement lorsqu'il parle de clins d'œil malicieux, d'allusions à peine voilées que Nostradamus aurait adressées à ses contemporains. Il se pourrait, en effet, que les "Centuries" soient aux

livres de prédictions et aux livres millénaristes de son temps ce que "Gargantua" et "Pantagruel" sont à l'"Iliade" et à l'"Odyssée", une sorte de chronique parodique. Par exemple, le quatrain 27 de la IV^e Centurie, que vous reproduisez, se laisse assez bien lire. Tout au moins par un Provençal qui connaît assez bien l'histoire de son pays.

»Dans les deux premiers vers sont citées les quatre villes qui délimitent le cœur de la Provence «profonde» : Salon, Tarascon, Saint-Rémy (Mausol, Sex, Larc, c'est à dire l'Arc de triomphe voisin du mausolée) et Arles, «où est debout encor la Pyramide». Celle-ci, monument antique de la ville, se dresse toujours sur la place d'Arles, face à l'église Saint-Trophime... Que feront ces quatre

villes ou, plutôt, les Provençaux du pays rhodanien ? «Ils livreront le Prince Dene-mark au temple d'Artémide...» Ce temple est, bien entendu, le monument funéraire que la reine «Artemide», en fait Artémise, fit construire pour son époux Mausol, donc le mausolée de Saint-Rémy. Mais qui est le «Prince Denemark» ? Ce n'est évidemment pas un parent de Hamlet, mais tout simplement un membre de l'aristocratique famille saillonnaisse De Mark.

»En effet, De Mark avait fait scandale en son temps. Gouverneur militaire de la ville d'Aix, il inclinait secrètement à la Réforme. Il aurait laissé des soldats protestants de la garnison semer des graines d'épinard sous les pieds nus des pénitents d'une procession en l'hon-

...on ne verra pas de glaçons dans le Single Malt ABERLOUR.



Pour apprécier la richesse de son arôme boisé et l'équilibre de sa saveur, dégustez le Pure Single Malt Aberlour pur, sans glace.



ABERLOUR

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

neur de la Vierge Marie. Outré, le comte de Carcès, lieutenant général de Provence, avait expulsé De Mark et ses soldats de la ville d'Aix... Cette "Journée des épinards", ainsi baptisée dans les chroniques provençales [...] ouvrirait le cycle des guerres de religion [...]. De Mark est donc invité par Nostradamus à se racheter, "Rachat honny [honteux]", en se rendant au mausolée. Mais pourquoi cette bizarrerie ? C'est ici qu'apparaît la malice de Nostradamus. A son époque, un pieux ermite s'était installé dans la partie supérieure du mausolée. Il confessait, absolvait et recevait des dons. De Mark est donc invité à faire le voyage à Saint-Rémy pour se racheter auprès de cet ermite. Et s'il ne le fait pas de son plein gré, il y sera contraint par les Provençaux...

»Pourquoi Nostradamus lui confère-t-il le titre de "prince" ? C'est à titre ironique, parce que les De Mark se prétendaient "princes de Tripoli" [...]. Je conclurai en rappelant que le fils de Nostradamus, César, a écrit une "Histoire et Chronique de Provence", dans laquelle il mentionne tous les faits que j'ai cités. Curieusement, il lui arrive de déformer les noms de lieux comme son père. C'est ainsi qu'il parle de la ville de "Morgues" sur la rivière "Gens". J'ai mis longtemps à comprendre qu'il s'agissait de Lorgues-sur-Argens.»

On ne peut que souhaiter que Randi enrichisse une prochaine réédition de son ouvrage d'une étude de l'*Histoire et Chronique de Provence*, commencée par Jean, frère de Nostradamus, et terminée par César, son fils, ainsi que le précise ce lecteur érudit et clairvoyant.

Nostra culpa

La présidente du conseil régional du Nord-Pas-de-Calais, Mme Marie-Christine Blandin, nous adresse la lettre suivante :

«Les quelques moments de loisir de l'été me permettent de retrouver avec plaisir des lectures familiales, mais récemment délaissées en raison de mes nouvelles fonctions. Je lisais avec intérêt votre article sur Villeneuve-d'Ascq [Science & Vie n° 899, p. 54], lorsque les der-



nières phrases

m'ont fait bondir. "Et la présidente verte de la région Nord-Pas-de-Calais ne se serait pas déclarée "indignée" par l'intoxication dont ont été victimes onze petits Villeneuvois.

»La seule allusion publique à ce fait divers fut sur FR3, un dimanche soir (celui de la fête des mères, je crois), à 19 h 30. Le journaliste présentait l'actualité et m'invitait à quelques brefs commentaires sur chaque sujet.

»Je connaissais les circonstances de l'hospitalisation des gamins et, quand le journaliste ouvrit le débat, il était sincèrement convaincu du risque et du côté scandaleux. Il m'a dit : "Cela vous indigne, bien sûr, qu'on laisse traîner n'importe quoi à la portée des enfants".

»Je savais le caractère anodin des granules. J'avais quarante secondes. Je n'alais pas lancer un débat sur l'homéopathie ! J'ai confir-

mé qu'il était scandaleux que les déchets industriels soient en général non surveillés. "Indignation !"

»Pour le problème particulier des médicaments, j'ai précisé qu'une bonne fois pour toutes, le consommateur a le droit de savoir le contenu des produits et que de rigoureuses analyses s'imposaient. C'est un peu, d'ailleurs, ce à quoi vous avez joué avec vos tubes d'"Arsenicum album"...

»Inutile de vous dire que la sympathie qu'avait éveillée en moi l'humour de votre article s'est effondrée au vu de la malhonnêteté de votre petit trait de plume final... Ou bien vous avez été mal informé (procurez-vous l'enregistrement de l'émission, ou téléphonez au journaliste qui fut contrit que je lui apprenne hors antenne qu'il avait été victime d'une mauvaise information), ou bien vous avez choisi une chute rédactionnelle sans état d'âme sur la véracité des propos cités...

»Pourquoi est-ce que je prends sur mon temps pour vous écrire ? Parce que vous êtes le premier journal à me piéger par cette méthode, parce que cela me met en colère en tant que professeur de physique et de biologie d'être rangée dans un clan qui n'est pas le mien, parce que, à l'heure où les écologistes acquièrent plus de crédibilité, un coup de griffe comme le vôtre peut renvoyer vos lecteurs à des opinions négatives pour nous, du style "écologistes irrationnels", ou positives et inconditionnelles pour ce que nous dénonçons : le nucléaire, etc.

»Bien sûr, ceci n'est pas un droit de réponse, le mal (petit, certes) est fait. Mais je tenais personnellement à

dire à Pierre Rossion qu'il gagnerait à être aussi rigoureux quand il retransmet les propos des autres que devant ses granules.

»Tout ça pour trois lignes ? Oui, nous avons la sensibilité à fleur de peau, mais pas de rancune.»

Nous regrettons sincèrement cette bêtise qui est plus qu'une erreur, une faute. Nous eussions dû, en effet, remettre au net une information déformée. Nous présentons donc nos excuses à Mme Blandin, et rendons hommage à l'éloquence convaincante de sa réponse. Du fait qu'avec une bonne grâce rare, elle n'excipait pas du droit légal de réponse, nous n'y avons été que plus sensibles, et c'est pourquoi nous avons publié sa lettre dans son intégralité.

La roulette russe du restaurant chinois

«L'article de J.-M. Bader, dans votre n° 899, "La roulette russe du restaurant chinois", contient des informations plus qu'inquiétantes», écrit M. S.V., de Franconville, «quand on voit le nombre de produits contenant du glutamate. "Le glutamate ingéré détruit les cellules du cerveau", "le glutamate rend fou", etc. J'ai tout d'abord espéré avoir affaire à un de vos fameux "blurgs", mais je n'ai malheureusement pas trouvé ce terme en marge de l'article. Il s'agit donc d'un article sérieux sur la santé. Permettez-moi alors de m'inquiéter sur l'avenir de nos neurones. Il semble donc que notre alimentation contenant du glutamate conduise à une génération de dégénérés d'ici tren-

(suite du texte page 24)

Ce que je ferai
plus tard, je veux
savoir le faire bien.

Pauline Chauvat.

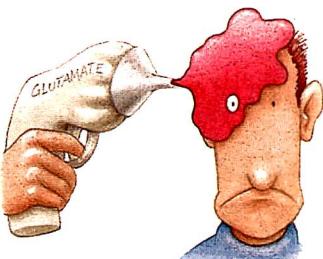
Son Conseiller
du Crédit Agricole.



VOUS FAITES BIEN M'EN PARLER.

Bien démarrer, c'est se donner toutes les chances de bien réussir.

Autant le faire avec une banque capable d'accompagner tous les moments forts de votre vie. Au Crédit Agricole, pour être au plus près de vos préoccupations, nous vous proposons des solutions financières qui vous permettent, par exemple, d'attendre un premier salaire, de faire face à votre premier loyer, ou encore de vous constituer une épargne en toute liberté. Pour vos questions d'aujourd'hui comme pour celles de demain, nos Conseillers prendront le temps de vous écouter pour mieux vous informer.



te ans. L'article mentionne une susceptibilité particulière de certains individus, et c'est sur ce point que j'aime-rais avoir quelques précisions : comment savoir qui est plus sensible ? Ces personnes sont-elles nombreuses ? Le glutamate n'agit-il que sur ces sujets, ou bien sommes-nous tous menacés à long terme ?

»De toute façon, même si le glutamate n'était dangereux que pour certaines personnes, il me semble qu'il serait bon de réglementer son utilisation, plutôt que de l'interdire.

»Par ailleurs, il est plutôt étrange que les médias ne s'intéressent pas à ce sujet, puisque le glutamate semble si dangereux. Bien sûr, il est connu que "Science & Vie" est toujours à la pointe des découvertes scientifiques, mais il serait peut-être temps d'alerter les gens qui ne lisent pas votre revue...»

Nos mises en garde à l'égard du glutamate sont bien antérieures à cet article de fond : elles datent de mai 1978, n° 728, et nous valuent de sévères mises en demeure des producteurs de cet agent de sapidité, assorties de menaces de procès et accompagnées d'articles scientifiques "prouvant" l'inocuité du glutamate. Nous avons repris nos critiques dans nos numéros 858, 872 et 879, avant l'étude de fond de J.-M. Bader. Ce n'est que devant l'amoncellement des preuves de la nocivité de cette substance que ces menaces ont disparu. Reste évidemment à convaincre les pouvoirs publics de la nécessi-

sité de réglementer très strictement l'utilisation du glutamate, sinon de l'interdire tout à fait, comme on le fit pour le colorant dit "jaune de beurre", dont il se révéla qu'il était cancérogène.

Il serait excessif d'avancer, comme le fait notre lecteur, que le glutamate conduira à une "génération de dégénérés", mais comme il est difficile d'établir qui y est sensible et qui ne l'est pas, il est certain que beaucoup de gens peuvent souffrir de symptômes qui leur paraissent mystérieux alors qu'ils ne sont dus qu'à une intolérance au glutamate.

De plus, le rôle neurologique important de cette substance fait qu'il est au moins aussi imprudent d'en autoriser l'usage général que ce le serait pour la noradrénaline ou la L-dopa.

M. R.D., de Dole, attire notre attention sur une coquille dans le même article. «Après avoir écrit en caractères gras : "Le glutamate peut-il donner du diabète?", vous dites : "La découverte du diabète dans le pancréas..." Sauf incompréhension de ma part, il s'agit de la découverte du glutamate et non du diabète.»

C'est tout à fait exact et nous prions nos lecteurs de bien vouloir nous pardonner cette erreur.

Téléviseurs cinémascopé

«A quelques mois d'intervalle», observe M. B.P., d'Achères, «j'ai pu lire dans votre revue deux articles aux titres accrocheurs, l'un "Les téléviseurs cinémascopé" (n° 890) et l'autre, "La vidéo au format cinémascopé" (n° 898). En tant que technicien de projection ci-

nématographique, j'aime-rais apporter quelques précisions sur le sujet. D'abord, le format de projection est le rapport entre la longueur et la hauteur d'un écran. Si vous voulez comparer honnêtement le format cinémascopé (2,35/1) au format des nouveaux téléviseurs (16/9), il faudrait leur trouver un dénominateur commun. Ainsi, 16/9 = 1,77/1. Pour un film cinémascopé diffusé

pleine image (sans bandes noires en haut en bas) sur un téléviseur nouveau format 1,77/1, la perte sera encore d'un quart de l'image (1,77/2,35 = 0,75), ce qui est mieux qu'avec un téléviseur au format standard 1,33/1 (4/3), mais encore bien loin du "téléviseur cinémascopé". Pour un film de 70 mm au format 2,2 comme "Lawrence d'Arabie", dont une image illustre votre deuxième article, la perte sera d'un cinquième de l'image (1,77/2,2 = 0,80), ce qui n'est pas "un léger ajustage de format". Il n'y a que pour les formats panoramiques 1,65/1 et 1,85/1 que la perte sera négligeable (de l'ordre de 5%). Télé-spectateurs, résignez-vous, il vous faudra encore vous déplacer dans les salles obscures pour voir des films en cinémascope !»

Ce lecteur a raison sur les formats... mais nous l'avons précisé dès le début de l'article du n° 890 (p. 134, première colonne). Le téléviseur n'ayant qu'un format de 16/9, l'utilisateur pourra ajuster le format du film par télécommande, de façon à avoir une image non amputée. Pour certains formats cinéma, cela laissera encore une bande noire en haut et en bas de l'écran, certes, mais bien moins qu'avec l'actuel 4/3.

Des dangers de la verve

M. G.B., de Nantes, dont nous avons publié des extraits de lettre dans notre n° 897 sous le titre "Trop gober nuit, trop douter cuit", répond à nos commentaires. Une fois de plus, il témoigne de la verve talentueuse, mais périlleuse, qui caractérisait sa première lettre.

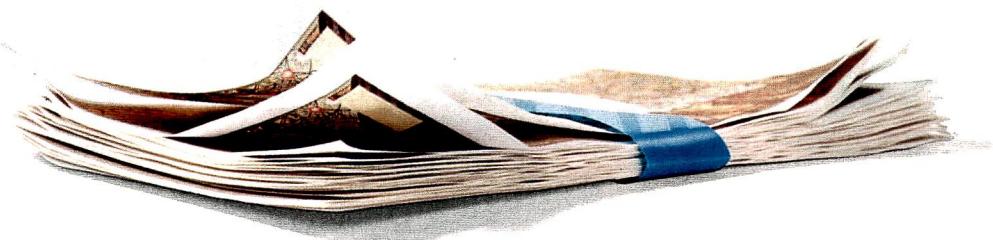
«Vous affirmez que l'objet de ma lettre est de mettre en cause les vaccins et de vouloir les supprimer [il écrivait dans sa première lettre : "La médiatisation outrancière des vaccins semble, hélas, n'avoir d'autre but qu'un rapport immédiat et substantiel pour le laboratoire. Sous cette constante pression psychologique, n'en arrivera-t-on pas à faire vacciner, contre toutes les maladies existantes, les enfants dès leur naissance ? Avec quelles conséquences..."]. Ne tombons pas d'un excès dans l'autre, SVP. Certes, il peut y avoir parfois de cela : par exemple, chaque début d'hiver, nous assistons à un matraquage outrancier et systématique, orchestré par les médias, pour inciter le bon public à se faire vacciner contre la grippe. On nous décrit avec délectation le péril apocalyptique d'une épidémie chaque fois plus dangereuse, voire mortelle. Vous ne pouvez nier, sous peine de tendancieuse mauvaise foi, que l'objet principal est bien d'ouvrir un nouveau et juteux marché aux laboratoires... auquel la Santé publique et le fameux "trou" de la Sécurité sociale importent autant que l'an quarante.»

Nous n'avons pas conscience d'un "matraquage", ni de la représentation jouissive d'un "péril apocalyptique". Sans doute

(suite du texte page 28)

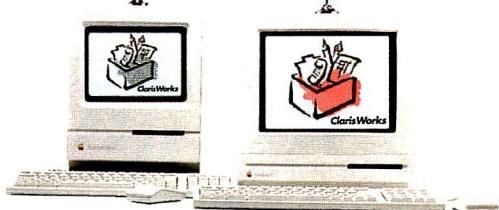
Aujourd'hui, le travail sur Macintosh réduit considérablement la consommation de papier.

Apple, le logo Apple, Macintosh, Macintosh LC, sont des marques déposées d'Apple Computer Inc. Claris est une marque déposée dont la licence a été concédée à Apple Computer Inc. Claris et ClarisWorks sont des marques de Claris Corporation.



9.012,60 F
6.300 F

15.299,40 F
8.990 F



Macintosh Classic 2/40

Macintosh LC 4/40

* prix maximum. ** prix public conseillé par Apple au 31 août 1992. *** il s'agit du logiciel ClarisWorks à l'exception de certains manuels et des supports magnétiques. L'offre est applicable dans la limite des stocks disponibles chez les revendeurs agréés Apple participant à l'opération.

Jusqu'au 31 décembre, Macintosh affiche de nouveaux prix.

Jusqu'au 31 décembre 1992, le Macintosh Classic 2/40 ne coûte que 6.300 F* au lieu de 9.013,60 F**; le Macintosh Classic 4/40 : 6.900 F* au lieu de 9.725,20 F** et le Macintosh LC 4/40 muni d'un moniteur 12 pouces couleur passe de 15.299,40 F* à 8.990 F**. Ces Macintosh sont prêts à être utilisés immédiatement grâce au logiciel ClarisWorks*** installé sur leur disque dur. En une seule application, ClarisWorks combine les fonctions de traitement de texte, dessin, tableur, grapheur, gestion de fichiers et communication. Comme vous risquez de ne pas être le seul intéressé par ces informations, dépêchez-vous de taper 3615 Apple pour connaître l'adresse du revendeur agréé Apple le plus proche de chez vous. **A chacun son Macintosh.**



Apple

UN COUPÉ DE CARACTÈRE.



CITROËN préfère TOTAL

En remportant le rallye PARIS-MOSCOU-PEKIN, la CITROËN ZX RALLYE RAID a démontré sa force de caractère. Cette force de caractère qui anime tous les coupés de la collection CITROËN ZX s'exprime pleinement avec le nouveau coupé CITROËN ZX 16 V. Ses pneus taille basse, ses jantes alliages, son déflecteur avant et son becquet arrière soulignent le dynamisme de sa ligne.

Ouvrez la portière et vous apprécierez alors son habitabilité

(5 vraies places) et son intérieur de caractère : volant sport gainé cuir, sièges sport à réglage lombaire côté conducteur.

Puis tournez la clé de contact et là encore le nouveau coupé CITROËN ZX 16 V vous montrera son caractère : moteur injection 16 soupapes à catalyseur 1998 cm³ développant 155 ch DIN (soit 111,6 kW CEE à 6500 tr/mn), couple de 19 mKg DIN à 3500 tr/mn, direction assistée, 4 freins à disques ventilés à l'avant, système ABS

4 capteurs, et une tenue de route exceptionnelle grâce à l'essieu arrière à effet autodirectionnel.

Enfin, comme le nouveau coupé CITROËN ZX 16 V suscitera bien des convoitises, une alarme anti-vol périmétrique et volumétrique, une condamnation centralisée des portes (avec ouverture à distance) en intimideront plus d'un.

Consommations normes UTAC : 5,9 l à 90 km/h - 7,8 l à 120 km/h - 11,3 l en cycle urbain. Nouveau coupé CITROËN ZX.

NOUVEAU COUPÉ CITROËN ZX



CITROËN

sommes-nous mal informés. Mais avancer que l'"objet principal" des laboratoires est de faire de l'argent nous semble léger. Grâce aux vaccins, en effet, le nombre de cas de coqueluche est tombé, en France, de 5 516 cas (dont 207 décès) en 1961 à 83 en 1985. Le nombre de cas de diphtérie est tombé aussi de 726 cas (avec 23 décès) pour la même année 1961 à 4 en 1985. Le nombre de poliomyélites est également tombé de 1 513 (dont 126 décès), toujours en 1961, à 2 cas en 1985. M. G.B. continuera-t-il à redouter les "conséquences", évoquées de façon oratoire, d'une vaccination des enfants, sous une affreuse "pression psychologique" ?

«Bientôt, poursuit-il, à force de pressions psychologiques, on vaccinera contre

le rhume, qui touche des milliards d'habitants de notre planète. [...] Evidemment, vous avez beau jeu de parler de nos chères petites têtes blondes, victimes de tous les fléaux par dizaines de milliers chaque année : on en pleurera d'émotion dans les chaumières. La démagogie a encore de belles heures devant elle.»

Laissons à ce lecteur la responsabilité de ses accusations. Précisons, incidemment, que nous ne parlons pas que des "petites têtes blondes", mais de toutes les petites têtes, noires ou brunes. Il avait attaqué la recherche scientifique, et s'étonne que nous n'ayons pas aussi publié ces passages de sa lettre :

«Quid de ma vigoureuse diatribe sur les "chercheurs" et leurs interminables tra-

vaux ? [...] Rien. Pas un mot. Est-elle si dérangeante ? Et pourtant... Vous-mêmes apportez de l'eau à mon moulin à propos de cette vaillante cohorte. Je vous cite : "La médecine de 1992 ne guérit pas plus de cancers que celle des années soixante" (n° 897, p. 122). J'espère que ces messieurs ont passé une belle et bonne vie, accompagnée d'un salaire "confortable" ! Sans souci de résultats que personne n'aurait ni le mauvais goût, ni l'audace de leur demander !»

La verve peut jouer de mauvais tours et elle a, en tout cas, fait détourner le sens de la citation sur le cancer, tirée de l'article "Mammographie pour toutes" du n° 897 : en effet, cette phrase concerne le seul cancer du sein, sujet de l'article ; les 10 000 décès que nous citions

sont ceux de la mortalité par cancer du sein, la mortalité annuelle féminine totale par cancer étant de 55 663. Notre article invitait à un dépistage précoce, qui réduit la mortalité de 40 % à 60 %. Or, le dépistage est aussi le produit de la recherche, et nous ne voyons pas pourquoi ce lecteur met le mot chercheur entre guillemets.

Il est exact que de nombreux cancers restent rebelles à la médecine ; c'est qu'ils se déclenchent à l'échelon cellulaire, qui est l'objet de la biologie moléculaire. Le cancer est affaire d'ADN, et l'ingénierie génétique s'efforce, en effet, de lutter contre le cancer à ce niveau infinitésimal. Par exemple à l'aide des immunotoxines.

Nous ne passons pas, à "Science & Vie", pour être



MODÈLES PRÉSENTÉS : STYLOS PLUME REPLICA EN ÉBONITE Verte JASPIÉE ET PRESS MASTER EN PLEXIGLAS NOIR. PLUME ET ATTRIBUTS OR.

POUR TOUT RENSEIGNEMENT SUR LES POINTS DE VENTE :

RICCIFE - 9, ROUTE DE VERRIÈRES - 92365 MEUDON-LA-FORÊT CEDEX - FRANCE - TÉL. : 33 (1) 40 94 03 84 - FAX : 33 (1) 46 30 30 97

tendres à l'égard des chercheurs, furent-ils célèbres, dont les résultats sont maigres ou douteux. Ni des laboratoires désinvoltes ou trop cupides. Mais nous ne mettrions certes pas l'ensemble de la recherche et des laboratoires au pilori, comme le fait ce lecteur.

Un lecteur s'étonne

Abonné depuis 1938, ce qui fait donc cinquante-quatre ans, M. J.-P.N., de Meaux, nous adresse une longue lettre dont nous extrayons les passages suivants (le reste, encore plus élogieux, a été censuré par la modestie) : « Je suis toujours surpris des motifs singuliers de désabonnement de lecteurs dont les re-

proches sont une mixture d'ingratiitudes. »

» [...] J'apprécie vos exposés et vos rectifications, réalisés avec une objectivité non sectaire. [...] Il est très réconfortant d'honorer, comme vous le faites, la conscience de ceux qui, humblement et opinièrement, utilisent leurs forces musculaires et leurs facultés intellectuelles afin d'améliorer les conditions d'existence des générations actuelles et futures. »

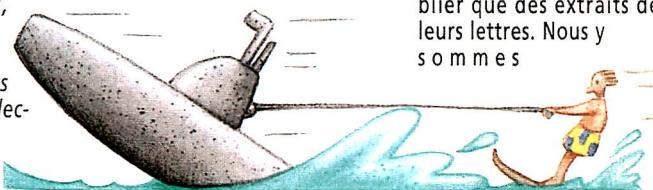
En plus d'un demi-siècle, ce lecteur est donc familier de la volonté d'information et de vérité qui anime la revue *Science & Vie*. Heureusement, il est d'autres

lecteurs qui en prennent plus vite conscience !

n° 899. C'est exact, et nous les prions de nous excuser : cinquante noeuds, c'est un peu vite, même pour un sous-marin de roman.

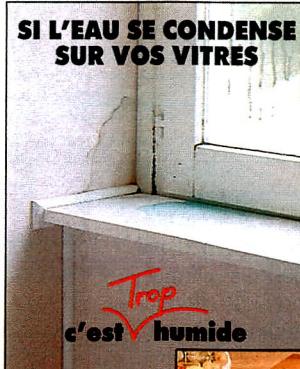
“Octobre rouge” n'allait pas si vite

Plusieurs lecteurs nous ont écrit et téléphoné pour nous rappeler que le sous-marin



soviétique *Octobre rouge* dans le roman du même nom de Tom Clancy n'allait pas à cinquante noeuds, comme nous l'avons écrit un peu vite dans notre article « Le vaisseau presque fantôme est japonais », de notre

contraints, sans quoi nous ne publierions parfois qu'une ou deux lettres par numéro. Nous rappelons donc que plus une lettre est brève et concise, plus elle a de chances d'être incluse dans le « Forum ».



À L'HUMIDITÉ

En une seule journée, un **EBAC** peut éliminer de l'atmosphère de votre maison jusqu'à 12 litres d'eau. Un seul appareil suffit pour résoudre vos problèmes d'humidité dans toute l'habitation : branchez simplement le déshumidificateur **EBAC** sur une prise de terre. Un hygromètre réglable permet alors de sélectionner

le taux d'humidité désiré. Contactez l'un de nos revendeurs : BHV, BOULANGER, BRICOSPHERE, CASTORAMA, MAISON CONSEIL, OBI... ou demandez une documentation gratuite en appelant le :

N°Vert 05.14.12.10

EBAC : L'HUMIDITÉ VAINCU



S&V Nov 902

Ebac
Déshumidificateurs
1er constructeur
européen

Claude Michel Publicité

PAR JACQUES LEGÈNE ET PIERRE ROSSION

BIENTÔT LA CARTE GÉNÉRALE DE NOS CHROMOSOMES

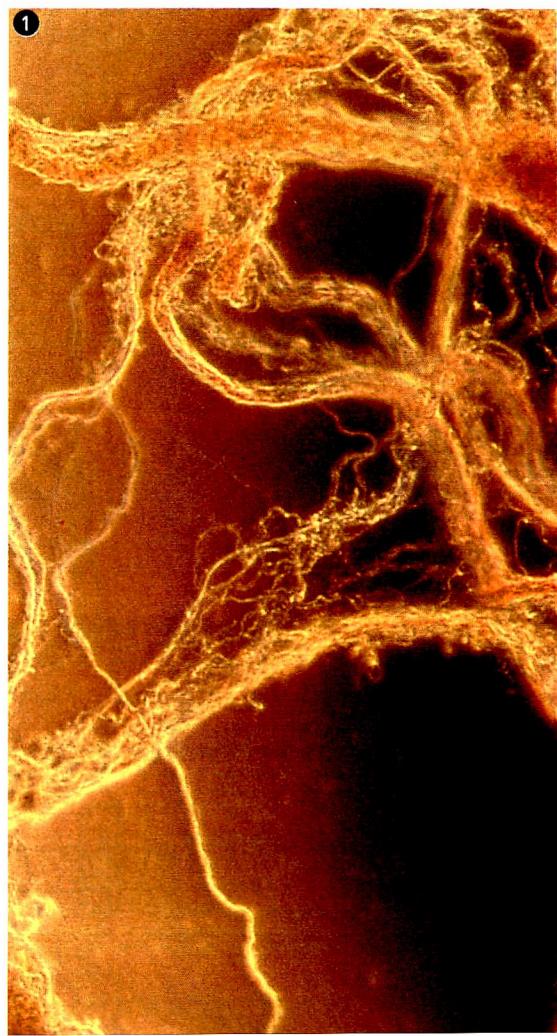
En avance sur les prévisions les plus optimistes, deux petites équipes, l'une française, l'autre américaine, annoncent avoir établi chacune une première carte d'un chromosome humain tout entier: le chromosome 21, source notamment du mongolisme, et le chromosome Y, qui caractérise l'identité masculine.

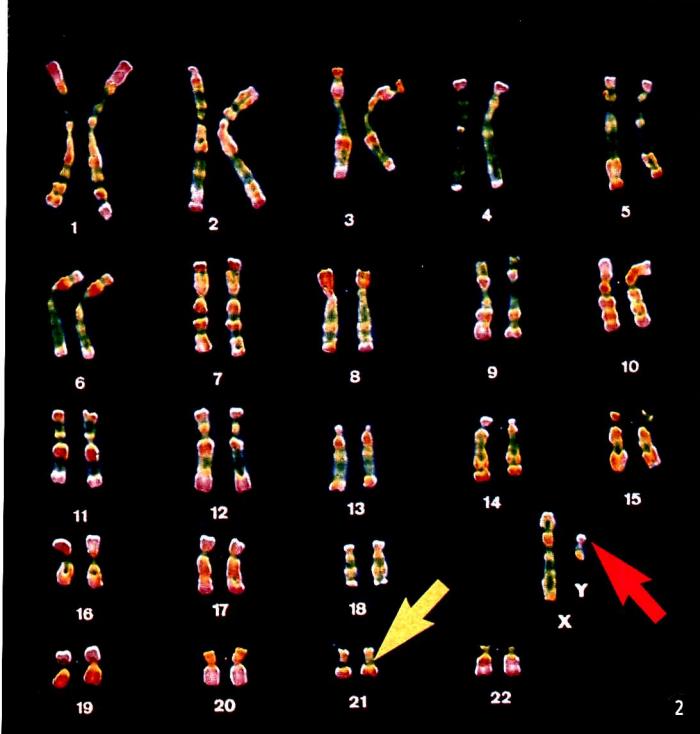
L'inspirateur de l'équipe française, le Pr Daniel Cohen, affirme sa conviction d'être en mesure de proposer pour la première fois, d'ici un an, la carte globale de notre génome, c'est-à-dire de tous nos chromosomes. Est-ce une promesse? Une menace? Voyons les faits.

Voilà près de deux ans, *Science & Vie* avait présenté en détail le programme international Génome humain, qui venait d'être lancé. But : établir une carte détaillée de nos chromosomes, afin d'y localiser tous les gènes⁽¹⁾. Depuis, le progrès s'est accéléré.

Rappelons d'abord le B-A BA. Nos 40 mille milliards de cellules (peau, muscles, nerfs...) contiennent chacune dans leur noyau 23 paires de chromosomes, dans lesquelles sont enfermées, depuis la cellule initiale consacrant le mariage entre le spermatozoïde de notre père et l'ovule de notre mère, toutes les instructions nécessaires à notre survie. Chaque chromosome est un long filament d'acide désoxyribonucléique (ADN). Cette molécule est un serpentin à deux bandes formée d'une longue suite d'unités fondamentales, les (minuscules) nucléo-

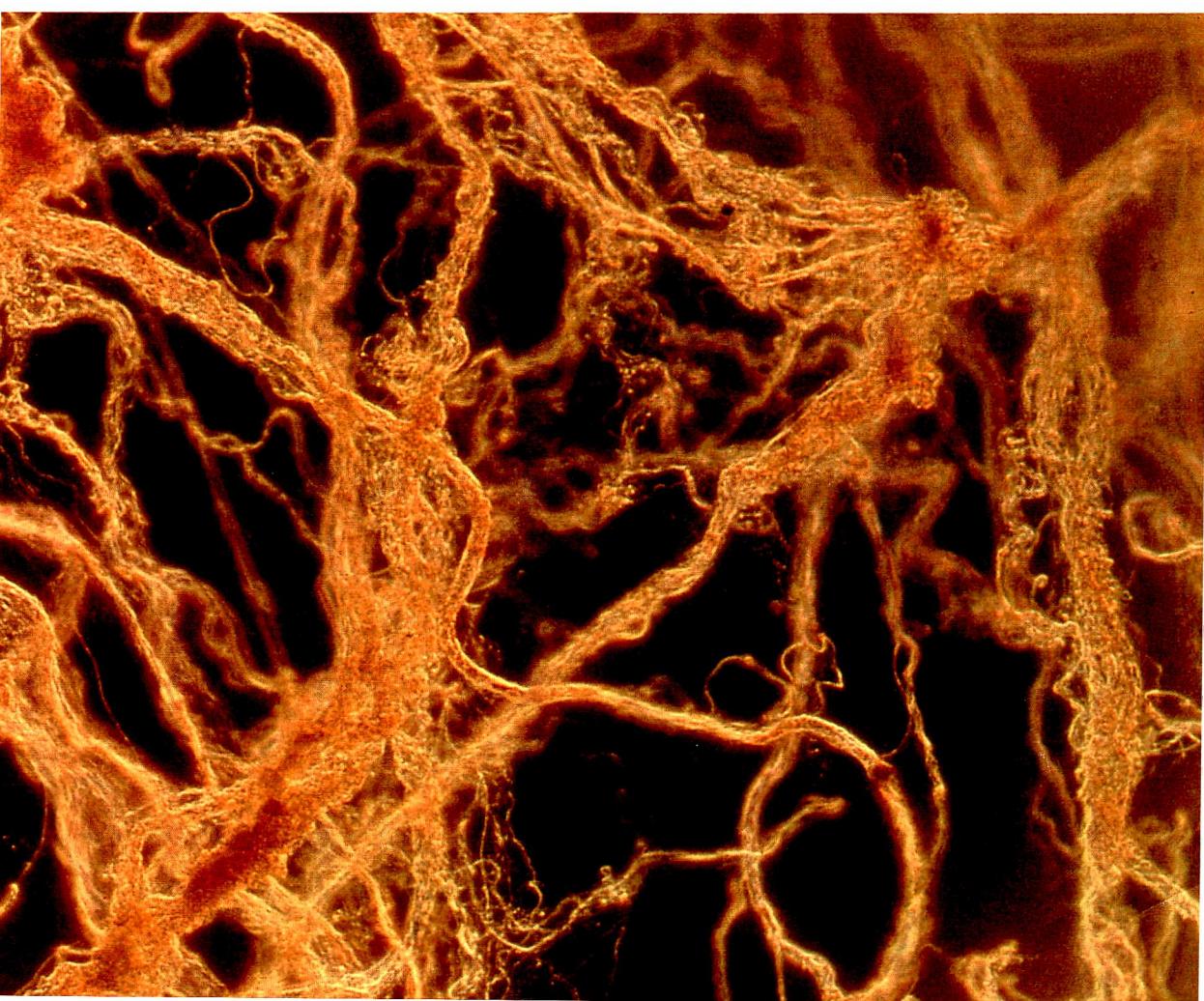
(1) "Plan détaillé pour faire un homme", dans notre numéro de janvier 1991.





La vie tient à ce fil

- 1 Dans une cellule humaine au repos l'ADN apparaît sous forme d'un mince filament pelotonné sur lui-même, qui aurait une longueur physique de 1,80 m s'il était entièrement déroulé.
- 2 Au moment de la division cellulaire il se ramasse sur lui-même et se scinde en 23 paires de chromosomes, la vingt-troisième paire étant les chromosomes sexuels : X et Y chez l'homme, X et X chez la femme. Une équipe française du laboratoire Génethon a réussi la cartographie physique du bras long du chromosome 21 (**flèche jaune**), tandis qu'une équipe américaine du Massachusetts Institute of Technology obtenait celle du chromosome sexuel Y (**flèche rouge**).



DU GÈNE À LA SYNTHÈSE D'UNE PROTÉINE

Les lettres A, C, G, T, qui sont les initiales des quatre bases (adénine, cytosine, guanine, thymine), peuvent être considérées comme les quatre notes utilisées par la nature pour écrire la partition de la vie. La lecture de cette partition se traduit par la fabrication des protéines, constituants fondamentaux des tissus, des organes et des mécanismes biologiques d'un être humain. L'insuline, par exemple, est une protéine fabriquée par certaines cellules du pancréas; les sucs gastriques sont d'autres protéines fabriquées par certaines cellules de la paroi de l'estomac. L'hormone de croissance et d'autres enzymes sont également des protéines.

Les

protéines sont toutes constituées d'une chaîne d'acides aminés (au départ ils nagent isolément dans la cellule) alignés dans un ordre bien déterminé et caractéristique de la protéine en question. Elles sont synthétisées à partir de mécanismes cellulaires qui sont à même de lire la partition écrite sur l'ADN, puis d'assembler un à un les acides aminés, selon l'ordre des notes. Ces notes sont agencées en groupes de trois, et chacun de ces trios correspond à un acide aminé particulier. On dit qu'il "code" pour cet acide. Par exemple, le triplet

GCA code pour l'acide aminé alanine, le triplet CCA pour la proline.

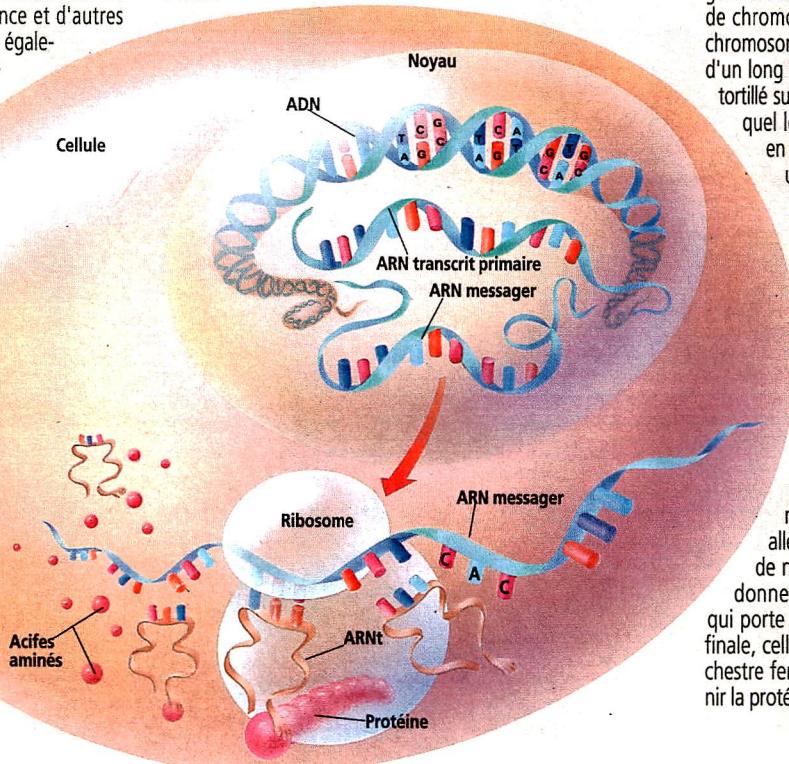
Dans la cellule, cette musique est lue par un petit organe (un organite) appelé ribosome, sorte de chef d'orchestre qui déchiffre un triplet et ordonne à un musicien appelé ARNt d'aller chercher l'acide aminé correspondant. Ensuite, il lit le triplet suivant et fait chercher l'acide aminé correspondant pour le faire accrocher au précédent. Et ainsi de suite, jusqu'à lire le dernier triplet de la phrase musicale. On dit que celle-ci

code pour la protéine constituée par ces acides aminés.

Cette phrase musicale, c'est ce que l'on appelle un gène. En langage scientifique, on le définit comme "un cadre de lecture ouvert", (en anglais, open reading frame) parce qu'il est limité à ses deux extrémités par deux trios caractéristiques: au début ATG qui code pour l'acide aminé méthionine, à la fin un triplet, dit non sens (TAA, par exemple), parce qu'il ne correspond à aucun acide aminé, et indique que la synthèse protéique est terminée.

En termes plus simples, un gène est un tronçon d'ADN (ou de chromosome, puisque les chromosomes sont constitués d'un long filament d'ADN entortillé sur lui-même) dans lequel les bases ordonnées en trios codent pour une protéine déterminée.

Dernière petite précision : avant d'être lu par le chef d'orchestre, cet ADN, qui est une double hélice torsadée, est recopié en simple hélice (dite ARN transcript primaire), laquelle est allégée de tout un tas de notes (inutiles) pour donner l'ARN messager, qui porte la phrase musicale finale, celle que le chef d'orchestre fera jouer pour obtenir la protéine.



tides. Lesquels sont eux-mêmes constitués de trois micromolécules : un phosphate, un sucre et une base. Les phosphates et les sucre forment les bandes du serpentin, qui s'enroulent l'une sur l'autre pour former une double hélice. Les bases, associées deux à deux, forment des petits liens per-

pendiculaires aux deux bandes, comme les barreaux d'une échelle torsadée. Ces bases sont de quatre types, et c'est l'ordre de leur agencement qui détermine les instructions qui nous font vivre (voir encadré ci-dessus).

La totalité de notre matériel génétique est ainsi

constituée d'une très longue série de paires de bases, répartie sur nos chromosomes. Le problème, pour les biologistes, c'est que cette série est vraiment très longue. Et impossible à observer avec les meilleurs microscopes : quelque trois milliards de barreaux qui s'égrènent sur de minces filaments d'un millième de millimètre d'épaisseur ! Comment dresser la carte précise de cette succession de micromolécules ? Comment identifier à coup sûr celles qui jouent un rôle ? Et surtout comment identifier ce rôle ? C'est à cette tâche plus que pharaonique que depuis une dizaine d'années se sont attelés de par le monde un nombre sans cesse croissant de biologistes moléculaires.

Un jeu d'approche. Au début, les chercheurs ont agi en ordre dispersé. Chaque équipe imaginait dans son coin la méthode qui lui paraissait appropriée. Les pronostics étaient parfois sombres. Il y a deux ans, J. Clairborne Stephens, du National Cancer Institute, aux Etats-Unis, tentait une synthèse des connaissances pouvant être utiles à une cartographie du génome humain. Il concluait à la quasi-impossibilité de la tâche. Il soulignait dans la revue *Science* l'insuffisant échange d'informations, l'absence d'une nomenclature s'imposant à tous, et la difficulté de comparer entre elles des ébauches de cartes de conception et d'échelle différentes.

Le programme Géno-
me humain avait précisé-
ment pour objectif de
mieux coordonner les
efforts. Lancé sous la
houlette de James Watson,
l'un des découv-
vreurs (1953) de la
structure de la double
hélice décrite plus
haut, ce programme
s'est bientôt organisé
autour de deux pôles
principaux : les Natio-
nal Institutes of Health
aux Etats-Unis, et le
Centre d'étude du

polymorphisme humain (CEPH) en France. Créé par "notre" prix Nobel Jean Dausset et codirigé par le Pr Daniel Cohen, le CEPH est un organisme privé dont l'objectif fondamental est de contribuer à identifier les gènes impliqués dans les maladies. Ces deux organismes font aujourd'hui le point sur l'état du savoir, qui, en deux ans, a beaucoup progressé. Pour la première fois, est publiée une carte de chaque chromosome rassemblant toutes les données connues exprimées avec la même unité de mesure (2).

Il s'agit d'une carte dite génétique, fondée sur le repérage des degrés de proximité entre les portions de l'ADN qui sont identifiées. C'est plus compliqué qu'une carte Michelin ! Le repérage est rendu possible par l'analyse de ce qui se passe quand une cellule germinale, chez l'individu arrivé à l'âge adulte, se transforme en cellule sexuelle, ovule ou sperma-

(2) *Science*, 2 octobre 1992.

DE LA MALADIE AU GÈNE

On n'a pas attendu que les cartes génétiques et physiques du génome soient réalisées pour identifier quelques gènes responsables de maladies. On connaît déjà, entre autres, les gènes de l'hormone de croissance, dont le déficit entraîne le nanisme, le gène de l'insuline, à l'origine d'une forme de diabète, le gène de la neurofibromatose, maladie congénitale caractérisée par la présence de malformations tumorales au niveau de la peau, le gène d'une forme de retard mental liée au chromosome X, le gène du cancer du côlon et le gène de la mucoviscidose, maladie qui affecte environ 8 000 enfants et jeunes adultes en France et qui se traduit par la production d'un mucus épais qui engorge les poumons.

Tout récemment des chercheurs français et américains ont découvert une anomalie génétique impliquée dans une forme d'hypertension artérielle. Et, presque simultanément, des chercheurs californiens auraient

décélé un gène responsable de deux types de leucémie (les leucémies lymphatique et myélogène) qui affectent les enfants de moins de deux ans. Le gène serait également lié à d'autres leucémies dont souffrent aussi bien les enfants que les adultes.

Pour identifier plus exactement le gène responsable d'une anomalie, une technique utilisée consiste à partir de la protéine défective et à remonter les étapes de sa fabrication par la cellule, détaillées dans l'encadré ci-contre. Voici le principe du procédé.

1. On analyse la protéine pour connaître la chaîne d'acides aminés qui la composent, et on reconstruit en laboratoire l'ARN messager qui a permis leur assemblage.

2. A partir de cet ARNm, on sait reconstruire l'ADN correspondant. Mais cet ADN – appelé ADNc – n'est pas exactement conforme à l'ADN du gène recherché, puisque, dans la cellule (comme décrit dans

l'encadré ci-contre), il y a eu, lors de la transcription entre le gène et l'ARN messager, élimination d'un certain nombre d'informations.

3. Cependant, le matériel génétique a une propriété intéressante : deux brins d'ADN mis en présence l'un de l'autre, s'accorderont entre eux aux endroits où ils se reconnaissent (lorsqu'il s'en trouve, bien sûr). Or si l'ADNc et l'ADN du gène ont quelques différences, ils restent très proches. On se sert donc de l'ADNc – celui que l'on a reconstitué à partir de la protéine malade – comme d'une sonde : mise en présence de l'ensemble de l'ADN de la cellule, la sonde ira s'accorder au gène recherché. Comme on aura pris soin de rendre cette sonde phosphorescente, on réussit à isoler ledit gène.

Les cartes génétiques et physiques, quant à elles, permettent de circonscrire considérablement le champ de recherche d'un gène sur un chromosome.

tozoïde. L'ADN des cellules se dédouble alors et il se produit un échange entre certains fragments hérités du père et d'autres hérités de la mère. Or ces échanges sont d'autant plus fréquents que les fragments en question sont éloignés les uns et des autres. Il est donc possible, en étudiant chez les descendants d'un individu la fréquence de séparation de deux caractères normalement liés, comme les yeux bleus et les cheveux blonds, la distance relative qui sur le chromosome séparent les deux gènes qui leurs correspondent⁽³⁾. Il y a beaucoup de relations de ce type.

De relation en relation, les généticiens ont ainsi repéré un certain nombre de sites, entre lesquels

les distances peuvent être comparées en usant d'une unité de mesure particulière, le centimorgan (cM). Le cM est la "distance génétique" calculée d'après la fréquence de recombinaison de sites repérés d'une génération à la suivante. Lorsqu'on dit, par exemple, que deux gènes A et B sont distants de 1cM, cela veut dire que lors d'un passage d'une génération à la suivante, une recombinaison ne les séparera que dans un cas sur cent en moyenne. Si les deux gènes sont distants de 30 cM, cela veut dire qu'ils sont plus éloignés l'un de l'autre puisqu'ils ne restent ensemble que dans 70 % des cas. C'est par cette méthode que, en 1989, le gène de la mucoviscidose fut localisé sur le chromosome n° 7.

Les 23 cartes de chromosomes présentées par *Science* montrent que l'on a pu déterminer sur l'ensemble de nos chromosomes 1416 sites (*loci* en latin), dont 279 gènes et séquences de bases assimilées. Remarquons-le tout de suite : ce n'est objectivement pas beaucoup, si l'on songe que le nombre total de gènes sur nos chromosomes est évalué à une centaine de milliers. Le nombre de gènes connus en détail et clonés, c'est-à-dire reproduits à volonté, est plus important : plus de 1500. Mais moins de 20 % d'entre eux ont pour l'instant pu être localisés sur les chromosomes. Compte tenu des efforts considérables déjà fournis, et des avancées remarquables qui ont été réalisées, cela donne une idée de la complexité de ce travail de recherche.

D'autant que les cartes dites génétiques ne donnent pas, on l'a compris, la distance réelle existant physiquement entre les sites repérés sur les chromosomes. Or cette connaissance sera nécessaire, si nous voulons connaître la succession des paires de bases avec précision. Rappelons qu'une seule "faute de frappe", une seule base mal placée, est susceptible d'entraîner une maladie grave.

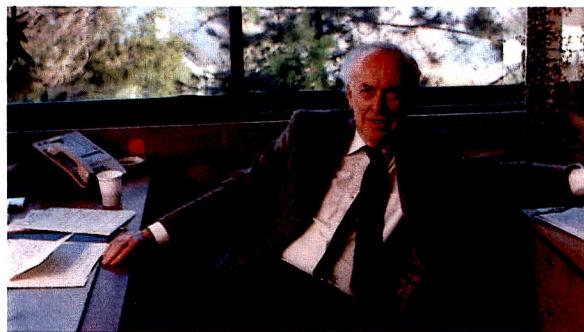
Il fallait donc des cartes physiques du génome. D'ailleurs les chercheurs n'ont pas attendu l'établissement de cartes génétiques pour tenter d'établir une cartographie physique. Là encore ils ont travaillé en ordre dispersé.

(suite du texte page 36)

(3) Janvier 1991, id.

Plus vite que prévu

Il y a deux ans, était lancé le programme Génome humain, dirigé par James Watson (ci-dessous), le découvreur de la structure de l'ADN. Le Pr Daniel Cohen (photo du bas, au centre) vient d'y faire une importante contribution : il a réussi, le premier au monde, à cartographier un chromosome (le n° 21). Et il a trouvé le moyen de parvenir rapidement à la cartographie de tout le génome.



LE DÉFI DE LA CARTOGRAPHIE PHYSIQUE

Lorsqu'un laboratoire de recherche entreprend d'étudier un gène, il est exclu qu'il aille à la pêche sur tout le long ruban d'ADN. Ce serait comme chercher un livre à la Bibliothèque nationale sans en avoir le catalogue. A défaut de catalogue, il est au moins intéressant de savoir dans quelle trame se trouve le livre. C'est le but de la cartographie physique : fournir aux chercheurs le petit fragment d'ADN sur lequel on sait (grâce à des travaux antérieurs) que se trouve le gène qui les intéresse, à charge pour eux de le localiser précisément.

Encore faut-il disposer de l'ensemble de l'ADN découpé ainsi en tronçons et classé dans l'ordre. C'est ce que l'on appelle une carte physique.

D'abord découper l'ADN.

On prélève l'ADN d'un très grand nombre de cellules et on le fait découper par des enzymes de restriction. On obtient ainsi des fragments de toute taille. Et comme les innombrables filaments originaux n'auront pas été coupés aux mêmes endroits, on aura des fragments qui se chevauchent (comme, sur un toit, une tuile déborde sur l'autre).

Ensuite trier. Nous voilà donc avec les pièces de plusieurs puzzles en vrac – 100 000 fragments environ –, qu'il faut trier. Chacun de ces fragments est alors introduit dans une levure du boulanger qui se multiplie en culture et le reproduit en des millions d'exemplaires. Un fragment est appelé YAC (*Yeast artificial chromosome*, ou chromosome artificiel de la levure), et chaque culture est un clone. Comme il y a 100 000 YAC, on a donc 100 000 clones. Au bout du compte, on obtient une "banque génomique".

Enfin mettre dans l'ordre les fragments, tels qu'ils sont

sur l'ADN entier. La cartographie physique consiste à rétablir l'ordre original des YAC, de manière à ce que, en se chevauchant, ils forment un continuum recouvrant la partie que l'on désire cartographier. Deux techniques différentes ont été mises en jeu, selon que l'on voulait cartographier les chromosomes 21 et Y ou le génome total.

La première technique a consisté à ordonner en un continuum ceux parmi les 100 000 YAC qui correspondent aux deux chromosomes. Pour ce faire, les seuls repères dont on dispose sont des sites spécifiques, dits STS (*Sequence Tagged Sites*), tous différents les uns des autres et répartis sur toute la longueur de ces deux chromosomes. Ces STS sont connus et localisés. Il suffit donc de repérer leur présence (en les rendant fluorescents) sur les différents fragments pour connaître l'ordre d'enchaînement de ces derniers.

Mais la fluorescence d'un site est trop pâle. Pour la renforcer et la rendre visible, on multiplie ce site grâce à la PCR (*Polymerase Chain Reaction*), sorte de photocopieuse biologique. Ainsi est-il possible de marquer, comme d'un sceau, chacun des YAC. Si un même STS est commun à deux ou plusieurs YAC, cela signifie que ces YAC se chevauchent. De fil en aiguille on peut rétablir le continuum d'origine.

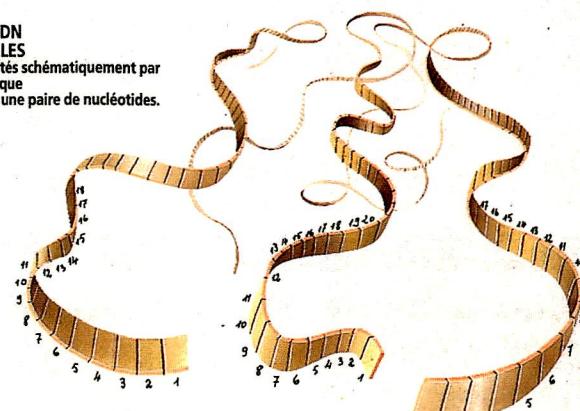
Voyons maintenant la technique utilisée pour le génome total. Cette fois, seulement 22 000 des 100 000 clones de la banque ont été utilisés. Ils furent choisis en fonction de

la grande taille des YAC qu'ils contenaient, leur somme totale couvrant cinq fois le génome tout entier. Les YAC furent ensuite coupés avec trois enzymes différentes, et l'ensemble des fragments fut analysé par ordinateur. Lorsque des similitudes étaient mises en évidence entre deux ou plusieurs YAC, cela signifiait que ces YAC se chevauchaient. De proche en proche, toute la cartographie du génome peut être ainsi réalisée.

Ce type de cartographie physique n'est pas le seul. Il existe des cartes physiques obtenues à partir des cassures chromosomiques naturelles (les délétions) ou expérimentales, provoquées par des radiations.

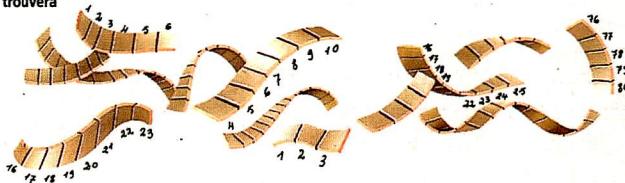
1. ON PRÉLÈVE LES ADN DE PLUSIEURS CELLULES

Nous les avons représentés schématiquement par des rubans gradués, chaque graduation symbolisant une paire de nucléotides.



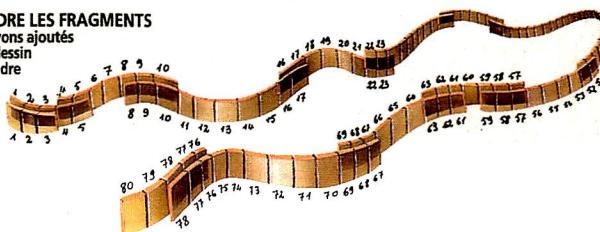
2. CES ADN SONT DÉCOUPÉS

Comme ces fragments proviennent de plusieurs ADN, il s'en trouvera forcément dont les extrémités se chevauchent.

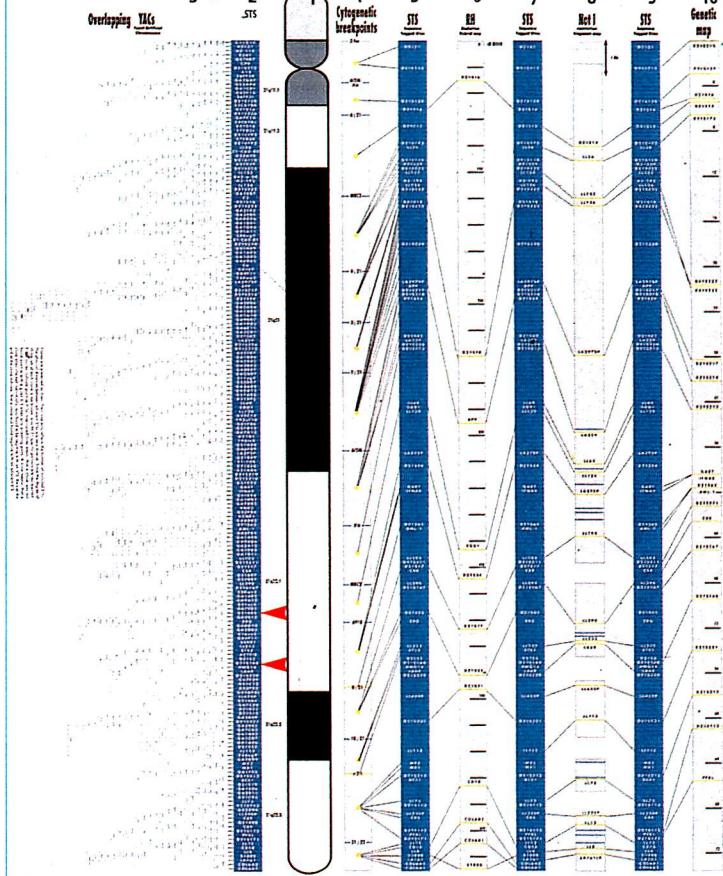


3. ON REMET EN ORDRE LES FRAGMENTS

Les chiffres que nous avons ajoutés sur les trois parties du dessin permettent de comprendre les chevauchements et leur rôle dans cette remise en ordre.



Integrated Map of Human Chromosome 21q



Carte physique du bras long du chromosome 21

Le bras long (ou q) du chromosome 21 est représenté **ci-dessus** schématiquement avec les diverses bandes (noires, blanches et grises) qui le caractérisent. Ces bandes apparaissent lorsque le chromosome est traité avec des colorants spécifiques (**col. 1**). La carte physique du chromosome a fait appel à 198 repères différents (les STS – voir encadré p. 35) situés sur toute sa longueur (**2**). Ces STS ont été mis en évidence sur 800 YAC clonés dans des levures. Tous ces clones portent un nom de nomenclature (celle du CEPH) et sont à la disposition

sition des chercheurs. Les clones compris entre les deux STS indiqués par les flèches rouges contiennent les gènes impliqués dans le mongolisme (**3**). Les colonnes **4, 6 et 8** représentent trois autres cartes physiques du chromosome 21, obtenues par l'étude de cassures chromosomiques naturelles ou provoquées par des radiations ou une enzyme. Quant à la colonne **10**, elle figure la carte génétique. Enfin, les colonnes **5, 7 et 9** représentent des STS utilisés comme points de repère, pour comparer les cartes entre elles.

Jusqu'aux exploits tous récents réalisés sur les chromosomes 21 et Y, qui permettent d'entrevoir une harmonisation et une accélération de l'effort. Pour établir ce deuxième type de carte, il faut fragmenter de l'ADN, puis isoler les segments en les clonant sur l'ADN d'un autre organisme. Ensuite, on fixe sur chaque segment un marqueur qui permettra de le situer sur un chromosome. Principal

obstacle à cette méthode : les limites de l'art du génie génétique, qui ne permettait jusqu'à ces dernières années de cloner que de petits bouts d'ADN : quelques dizaines de milliers de bases, alors que les plus petits des chromosomes, le Y et le 21, comprennent respectivement 28 et 43 millions de bases.

Trois techniques nouvelles, déjà décrites par *Science & Vie* (⁴), ont cependant fait avancer la recherche à pas de géant : 1) la polymérisation en chaîne, qui permet de repérer aisément une séquence donnée d'ADN dans un fragment de chromosome ; 2) l'électrophorèse en champ pulsé, qui permet d'isoler des fragments d'ADN longs d'un million de base et davantage ; 3) le clonage de ces fragments dans un superbe animal pour biologistes, la banale levure du boulanger.

Jusqu'alors le clonage de fragments d'ADN humain se faisait essentiellement dans de l'ADN de bactéries. Mais celui-ci ne peut pas accueillir des fragments très longs. La levure, au contraire, accueille des fragments étonnamment longs, pour former ce qu'on appelle des YAC (*Yeast Artificial Chromosomes*).

C'est ainsi qu'ont été établies les cartes physiques des chromosomes 21 et Y qui viennent d'être publiées. La technique utilisée par les deux équipes est «exactement la même», souligne Daniel Cohen. De part et d'autre de l'Atlantique, les chercheurs ont fabriqué des «mégaclonés» comprenant des morceaux d'ADN humain longs de 650 000 bases, appelés «mégayAC». Le problème était ensuite d'ordonner ces clones afin de reconstituer le chromosome tout entier. Les deux équipes firent appel à une méthode relativement peu exploitée jusqu'ici, la méthode STS (pour *Sequence-Tagged Sites* - voir encadré page 35). Laquelle a marché au quart de tour : «c'est

(suite du texte page 38)

(4) Dans nos numéros 869 p.39 et 880 p.26.

DU GÉNOME À L'EUGÉNISME ?

Le programme "génome humain" ne risque-t-il pas de déboucher un jour sur une nouvelle forme d'eugénisme humain ? Ce point de vue a tendance à s'affirmer, y compris au sein de la communauté des spécialistes de génétique moléculaire. Aux États-Unis, cette thèse a été défendue avec conviction par Troy Duster, professeur de sociologie à Berkeley⁽¹⁾.

Les Français connaissent mieux le Dr Jacques Testart, qui vient de publier *le Désir du gène*⁽²⁾. Père scientifique, en 1982, de la petite Amandine,

En France, une bataille judiciaire oppose un hôpital à une femme qui souhaite se voir implanter les embryons congelés fécondés par son mari avant sa mort.

Mais ce que redoute le plus le Dr Testart c'est, à terme, la généralisation de cette pratique lorsque les généticiens disposeront, grâce à la cartographie des chromosomes humains, d'une meilleure connaissance des gènes et de leurs fonctions. La tentation sera grande, estime-t-il, de procéder à l'élimination systématique des embryons jugés défectueux. En effet, à moins d'une découverte révolutionnaire, ce n'est pas demain qu'on parviendra à traiter les anomalies génétiques. "On ne sait pas remplacer un gène humain (ou animal) avec la certitude qu'il s'exprimera correctement", nous dit le Dr Arnaud Perrin, attaché au département de biologie moléculaire à l'Institut Pasteur. "Et puis, une maladie génétique ce n'est pas obligatoirement un seul gène, ce peut être un ensemble de gènes, parfois répartis sur plusieurs chromosomes".

Le Dr Testart nous a fait part de ses inquiétudes : "Les techniques de diagnostic génétique, avant même la grossesse, vont aboutir à éliminer les embryons non conformes à un modèle arbitraire (...)"

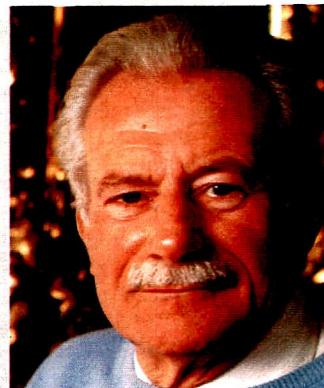
Le premier bébé-éprouvette français, il a compris jusqu'où il fallait aller pour ne pas aller trop loin. Après avoir cessé toutes recherches sur les embryons, pour des raisons éthiques, il a pris le bâton du pèlerin pour dénoncer les risques qu'engendrent d'après lui les nouvelles techniques de diagnostic génétique pré-implantatoire. Il ne s'agit pas d'un fantasme : depuis deux ans, plusieurs bébés sont nés, en Angleterre, après avoir été triés au stade embryonnaire et reconnus génétiquement comme étant dignes d'être placés dans l'utérus de la mère.

tions, mis en œuvre au profit de la masse des citoyens, dans le respect des "droits de l'homme" et sous la direction "éclairée" d'un clergé scientifique se posant comme pédagogue du peuple⁽³⁾. Quelques décennies plus tard, Nietzsche plaidera ardemment pour l'élimination des ratés ou leur réduction à l'esclavage.

Mais c'est le physiologiste et anthropologue anglais Francis Galton, cousin de Charles Darwin, qui est considéré comme le véritable théoricien de l'eugénisme. En 1904, après quelques retouches, il en donne la définition définitive suivante : "Etude des facteurs socialement contrôlables qui peuvent élever ou abaisser les qualités raciales des générations futures aussi bien physiquement que mentalement."

Aujourd'hui, la forme moderne de l'eugénisme est défendue, entre autres, par le Dr Pierre Simon, gynécologue, cofondateur du planning familial, ancien conseiller technique au ministère de la Santé et ancien Grand-Maître de la Grande Loge de France. En réponse aux prises de position du Dr Testart, il nous a dit : "Je n'ai pas du tout ses opinions et je me suis prononcé sur ce sujet à la tête de la Grande Loge : la vie est ce que nous en faisons ; il faut redéfinir la vie ; il ne faut pas sacrifier la vie (...) la vie est un matériau qui se gère (...)"

Cette philosophie qui, apparemment, semble tout à fait contraire à l'humanisme et à la morale supérieure dont se réclament les francs-maçons, peut aller très loin, car qu'est-ce qu'un embryon jugé "normal" ? Les embryons porteurs des gènes des cancers du sein ou des poumons, des gènes de l'infarctus ou des différentes formes de diabète, des myopathies ou de la mucoviscidose seront-ils jugés "normaux" ou pas ? Si c'est le cas, l'humanité risque de s'amputer d'une grande partie d'elle-même.



Le Dr Pierre Simon :
«...la vie est ce que nous en faisons (...) ; il ne faut pas sacrifier la vie (...) la vie est un matériau qui se gère (...»

A ce sujet, on serait curieux de connaître l'opinion du physicien britannique Stephen Hawking qui, malgré son handicap (il est atteint d'une sclérose amyotrophique latérale), a produit des théories géniales sur l'origine de l'univers. Et puis, un sujet jugé "normal" devra-t-il avoir les yeux bleus ou noirs, les cheveux blonds ou bruns et quelle sera sa couleur de peau ? A toutes ces questions on aimerait connaître les réponses.

(1) Troy Duster, *Retour à l'eugénisme*, Kimé éd., Paris 1992.

(2) Editions François Bourin, 281 p. 129 F.

(3) Ibid, p. 32.

L'HÉRÉDITÉ HUMAINE MENACÉE DE COPYRIGHT

Peut-on breveter un gène humain? Ou, plus exactement, peut-on breveter des fragments d'ADN – la "matière première" des chromosomes, eux-mêmes supports de l'hérédité – que l'on sait "codants" (qui portent le code de fabrication d'une protéine)? Le 20 août dernier, le bureau des brevets américain a répondu non à cette dernière question, en rejetant une demande de dépôt -portant sur un premier lot de 337 fragments d'ADN- émanant des National Institutes of Health (NIH), l'équivalent de notre INSERM.

A l'origine de cette affaire, qui a suscité un tollé général au sein de la communauté scientifique internationale, les travaux d'un certain Craig Venter. Ce chercheur, attaché à un institut de neurologie dépendant des NIH, a entrepris d'analyser le patrimoine génétique de cellules nerveuses via une technique dite d'ADN complémentaire. Celle-ci permet d'isoler les séquences "utiles" du message génétique, celles qui portent les gènes, et d'ignorer les parties "muettes", celles qui apparemment ne participent pas à l'expression de l'information héréditaire. Comme ces parties muettes (les introns) constituent la majeure partie des chromosomes, Venter va

en quelque sorte droit au but, tombant à coup sûr sur des séquences codantes de l'ADN (les exons), c'est-à-dire sur des fragments de gènes. Il a ensuite entrepris de déchiffrer ces séquences lettre par lettre, du moins en partie. Jusque là, rien que de très normal.

Ensuite, l'histoire se corse : en juin 1991, Craig Venter dépose, avec le soutien de son organisme de tutelle, une demande de brevet portant sur les 337 séquences qu'il a déjà identifiées

(Venter a récidivé depuis, ses différents dépôts portent à n° 1 aujourd'hui sur plus de 6 000 fragments). Quelques semaines plus tard, l'affaire connue, la réprobation est générale. Et les chercheurs français ne sont pas les derniers à condamner ce qu'ils considèrent comme une tentative de mettre l'hérédité humaine sous copyright.

D'autant que le brevet pose le problème de la rétention d'informations : les chercheurs risquent de s'abstenir de communiquer le résultat détaillé de leurs travaux par crainte de voir d'autres en tirer un profit financier. Cela aurait notamment pour effet de freiner la recherche sur les maladies génétiques. Déjà, le Medical

Research Council anglais a rejoint les NIH sur la voie du dépôt de brevet...

Peut-on breveter un objet naturel ? C'est, en effet, la question de fond, plus générale, qui se pose. Les astronomes pourront-ils, demain, breveter une comète qu'ils auraient "inventée" (puisque tel est le terme consacré) ? On voit sur quelle pente glissante la démarche des NIH risque d'entraîner la science.

Pour l'heure, le refus opposé aux NIH par le bureau des brevets américain repose sur des arguments purement juridiques : les séquences déposées ne sont

jugées ni entièrement nouvelles (on en connaissait des parties), ni d'un intérêt pratique établi puisque l'on ignore à quoi elles servent. En effet, Craig Venter ne connaît pas encore la fonction exacte des fragments de gènes dont sa machine a "craché" les formules. Mais cette fin de non-recevoir est toute provisoire : les NIH ont jusqu'à fin février pour répondre aux objections du bureau. De fait, aux Etats-Unis, 90% des demandes de brevets sont d'abord rejetées ... avant bien souvent d'être acceptées après reformulation de la demande.

Les NIH reviendront-ils à la charge? On peut le craindre : l'administration américaine n'est pas loin de faire de cette question une affaire d'Etat. Déjà, James Watson, le directeur du projet Human Genome, a dû démissionner après avoir traité de «folie» la requête de Venter. En proie à un lent déclin industriel, les Etats-Unis entendent bien défendre bec et ongles leurs intérêts dans le domaine des biotechnologies, qui s'annoncent considérables. L'empoignade franco-américaine sur la découverte du virus du sida est un précédent.

La validation des brevets des NIH obligeraient demain les industriels à verser des royalties sur tous leurs produits et procédés exploitant d'une manière ou d'une autre un gène humain. Or la liste en est longue. Tests de diagnostic qu'utilisera demain la médecine prédictive pour dépister les faiblesses du patrimoine héréditaire de chaque individu, c'est-à-dire les gènes de susceptibilité à telle ou telle maladie. Thérapies géniques qui permettront de pallier des déficiences de l'organisme par l'implantation de gènes dans certaines cellules. Utilisation de gènes humains dans des processus industriels, etc. Soit un marché évalué globalement à plusieurs milliards de dollars à la fin de la décennie.

E. L.

assez stupéfiant de voir les brins d'ADN s'assembler et reformer le chromosome, dit David Page, qui dirige l'équipe américaine, au Massachusetts Institute of Technology. Les cartes physiques des chromosomes Y et 21 sont donc des morceaux d'ADN cloné mis bout à bout dans le bon ordre.

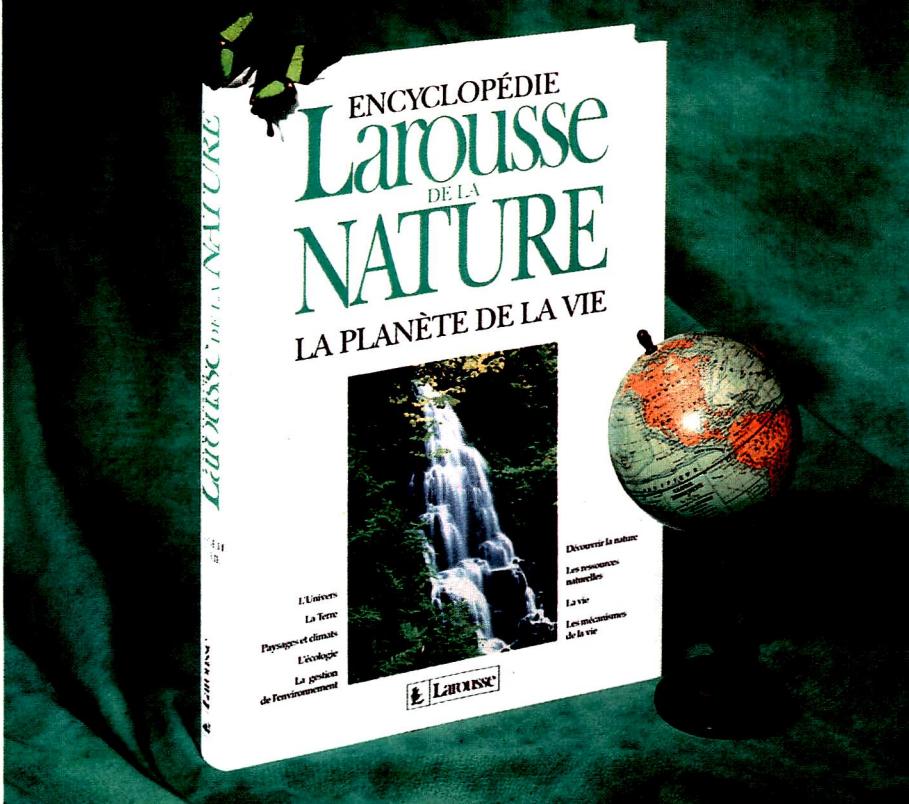
Le chromosome Y ne pouvait pas faire l'objet d'une carte génétique au sens évoqué ci-dessus. Il s'agit en effet du chromosome de l'identité masculine. Il n'est transmis que par le père et ne subit donc pas

de réarrangements au cours de la méiose. La technique de cartographie dite génétique est donc inapplicable. Or David Page mène depuis longtemps une recherche fondamentale sur l'Y, peut-être le plus mystérieux de tous les chromosomes. Il n'était pas impliqué dans le programme Génome humain, mais il lui fallait une carte de l'Y pour continuer à avancer. Voilà qui est fait. Il espère maintenant passer à l'étape suivante, qui consistera à essayer d'identifier tous les gènes de l'Y.

(suite du texte page 176)

Larousse

Création et récréation.



Prix de lancement 250 F.



"Les rapports de l'homme et de la nature, la protection de l'environnement, la vie sur Terre. Toutes ces questions plus que jamais d'actualité, je me les posais depuis toujours. Et puis, j'ai découvert l'Encyclopédie Larousse de la nature, une toute nouvelle encyclopédie. La première qui me permet enfin de tout comprendre, d'y voir plus clair, et de faire le point. Avec l'Encyclopédie Larousse de la nature, je trouve enfin réponse à mes questions. Et, bien sûr, avec Larousse c'est complet, bien présenté et superbement illustré. Pour Larousse, expliquer l'essentiel et donner envie de comprendre sera toujours au goût du jour."



Larousse de la nature, la vraie nature de la vie.

PAR RENAUD DE LA TAILLE

LA COMÈTE RETROUVÉE

Science d'une royale exactitude, puisque les astres passent toujours à l'heure, l'astronomie se trouve fort ennuyée quand l'instant du rendez-vous n'est pas respecté. Or, c'est justement le cas d'une jolie comète apparue en 1862 et qu'on aurait dû revoir en 1982 : un amateur vient de la retrouver. Elle sera visible depuis la France ce mois-ci. Reste à expliquer ces dix ans de retard.

De tout temps, il n'y a que deux événements célestes qui aient frappé l'imagination : les éclipses et les comètes. Aussi spectaculaires au moins que la disparition du Soleil en plein jour, l'apparition d'une comète au crépuscule apparaissait, au mieux, comme un présage à déchiffrer et, le plus souvent, comme l'annonce de châtiments redoutables voulus par les dieux : on admirait le phénomène, mais on appréhendait l'avenir qui lui semblait lié. On le craignait d'autant plus que l'arrivée d'une comète restait chose imprévisible, alors que les astrologues ont su prédir les éclipses ou la position des planètes avec une précision assez remarquable dès l'Antiquité grecque : le système de Ptolémée, malgré ses imperfections – dont la moindre n'était pas de mettre la Terre au centre du monde –, restait un modèle fort efficace pour les prévisions.

Qui plus est, trois siècles avant

La comète qui frôla la Terre

A la fin d'août 1862, la comète Swift-Tuttle créa l'événement en passant à seulement 50 millions de kilomètres de la Terre. L'observatoire de Cambridge ouvrit même sa terrasse au public pour que tous puissent profiter du spectacle dans les meilleures conditions.





Jésus-Christ, Aristote avait cru prouver que les comètes étaient des phénomènes atmosphériques : raison de plus de les redouter si elles étaient si proches. Pourtant, quatre siècles plus tard, Sénèque réfuta la démonstration et mit les comètes à côté des planètes ; mais il ne fut pas écouté. Tycho Brahé, l'un des fondateurs de l'astronomie, devait pourtant lui donner raison en 1577 avec des preuves mathématiques irréfutables.

A cette époque, l'astrologie commençait à être poussée de côté, et les observations se faisaient sur des bases scientifiques déjà solides ; une centaine d'années plus tard, Newton montra que les comètes étaient des corps célestes, sans doute un peu spéciaux, mais soumis aux mêmes lois de la gravitation que les autres : elles décrivent des coniques dont le Soleil occupe un des foyers.

Une fois cela établi, on pouvait leur appliquer les lois de la mécanique céleste, calculer leur orbite et annoncer la date de leur retour si cette orbite était une ellipse. Mais dans les cas, très rares, d'une parabole ou d'une hyperbole, l'arrivée restait totalement imprévisible. Halley fut le premier, en 1705, à faire une étude systématique des comètes connues de longue date. Il montra que celle de 1682 était

la même que celle de 1531 et de 1607 ; et il put prévoir son retour pour 1759.

De ce jour, toutes les comètes connues furent passées en revue et devinrent une passion d'astronome amateur. Cela ne requérait pas de grandes connaissances en physique ou en mathématiques : il fallait surtout une bonne vue et une immense patience. On partait à la chasse aux comètes comme d'autres vont aux champignons : en surveillant le ciel toute la nuit avec une lunette à champ large, on avait toujours une chance de tomber sur un de ces astres étranges.

On connaît l'histoire de Charles Messier. N'ayant pour toutes compétences qu'une écriture bien nette et un petit talent pour le dessin, il fut engagé en 1751 à l'Observatoire de Paris pour tenir les registres d'observation.

Quelques années plus tard, il observait lui-même et devint

l'un des plus grands découvreurs de comètes de son époque, ce qui lui valut une célébrité internationale ; en 1770, il était admis à l'Académie des sciences. Observateur méticuleux, doté d'une acuité visuelle exceptionnelle, il découvrit treize comètes mais reste surtout connu pour son catalogue des nébuleuses, galaxies et amas globulaires.

Jean-Louis Pons, lui, débute comme concierge à l'observatoire de Marseille et, après avoir pris quelques leçons d'astronomie, se spécialisa un peu plus tard dans la chasse aux comètes ; il en découvrit trente-sept, reçut un prix de 600 livres de l'Académie des sciences de Paris et termina sa carrière, de 1825 à 1831, comme directeur de l'observatoire de Florence. Ernst Tempel, dessinateur lithographe, accédera lui aussi à la célébrité grâce aux comètes.

Il faut dire qu'à cette époque, la découverte d'une comète était récompensée par un prix, une médaille (en or le plus souvent) et l'assurance de donner son nom à un astre. Cela stimulait la recherche et, aux Etats-Unis, Barnard, connu pour l'étoile qui porte son nom, put à la fin du siècle dernier se bâtir une maison avec l'argent gagné à chasser les comètes - 200 dollars pour chaque exemplaire décou-



Un réacteur qui s'allume à l'approche du Soleil

La comète West ①, qu'on put facilement observer en 1976, montre une queue de poussières, blanche, et une queue de gaz ionisés, bleue. Comme on le voit sur notre dessin ②, les deux types de queues se forment quand l'astre se rapproche du Soleil. On notera aussi, circulant sur la même orbite de part et d'autre de la comète, un long semis de météorites. Quand la Terre coupe l'orbite de ce nuage, on assiste à une pluie d'étoiles filantes. Lorsque la comète est au voisinage du Soleil, le noyau cométaire ③ est fortement chauffé : les poussières, repoussées par la pression de radiation, formeront la queue blanche ; la glace qui assure la cohésion du noyau se volatilise. La surface se fendille sous la pression de la vapeur qui jaillit. Celle-ci, étaillée par le vent solaire, donnera la queue ionique, qui, à la manière du jet de gaz sortant d'un réacteur, affectera l'orbite de la comète. Cela explique que cette dernière n'est pas souvent à l'heure aux rendez-vous que lui donnent les astronomes...

vert. En fait, c'était devenu une sévère compétition dans le monde entier, avec télégrammes à l'Union astronomique et annonces dans les journaux.

C'est dans cet état d'esprit que, le 15 juillet 1862, un amateur américain, Lewis Swift, étudiait le ciel nocturne sous l'étoile polaire ; il avait appris par les journaux que J. Schmidt, à l'observatoire d'Athènes, avait découvert deux semaines auparavant une comète dans cette zone, et il tenait à l'observer ; mais il était gêné par la clarté de la Lune. Il repéra toutefois, non loin de la Petite Ourse, un astre un peu flou mais de très faible luminosité.

Trois nuits plus tard, un autre Américain, Horace Tuttle, partit à la chasse aux comètes à l'observatoire de Cambridge et tomba par hasard sur le même objet que Swift. Lui réalisa immédiatement qu'il venait de découvrir une nouvelle comète car il savait que celle de Schmidt était maintenant au sud. Dès que la nouvelle fut connue, Swift s'empressa de mentionner sa première observation et la comète prit le nom de Swift-Tuttle.

Les astronomes en firent ensuite des relevés précis et calculèrent qu'elle passerait à 50 millions de kilomètres de la Terre à la fin août. Dès le milieu de

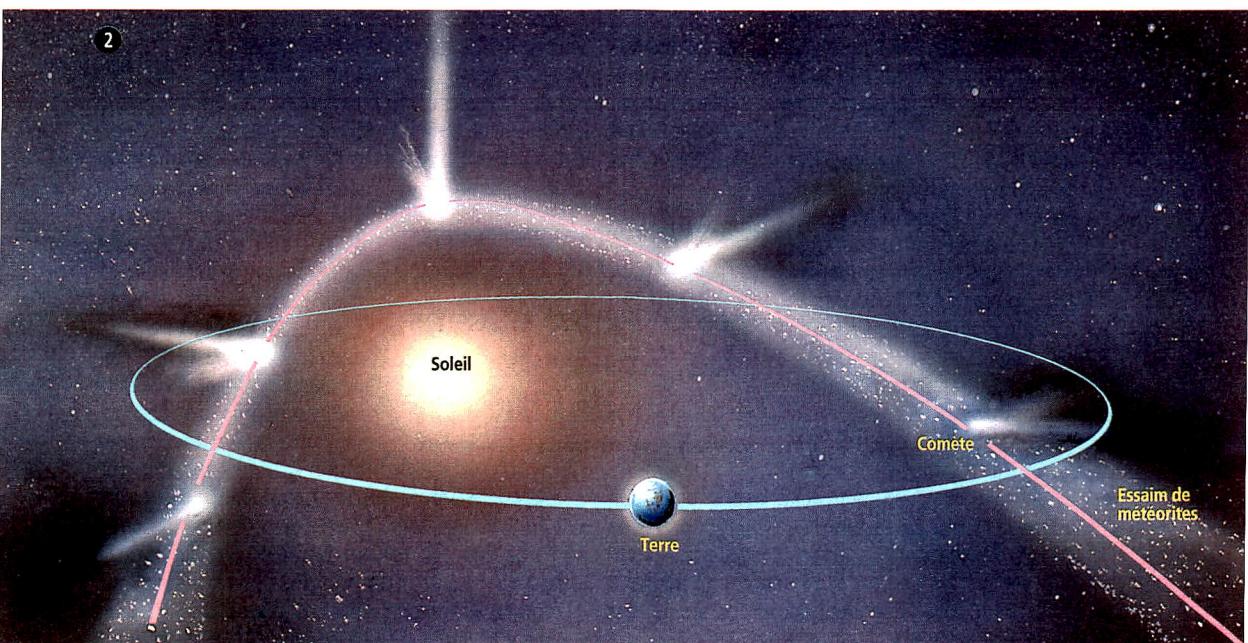
ce mois, elle fut visible à l'œil nu du crépuscule à l'aube non loin de la Polaire et, fin août, c'était un astre de magnitude 2 (à peu près l'éclat de la Polaire) avec une queue s'étalant sur 30° (60 fois le diamètre de la pleine lune). C'était donc une jolie comète facile à suivre et les astronomes s'efforcèrent de déterminer son orbite entière avec précision.

C'était là un calcul peu commode dans la mesure où ils n'avaient eu que quelques mois pour relever la seule partie de sa trajectoire proche de la Terre, et qu'il fallait en déduire tout le reste d'une orbite qui pouvait s'étendre au-delà des plus lointaines planètes. De fait, ils trouvèrent une ellipse très excentrique – le profil d'un cercle vu presque par la tranche – parcourue en un peu plus de cent vingt ans.

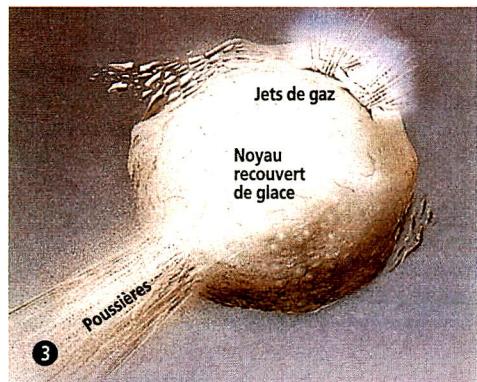
Peu après, l'astronome italien Schiaparelli montra que cette orbite coïncidait pratiquement avec celle que décrit l'ensemble de fragments rocheux responsable des pluies d'étoiles filantes survenant vers le 10 août, dit essaim des Perséides. Cette découverte montrait qu'il y avait sans doute une origine commune aux comètes et aux essaims de météorites responsables des pluies d'étoiles filantes.

De fait, on s'aperçut que l'essaim des Léonides (vers le 13 novembre) suivait la même orbite que la comète Tempel-Tuttle, et que celui des Lyrides (vers le 20 avril) était sur le trajet de la comète 1861-I. On en déduisit que chaque comète est associée à un nuage de particules étalé plus ou moins loin sur son orbite, de part et d'autre de la

2



3



comète elle-même. Mais, pour qu'il y ait une pluie d'étoiles filantes, il faut que cette orbite coupe celle de la Terre, un cas peu courant.

La comète Swift-Tuttle repartit vers les confins du système solaire dès septembre 1862 et, fin octobre, elle était à peine visible dans l'hémisphère sud avec un instrument puissant. Elle allait ensuite tomber dans l'oubli pendant plus d'un siècle et, d'ailleurs, les astronomes allaient s'intéresser beaucoup plus aux galaxies ou aux planètes survolées par des sondes spatiales qu'aux comètes. Celles-ci continuaient toutefois à passionner les amateurs, en particulier les Tchèques et les Japonais. La plupart des comètes découvertes depuis

plus de cent ans l'ont été par des amateurs.

A partir de 1975, on commença à surveiller le ciel dans l'attente du retour de Swift-Tuttle prévu pour 1982 ; l'activité des Perséides s'amplia jusqu'en 1980, ce qui semblait annoncer le retour de la comète, mais rien ne vint et les pluies d'étoiles filantes du mois d'août décrurent les années suivantes. Il semblait pourtant douteux que la comète soit revenue sans que personne ne la voie.

C'est en reprenant les notes les plus anciennes que l'Américain Brian Marsden commença à entrevoir une solution : dès 1902, l'astronome T. W. Lynn avait pensé que la comète Swift-Tuttle de 1862 pouvait être la même qu'une comète observée à Pékin en 1737 par le missionnaire jésuite H. Kegler. En ce cas, la période dépassait de beaucoup les cent vingt ans calculés à l'époque de Swift.

En 1988, Marsden reprit donc tous les calculs sur cette nouvelle base en tenant compte des positions soigneusement relevées par Kegler huit nuits de suite ; il en déduisit que la comète allait revenir à la fin de l'année 1992, le périhélie – point de l'orbite le plus proche du Soleil – se situant vers le 11 décembre en ne tenant compte que des seules forces gravifiques, et le 25 novembre si l'on y ajoute les forces nées de la vaporisation superficielle des comètes quand elles passent près du Soleil.

Pendant longtemps, les comètes ont semblé en effet défier les lois de la gravitation, leur passage ayant des heures d'avance ou de retard sur l'horaire prévu, ce qui est inacceptable pour la mécanique céleste dont les prévisions se font en général au millième de seconde près. Même en tenant compte de l'influence perturbatrice des grosses planètes, un écart de plusieurs heures restait inexplicable.

Il fallut attendre le modèle proposé en 1950 par l'américain Whipple pour avoir une interprétation correcte de ces écarts. Selon ce modèle, confirmé depuis par les observations, une comète est faite d'un agglomérat de fragments rocheux liés par de la glace. Au voisinage du Soleil, où le rayonnement est très fort, cette glace se vaporise et des molécules d'eau ou d'hydrogène sont éjectées à des vitesses de plusieurs centaines de mètres par seconde. Ces jets de vapeur sont analogues aux jets de gaz qui sortent d'une fusée et ils produisent les mêmes effets : des forces de réaction qui agissent sur le noyau de la comète.

Comme celui-ci tourne en général sur lui-même,

la résultante de ces forces accélère ou ralentit la comète ; de ce fait, elle ira plus loin, ou moins loin, sur son orbite, et sa période de révolution se trouvera allongée ou raccourcie. Cette force de réaction qui s'exerce au voisinage du Soleil est difficile à évaluer, et de ce fait l'orbite ne peut être déterminée avec la même précision que pour une planète ou un astéroïde (voir *photo et dessins p. 42 et 43*).

La comète Swift-Tuttle-Kegler appartenant à cette catégorie d'astres qui viennent très près du Soleil, sa trajectoire a été modifiée lors de son passage en 1862, d'où les incertitudes sur son retour qui régnait encore il y a quelques mois. Et puis, le 27 septembre, Tsuruhiko Kiuchi, un astronome amateur japonais, l'aperçut qui revenait vers nous du fond du ciel. Les instruments des grands observatoires furent aussitôt pointés dans sa direction et confirmèrent la nouvelle.

Les relevés de positions faits depuis cette date ont permis de calculer que la comète passera à 175 millions de kilomètres de la Terre et qu'elle atteindra son périhélie le 12 décembre, date très voisine de celle prévue par Brian Marsden – ce qui confirme qu'il s'agit bien du même astre observé par le jésuite en mission en Chine.

En novembre, elle sera dans le voisinage de la Grande Ourse, peut-être visible à l'œil nu depuis la France et, de toute façon, facilement observable, avec des ju-

Pour les Chinois, les comètes étaient les "étoiles-balais" de l'Univers

melles de bonne qualité (genre Leitz BA) ainsi, bien sûr, qu'avec toute lunette ou télescope d'amateur. On estime de même que, la comète passant relativement près de la Terre, nous allons croiser son orbite au mois d'août 1993 : elle-même sera déjà loin à ce moment-là, mais nous couperons alors la trajectoire de l'essaim de météorites qui l'accompagne. En principe, on devrait donc avoir une belle pluie d'étoiles filantes.

D'un point de vue plus scientifique, la détermination exacte de son orbite apportera un élément de plus pour tenter de savoir d'où viennent les comètes : d'une réserve de débris, la ceinture de Kuiper, laissés au-delà de Pluton lors de la formation des planètes, ou du nuage de Oort, situé bien plus loin, à près d'une année-lumière ? Pour les Chinois, les comètes étaient les "étoiles-balais", car leur longue queue était censée "balayer le vieux pour faire place au neuf". On peut donc espérer que celle-ci apportera quelque idée neuve sur la question.

Renaud de La Taille



GITANES
BLONDES

SELON LA LOI N° 91.32
Nuit gravement à la santé

Gitane blonde

EUROCOM

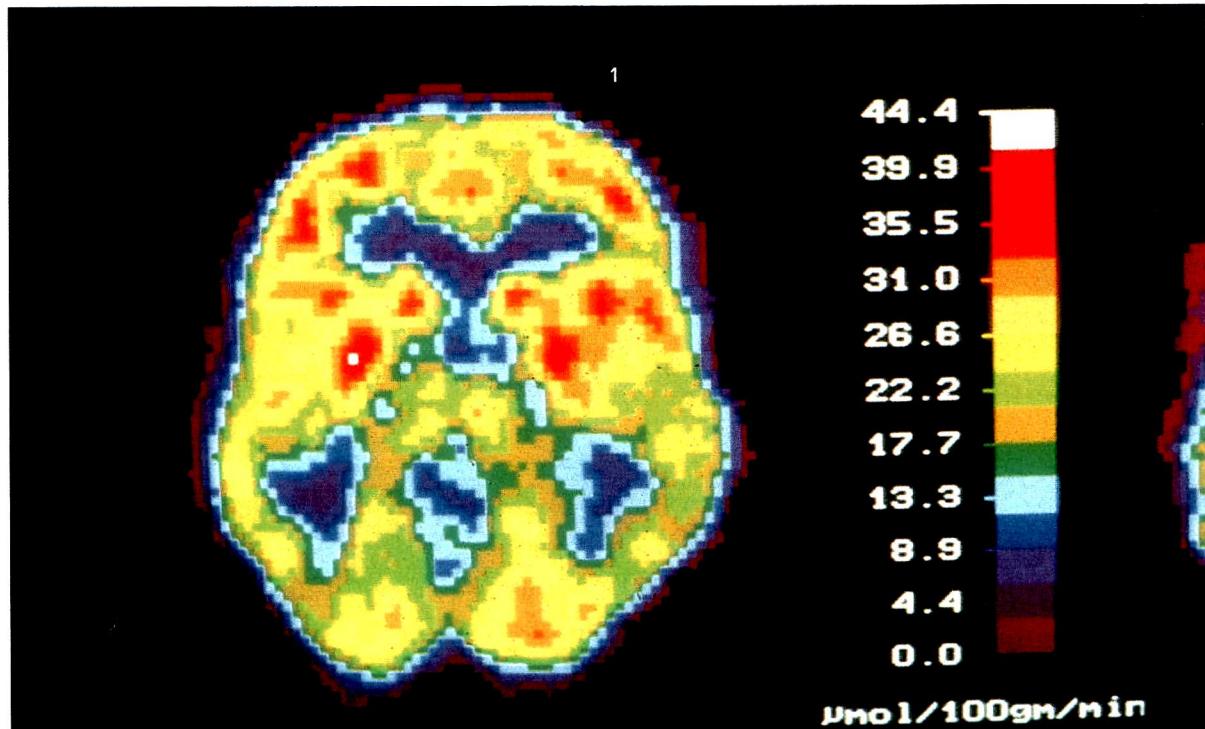
SELON LA LOI N° 91.32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES

PAR JACQUELINE RENAUD

LES INTELLIGENTS FONT MOINS TRAVAILLER LEUR CERVEAU

En demandant à leurs "cobayes" de jouer à un jeu vidéo, une équipe américaine a pu, grâce au scanner, suivre presque en direct l'activité des différentes zones du cerveau. Ces chercheurs ont ainsi pu démontrer formellement que l'on obtient les meilleurs scores lorsque le cerveau travaille le moins ! Ce résultat confirme celui déjà obtenu par la même équipe, selon lequel, lors d'une épreuve logique, les individus les plus performants font moins travailler leur cerveau que les autres.



Plus on pense "fort", plus le cerveau travaille, plus il dépense d'énergie ; c'est en tout cas ce que l'on pourrait croire, en toute logique. Or, tout récemment, Richard J. Haier et ses collaborateurs, de l'université de Californie à Irvine, viennent de montrer que c'est exactement le contraire (1). Ils ont demandé à vingt-quatre hommes jeunes, bien portants et droitiers, de... jouer à *Tetris*. Ce jeu vidéo consiste à déplacer et orienter des figures géométriques, composées de quatre carrés accolés, de manière à constituer une ligne complète (voir photos p. 50 et 51). La première fois, les scores sont faibles : 11 points en moyenne (11 lignes complétées en trente minutes) ; après la période d'exercice, les joueurs marquent en moyenne 80 points. Entre les deux parties, en passant de l'état "naïf" à l'état exercé, la consommation de glucose par le cerveau non seulement n'a pas augmenté, mais a baissé considérablement. Le cerveau travaille moins pour gagner 100 points que pour en gagner 10 !

Qui fait quoi dans notre cerveau ? C'est grâce aux observations faites par le grand savant soviétique Aleksandr R. Luria que l'on a appris à repérer les zones du cerveau ayant telle ou telle fonction. Luria a soumis un très grand nombre de blessés crâniens

de la Seconde Guerre mondiale à des tests très sélectifs de chaque fonction mentale, de manière à répertorier différentes anomalies. De plus, il a fait autopsier le cerveau de ceux qui sont morts, parfois vingt ou trente ans après la lésion. Il a pu dégager ainsi des correspondances étroites entre activités mentales et zones cérébrales. Du lobe préfrontal, par exemple, dépend notre aptitude à la prévision, à la prise de décision... Mais ces corrélations ne constituent en aucun cas autant de relations directes de cause à effet entre zones et fonctions. La zone lésée pourrait tout aussi bien n'avoir qu'un rôle secondaire consistant à permettre à une fonction élaborée ailleurs, de s'exprimer.

Récemment, d'autres techniques ont permis de confirmer ou d'infirmer les déductions de Luria. La neurochirurgie stéréotaxique, par exemple, mise au point pour remédier à certains troubles (comme des douleurs résistant à tous les traitements), consiste à enfacer dans les profondeurs du cerveau une électrode de l'épaisseur d'un cheveu, jusqu'à la zone à stimuler. Au cours du cheminement de l'électrode (que l'on introduit par un microscopique trou dans le crâne), on peut enregistrer l'activité des zones traversées. Totalement indolore, cette technique se pratique sans anesthésie : le patient peut donc faire part de ses sensations, éclairant le médecin sur les rôles respectifs des zones traversées. Toutefois, à cause de la réticence des patients vis-à-vis de tout ce qui touche à la chirurgie cérébrale, son utilisation expérimentale demeure exceptionnelle.

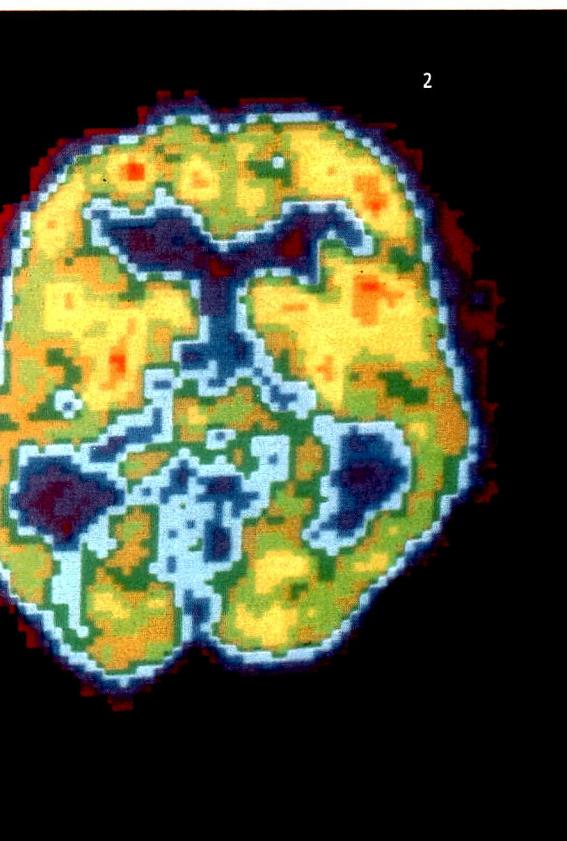
Deux autres méthodes ont permis aux biologistes de compléter leurs connaissances.

La première : mesurer la quantité de sang qui traverse une zone donnée du cortex cérébral, c'est ce que l'on appelle le flux sanguin cortical régional. L'intensité de ce courant est transcrise par l'ordinateur

(1) R. J. Haier et al., *Brain Research* n° 570 (1992), p. 134-143.

Meilleur score égale moins de neurones mobilisés

Richard Haier et son équipe ont choisi un jeu vidéo, *Tetris* (voir encadré p. 51), pour explorer l'activité cérébrale de huit volontaires. Sachant que les neurones au travail consomment plus de glucose qu'au repos, ils ont injecté aux volontaires du glucose "marqué" (du fluoro-désoxy-glucose, ou FDG). Lorsqu'il est capté par les neurones, le FDG émet un rayonnement (sans aucun danger) qui peut être visualisé sur les écrans d'un scanner. Les chercheurs américains ont pu voir que le cerveau d'un sujet qui joue pour la première fois mobilise un nombre sensiblement important de neurones (photo 1, zones à forte concentration de FDG plus étendues), alors que le joueur marque un score faible. A l'inverse, le cerveau d'un sujet qui s'est déjà exercé à ce jeu et qui réussit des scores beaucoup plus élevés a besoin de faire travailler beaucoup moins de neurones (photo 2, zones à forte teneur en FDG moins importantes).



en couleurs qu'on voit varier sur l'écran vidéo selon que la zone examinée utilise plus ou moins de sang. On peut ainsi observer ce qui se passe lors d'une épreuve logique⁽²⁾. On mesure de cette façon l'"intelligence métrique", partie de l'intelligence mesurable par des tests. Soyons clair : il ne s'agit en aucun cas de quantifier l'"intelligence" – concept d'ailleurs bien difficile à définir – mais seulement de mesurer l'aptitude à réaliser certaines tâches. Les zones qui reçoivent le plus de sang lors de ces tests sont justement celles dont la lésion, selon Luria, privait les victimes de certains modes de raisonnement. Il s'agit d'une région latérale du cortex située au carrefour des lobes pariétal, temporal et occipital⁽³⁾.

La deuxième : le cerveau tranche par tranche. La mesure du flux sanguin permet, certes, d'espionner le cerveau en pleine action, mais les images vidéo des zones actives ont des contours assez flous. En outre, par cette méthode, on ne peut observer que le cortex et non la profondeur du cerveau, l'appareil de mesure n'en captant qu'une épaisseur de deux centimètres. C'est, en fait, grâce au scanner que Richard Haier et ses collaborateurs ont pu mesurer avec précision l'activité des différentes zones de notre cerveau. Pour ce faire, on injecte dans le sang du sujet un produit "marqué" qui provoque l'émission des positrons, particules élémentaires de la même masse que l'électron mais de charge électrique positive. Les collisions entre ces positrons et les électrons présents dans les cellules du cerveau engendrent des rayons gamma (ce rayonnement, minime, n'a aucun effet nocif sur l'organisme). Le scanner, ou PET (Positron Emission Tomography), analyse ces émissions dans un organe tranche par tranche – à n'importe quel niveau, et selon n'importe quel plan.

Pour explorer le cerveau, le produit qu'on injecte est du glucose "marqué" sous forme de fluoro-désoxy-glucose ou FDG. Le glucose est, en effet, le carburant essentiel des neurones. Le FDG se comporte, lui, comme unurreur : les neurones le captent comme s'il s'agissait de glucose ordinaire, mais ils ne peuvent le métaboliser normalement, de sorte qu'il reste présent très longtemps dans leur protoplasme (leur milieu intérieur) sans être dégradé et continue d'y émettre des positrons. Plus les neu-

(2) En effet, tout organe ou tissu qui effectue un travail est irrigué plus abondamment que lorsqu'il est au repos.

(3) Cette "bosse", plus développée chez l'homme que chez les autres primates, est utilisée par les anthropologues pour reconnaître un morceau de crâne humain dans des restes préhistoriques.

rones travaillent, plus ils captent de glucose – et donc de FDG – circulant dans le sang : la quantité de glucose dans un neurone constitue donc un bon indice de son activité. Le rayonnement émis par le FDG révèle en images l'activité des différentes zones et fournit en données chiffrées la quantité de glucose captée (en micromoles par 100 grammes de cerveau par minute).

La localisation de plusieurs fonctions du cerveau a été confirmée de la sorte. Par exemple, on sait que le champ visuel droit (le champ visuel est l'étendue de ce que nous voyons quand nous regardons droit devant nous) est traitée par le cortex occipital gauche, et réciproquement. L'observation par le PET a en effet montré que, lors d'une stimulation visuelle, l'hémisphère droit capte nettement plus de glucose que le gauche. En plus de nous révéler les profondeurs de notre cerveau, cette méthode, plus "fine" que la mesure du flux sanguin, permet d'y explorer des zones parfaitement délimitées et de repérer celles qui travaillent le plus. On peut même comparer l'activité de deux neurones individuels situés en deux endroits différents !

Bien entendu, les chercheurs ont voulu appliquer ce merveilleux outil à l'établissement d'éventuelles corrélations entre l'intelligence métrique et la captation du glucose par les cellules cérébrales. Pour mettre le cerveau au travail, ils ont utilisé un test de raisonnement abstrait : les matrices progressives de Raven (le test PMAR). Ils ont choisi la

série la plus difficile, pour mieux mettre en évidence d'éventuelles différences de performances entre les sujets. Ils savaient déjà, grâce à Luria, que la région pariéto-occipitale de l'hémisphère gauche joue un rôle essentiel dans le raisonnement abstrait⁽⁴⁾.

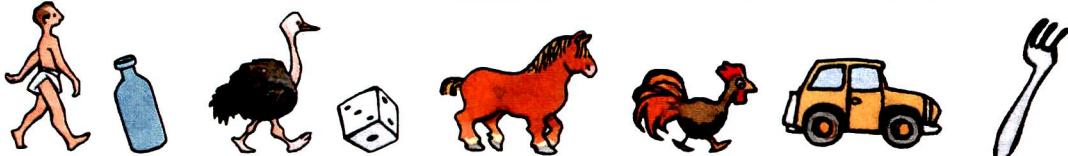
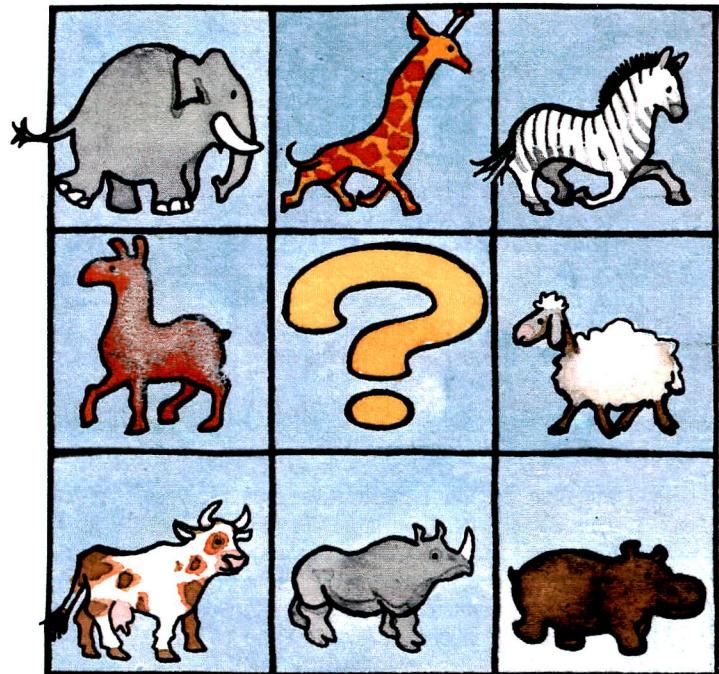
Mais le test PMAR est un test non verbal, requérant la participation du sens de l'espace : fera-t-il tout de même travailler l'hémisphère gauche plus que le droit ? En général, les tests de raisonnement sont verbaux : ils utilisent les "donc", "car", "bien que", etc., mettant à contribution l'hémisphère gauche, celui de

Le PET permet de voir travailler le cerveau

(4) L'intelligence concrète permet des opérations logiques sur des objets concrets. Voici un exemple que tout bricoleur a pu observer : si la lame de ma scie s'est coincée, c'est que la planche que je scie est posée sur un support à chaque extrémité, ce qui fait que les deux bords de la fente se referment sur la lame. L'intelligence abstraite, elle, permet de raisonner sur des représentations plus ou moins abstraites : si Dieu existe, et s'il est infiniment miséricordieux, alors il n'y a personne en enfer ; ou encore : l'avenue est envahie de voitures qui klaxonnent, le match de foot est donc fini ; j'entends des slogans de victoire en anglais, les Français ont donc perdu.

On ne peut raisonner sans paroles

Dans les tests de Raven (dont le principe est illustré par nos dessins), il s'agit de trouver, parmi des éléments proposés en vrac, celui qui a sa place dans la case vide d'une matrice. Cela fait appel à un raisonnement fondé uniquement sur des formes, qui demande, on le sait, la participation de l'hémisphère droit, dont dépend le sens spatial. Pourtant, l'analyse des quantités de fluoro-désoxy-glucose utilisées par le cerveau d'un individu confronté à ce test montre qu'il fait également appel à l'hémisphère gauche, celui de la parole. Ainsi, même dans un test non verbal comme celui-ci, il est impossible de penser sans "langage intérieur", implicite à toute association logique. Dans notre exemple, ce langage serait : «Si toutes les cases occupées contiennent un animal, et s'ils sont tous quadrupèdes, c'est donc le poney qui va dans la case vide.» Une fois que l'on a saisi le principe du test avec une première matrice, on résoudra de plus en plus rapidement les suivantes, et en mobilisant moins de neurones (voir photos p. 46).



la parole (5). En revanche, le sens spatial dépend, lui, de l'hémisphère droit... Néanmoins, les personnes atteintes de lésions pariéto-occipitales gauches ont des scores très faibles au PMAR... Pour démêler cet imbroglio, rien de tel que d'observer directement le cerveau en pleine action !

Richard Haier a donc réparti trente sujets – tous des hommes jeunes, en bonne santé physique et morale – en trois groupes. Le premier a subi les épreuves du PMAR, tandis que le deuxième a été soumis à un test de perception visuelle, le *Continuous Performance Test* ou CPT (détailé ci-après) ; le dernier groupe, enfin, a simplement vu les images du CPT sans avoir à y réagir ("CPT sans épreuve"). La comparaison des résultats de ces trois groupes permet de mieux cerner l'activité cérébrale stricte-ment concernée par le raisonnement abstrait.

Le test PMAR (voir dessin ci-dessus) est constitué de trente-six planches contenant chacune neuf éléments arrangeés en une matrice de 3 x 3. Dans

chaque matrice, il manque, en fait, un élément, à choisir parmi les huit présentés sous la matrice. Le CPT, quant à lui, consiste à présenter sur un écran, dans un ordre tiré au hasard, les chiffres de 0 à 9, chacun pendant quarante millisecondes, à un rythme de un toutes les deux secondes. Ils sont brouillés et nécessitent donc une concentration visuelle pour être reconnus. Dans le CPT avec épreuve, le sujet doit appuyer sur un bouton placé à sa droite chaque fois qu'apparaît le chiffre 0.

Avant l'injection intraveineuse de FDG, les sujets ont un petit moment pour se familiariser avec la situation : dix planches plus simples pour le groupe PMAR, et un bout d'essai pour le groupe CPT avec épreuve. A partir de l'injection, les sujets effectuent leurs tâches respectives pendant trente minutes, au cours desquelles les cellules du cerveau captent la molécule marquée circulant dans le sang. Ensuite, on les installe sous le "casque" du scanner. Comme on l'a vu, les différentes régions gardent le FDG un certain temps après l'avoir capté. C'est donc bien le cerveau, en plein action ou au repos, que l'on observe.

Comme on s'y attendait, l'hémisphère droit pré-

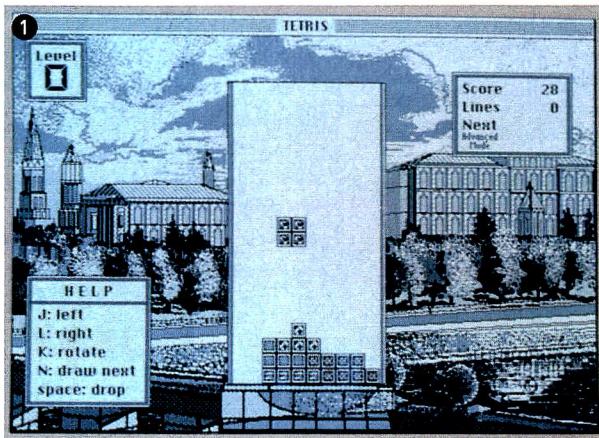
(5) Les tests verbaux ont le défaut de faire intervenir de très nombreuses zones du cerveau, de multiplier les paramètres de telle façon qu'on ne peut plus centrer l'expérience.

domine dans tous les groupes. Mais, quand on compare le métabolisme relatif des différents secteurs (l'indice de l'activité d'un secteur par rapport à l'ensemble de la "tranche" observée par le scanner), on s'aperçoit que la région de jonction pariéto-temporo-occipitale gauche travaille plus dans le test PMAR que dans le test CPT, et chez le groupe CPT sans épreuve. Dans l'hémisphère droit, cette région a un métabolisme plus élevé dans les groupes PMAR et CPT que dans le groupe CPT sans épreuve.

D'autres zones cérébrales ont révélé, elles aussi, des différences notables entre les trois groupes de sujets. Ainsi, le groupe PMAR utilise plus d'énergie dans le lobe occipital gauche que les groupes CPT et CPT sans épreuve. Il consomme aussi plus d'énergie dans le lobe temporal droit que le groupe CPT sans épreuve. De manière générale, le test CPT produit une plus forte différence d'activité entre les hémisphères droit et gauche que le test PMAR.

Ainsi, une épreuve où le raisonnement prime sur le simple traitement de données visuelles et spatiales exige la participation des deux hémisphères, surtout de leur partie postérieure (pariéto-temporo-occipitale). Cela ne fait d'ailleurs que confirmer les observations de Luria. Et, toujours conformément à l'hypothèse de celui-ci, l'intervention de l'hémisphère gauche, alors qu'il ne s'agit de raisonner que sur des formes, prouve qu'il est impossible de penser sans "langage intérieur". Ce sont des mots que l'on ne prononce pas, mais qui sont implicites dans toute association logique. Pour reprendre l'exemple du test PMAR (illustré en p.49), on pense quand même avec les mots "animaux", "animal", "objets", "même famille", etc., et on se dit intérieurement des phrases telles que : «Si toutes les cases contiennent un animal à quatre pattes», [...] donc, c'est le cheval qui va dans la case inoccupée». Quant à la participation de l'hémisphère droit dans l'épreuve PMAR, elle va de soi puisque cet exercice requiert l'appréciation de formes, donc le sens de l'espace.

Le groupe CPT a, pour la même raison, fait nettement travailler son hémisphère droit... mais a activé aussi un peu la zone pariéto-temporo-occipitale de son hémisphère gauche. Pourquoi ? Les auteurs pensent que, le brouillage rendant les chiffres présen-



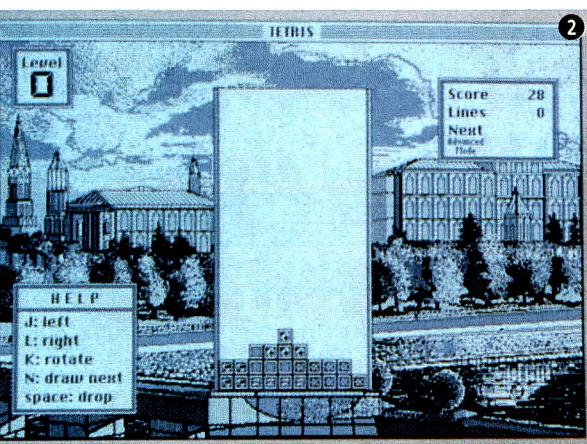
tés très difficiles à identifier, leur lecture demande aux personnes testées un petit travail de raisonnement, fourni par l'hémisphère gauche (par exemple, si le chiffre affiché est plutôt anguleux, donc j'élimine les chiffres 0, 6, 8 et 9).

Les cerveaux les plus performants sont les moins gourmands. En effet, le résultat essentiel et le plus surprenant, c'est que les sujets qui ont les meilleurs résultats aux épreuves du PMAR sont ceux dont le cerveau utilise le moins de glucose. Ce rapport inverse score/métabolisme est particulièrement net dans les régions concernées par le raisonnement, comme la zone pariéto-temporo-occipitale. En revanche, les meilleurs scores aux tests CPT sont obtenus par les individus dont le métabolisme des lobes occipitaux droits – et de la partie adjacente du lobe temporal inférieur – est le plus élevé. Ce dernier résultat est dans la logique de nos connaissances : meilleure est l'efficacité visuelle, plus intense est le travail du cortex concerné par la fonction visuelle.

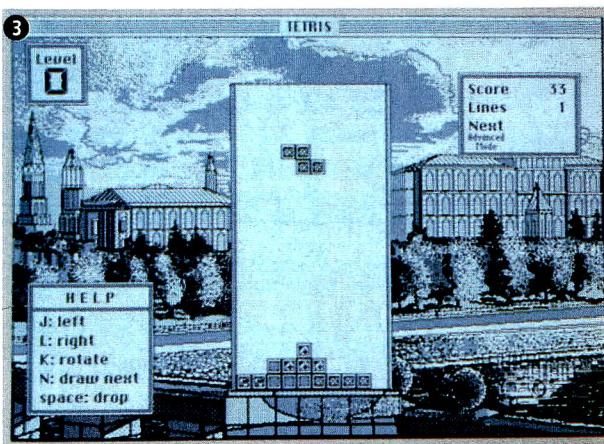
Alors, pourquoi est-ce le contraire lorsqu'il s'agit de performances intellectuelles ? Notre connaissance actuelle de l'axone et de l'influx électrique qui le parcourt ne nous autorise qu'un faisceau de présomptions. Peut-être les sujets qui raisonnent le moins bien ont-ils des connexions peu efficaces entre neurones. Inversement, ceux qui ont des scores élevés le devraient soit au fait qu'ils possèdent dans leur cerveau des circuits déjà plus efficaces, ne perdant pas d'énergie à se constituer par "essais et erreurs", soit au fait qu'ils ont accès plus facilement à ces circuits.

D'autres observations vont dans le même sens. Ainsi, l'élé-

L'intelligence métrique est celle que savent mesurer les tests



2



3

La preuve par Tetris

Du haut de l'écran tombe une forme géométrique composée de quatre petits carrés accolés de plusieurs façons possibles (image 1 ; ici, en grand carré). En pianotant sur le clavier, le joueur doit déplacer rapidement ce mobile à gauche ou à droite, et au besoin le faire pivoter sur lui-même, pour qu'il se case dans l'empilement du bas de la fenêtre de manière à remplir l'étage inférieur (image 2). Lorsque le joueur réussit, cet étage disparaît et un point est marqué. Aussitôt ce premier mobile arrivé sur l'empilement, une autre forme géométrique tombe à son tour, que le joueur doit prendre en charge. Six familles de formes sont proposées (en Z – image 3 –, en barre droite, en L à côtés égaux ou inégaux, etc.). Le but est bien entendu de marquer le plus grand nombre de points tout en allant de plus en plus vite, car la partie est limitée dans le temps. Au bout de quelques semaines d'entraînement, les joueurs testés ont multiplié par plus de sept en moyenne leurs scores initiaux. Les analyses de métabolisme cérébral ont confirmé que le cerveau travaille moins à mesure que s'améliorent ses performances. En fin d'apprentissage, comme le montre le tableau ci-dessous, le cerveau travaille même moins que lorsque le sujet se contente de regarder défiler les chiffres du test CPT sans épreuve (détailé dans l'article).

ZONE CÉRÉBRALE	CONSOMMATION DE GLUCOSE		
	(en micromoles par 100 g de matière cérébrale par minute)		
	Tetris 1 ^{re} fois	Tetris exercé	Test CPT
Lobe frontal	41.3	30.3	33.2
Lobe pariétal	42.9	29.9	32.2
Lobe temporal	30.7	24.1	26.6
Lobe occipital	41.9	30.9	31.6
Cortex entier	39.2	28.8	30.9

vation du métabolisme cérébral de sujets à capacités intellectuelles réduites (6) par rapport à celui de sujets "normaux" est due à l'activité redondante de leurs circuits neuronaux. Par ailleurs, au cours de la maturation du cerveau humain, la densité des synapses (les connexions entre neurones) dans le lobe frontal diminue nettement un peu avant la vingtième année, alors même que l'intelligence métrique atteint son niveau adulte.

Enfin, on a pu noter que la dilatation pupillaire, qui accompagne normalement le travail cérébral (7), diminue plus rapidement, lorsque l'enfant grandit, chez les sujets ayant les meilleurs scores en intelligence métrique. Les auteurs de recherches sur ce thème ont suggéré que cette amélioration n'entraînait pas une augmentation d'activité générale des neurones cérébraux qui, de synapse en synapse, aboutissent aux nerfs commandant la dilatation pupillaire ; elle serait plutôt le fait d'un gain d'efficacité dans les processus cérébraux concernés. De cette façon, le cerveau n'active plus que les neurones indispensables – à l'exclusion donc, notamment, des connexions avec les nerfs de la pupille.

Toutes ces observations ont, naturellement, conduit Haier et son équipe à se demander comment le cerveau réagit au cours de l'apprentissage d'une tâche complexe, associant le sens de l'espace et les coordinations visuo-motrices. Pour répondre à cette question, ils ont placé huit des vingt-quatre volontaires de l'expérience devant Tetris, jeu vidéo

(6) A savoir, les personnes atteintes des troubles que les médecins, n'ayant pas trouvé de lésion cérébrale pour les expliquer, appellent "débilité".

(7) On a même fait de la dilatation pupillaire un test clinique de capacité cognitive, c'est-à-dire un signe indiquant que le cerveau du nourrisson peut faire les opérations grâce auxquelles l'enfant est capable de percevoir le monde qui l'entoure.

PAR DIDIER DUBRANA

LE SYNDROME DE LA VACHE FOLLE

Depuis six ans, un mystérieux agent pathogène a tué plus de 70 000 vaches en Angleterre. Aujourd'hui, pour la première fois, les scientifiques français évoquent officiellement le risque de contamination des médicaments et de l'alimentation humaine.

Après trois ans d'incubation sur les paillasses des laboratoires de recherche et dans l'antichambre des ministères, le dossier des "vaches folles" sort au grand jour. Si l'agent pathogène responsable de l'encéphalopathie spongiforme subaiguë bovine reste toujours une énigme pour les scientifiques, les politiques, eux, ont décidé de prendre des mesures afin d'éviter tout risque de contamination humaine. En effet, l'agent pathogène incriminé dans le cas de la maladie des vaches folles est le même que celui dont sont issues toutes les formes d'encéphalopathies spongiformes humaines (la maladie de Creutzfeld-Jacob, la maladie du Kuru, le syndrome de Gerstmann-Straußler-Scheinker). La crainte est que la maladie se transmette par le biais de l'alimentation ou par celui de la consommation de nombreux médicaments préparés à l'aide de tissus d'animaux contaminés.

C'est le rapport Dormont qui a mis le feu aux poudres. Au mois d'avril dernier, le ministre de la Recherche, Hubert Curien, commande à Dominique Dormont, chef du groupe mixte de recherche du Service de santé des armées et du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), un bilan scientifique complet sur la question des encéphalopathies subaiguës spongiformes animales et humaines. Deux mois plus tard, l'analyse est sur le bureau du ministre. Le 23 septembre, ce rapport quelque peu détonant est rendu public. Les neuf experts du groupe d'évaluation soulignent trois risques majeurs :

- un risque potentiel de contamination de l'homme par l'agent bovin *via* l'alimentation ou les produits à usage thérapeutique (biomatériaux, biotechnologies...) ;
- un risque potentiel pour l'homme par l'utilisation de matériel biologique d'origine humaine en thérapeutique (greffes, médicaments...) ;
- et enfin un risque d'ordre agricole inhérent à l'utili-

sation d'engrais préparés à l'aide des déchets d'abattoir.

Le rapport Dormont souligne que «l'alimentation à base de viande bovine et l'utilisation de matériaux biologiques d'origine humaine, bovine ou ovine posent donc un problème important».

L'épidémie qui décime les vaches anglaises provient de l'ingestion de farines fabriquées à partir de déchets d'abattoir. Parmi ceux-ci se trouvaient, en effet, des morceaux de moutons contaminés par l'agent pathogène – il avait résisté aux méthodes classiques de stérilisation⁽¹⁾. Preuve que cette maladie peut franchir la barrière des espèces puisqu'elle est passée des ovins aux bovins.

Peut-elle passer de la vache à l'homme ? Comment le savoir ? On ignore à peu près tout du mystérieux agent pathogène. Faute de mieux, les scientifiques le désignent par le sigle ATNC pour "agent transmissible non conventionnel".

Ce n'est pas un virus, encore moins une bactérie, et surtout il ne fait rien comme les autres. Il n'induit aucune réponse immunitaire de l'hôte infecté et résiste aux désinfections chimiques ou physiques fatales à la plupart des virus. Il peut vivre plus de quatre mois dans une solution formolée de très forte concentration (20 %). Il supporte des doses de radiations ionisantes ou de rayonnements ultraviolets qui d'ordinaire stérilisent les virus ou les bactéries les plus coriaces. Ainsi, une exposition à des radiations ionisantes d'engrais préparés à l'aide des déchets d'abattoir.





La psychose anglaise du steak contaminé. Certains restaurants déclarent même ne servir que de la viande importée

santes de 15 mégarads – soit trois fois la dose stérilisante usuelle – est inefficace. L'ATNC résiste même à une température de 160 °C pendant vingt-quatre heures ! Bref : la "bête" est singulière.

Depuis 1986, date d'apparition de la maladie en Angleterre, l'hypothèse la plus en vogue reste celle de l'équipe du Pr Stanley Prusiner de l'université de San Francisco. Pour Prusiner, le composant majoritaire de l'ATNC est une protéine appelée PrP (pour *protease resistant protein* ou protéine prion). En termes techniques, « le prion est une particule infectieuse de nature protéique (une sialoglycoprotéine formée d'acide sialique et d'oligosaccharide), résistant à l'inactivation par

des procédés qui altèrent les acides nucléiques, et contenant une forme modifiée anormale (baptisée PrPsc) d'une protéine cellulaire (PrPc) existant naturellement chez l'animal ou l'homme ». On sait aussi que cette protéine infectieuse est formée d'un enchaînement de 253 acides aminés chez l'homme, 254 chez le hamster, 269 chez la vache... Mais ces précisions n'expliquent toujours pas le mécanisme de la maladie. Les chercheurs constatent seulement l'apparition des encéphalopathies lorsque la concentration de prion augmente dans les cellules nerveuses du cerveau. Ce qui tendrait à prouver que le prion se reproduit. Comment ? On ne se reproduit pas sans acide nucléique. Que l'on soit bactérie, coccinelle ou baleine, il faut qu'un ADN programme la synthèse des enzymes et des protéines nécessaires à la production de tissu. Même les virus, microbes rudimentaires, contiennent soit un ADN, soit un ARN. Chez le prion, les techniques de microscopie électronique les plus performantes ne montrent rien de semblable. Mais « bien que les propriétés infectantes du prion ne soient pas diminuées par les procédés qui altèrent les acides nucléiques », souligne Prusiner, « leur présence ne peut être exclue ». Dans ce cas, le génome du prion serait nettement plus petit que tous les génomes connus : moins de 5 nucléotides dans le cas d'une molécule d'ARN, et de 30 à 45 paires de base pour un ADN.

En attendant d'en savoir plus, les chercheurs avancent une hypothèse sur le mécanisme infectieux : le prion pénétrant dans la cellule nerveuse induirait la transformation de la protéine cellulaire normale (PrPc) en protéine infectieuse (PrPsc). Les formules chimiques des deux protéines étant proches, la transformation ne serait pas reconnue par le système immunitaire. Et la paroi des cellules nerveuses éclaterait par accumulation de prions dans leur cytoplasme (voir encadré p. 54). D'où l'aspect spongieux que prend alors le cerveau modifié par la dégénérescence progressive du système nerveux central.

C'est ce modèle infectieux qui tuerait les vaches.

Chez l'homme, il se pourrait que ce scénario se reproduise lors de consommation de médicaments préparés à partir de tissus nerveux bovins. En effet, de nombreux médicaments sont fabriqués à partir d'extraits de cerveau, de moelle épinière et de bien d'autres tissus bovins : ganglions lymphatiques, rate, amygdales, thymus... Organes dans lesquels le prion se concentre particulièrement à la fin de la période d'incubation de la maladie.

Bien qu'il n'existe encore aucune preuve scientifique d'infection par les médicaments, le ministère de la Santé a, en juin dernier, retiré de la vente dix-neuf médicaments d'origine bovine. Et suspendu celle de treize autres produits qui seront remis sur le marché après modification de leur formule. Un mois plus tard, le 31 juillet, un nouveau pas a été franchi avec la parution d'un arrêté ministériel « portant suspension de la fabrication, de la mise sur le marché et ordonnant le retrait des compléments alimentaires et produits destinés à l'alimentation infantile renfermant des tissus autres que musculaires d'origine bovine et ovine ». Ainsi, les officines et les grandes surfaces n'ont plus le droit de vendre des petits pots pour bébés contenant de la cervelle.

« Nous sommes en plein effet sida », constatent certains scientifiques souhaitant garder l'anonymat. L'effroyable affaire du sang contaminé pousse le ministère de la Santé dans ses derniers retranchements. De fait, ces mesures draconiennes étendent l'énigme du prion au secteur de l'alimentation humaine. On peut en particulier se demander pourquoi l'arrêté du 31 juillet limite les interdictions à l'alimentation des bébés. Pourquoi fixer une frontière ? Ne devrait-on pas, si l'on suit la logique des experts, interdire aussi la vente de cervelle à la boucherie ? Il semble que l'administration n'ait pas mesuré toute la portée de sa décision.

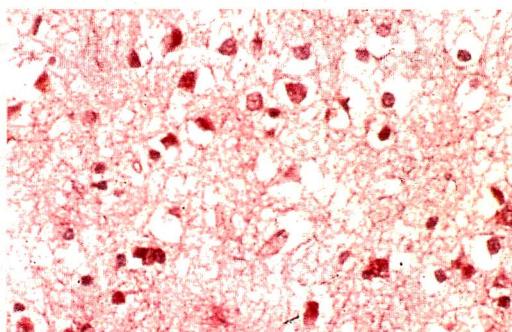
D'autant que l'expérimentation confirme qu'il est possible d'infecter des animaux par le biais de l'alimentation. En 1990, l'équipe anglaise de R. M. Barlow (2) a transmis l'infection à des souris en les nourrissant avec un broyat de cervelles de vaches mortes d'une encéphalopathie spongiforme. En huit jours, les souris ont consommé plus de la moitié de leur poids de cet aliment. Dix-huit mois plus tard, elles dévoappaient à leur tour une encéphalopathie spongiforme subaiguë et mouraient. Aucun homme ne mange bien entendu autant de cervelle

CONTAMINATION : LA VOIE "ACCIDENTELLE"...

Les vaches qui ont mangé des compléments alimentaires contaminés, certains enfants qu'on a "soignés" à l'hormone de croissance avant 1985, ou le patient qui subit une greffe de cornée prélevée sur un homme atteint de Creutzfeld-Jacob développent tous le même modèle infectieux.

Une fois dans la cellule nerveuse (1), l'agent pathogène, le prion, détourne la synthèse protéique à son avantage : la protéine cellulaire (PrPc) est transformée en protéine infectieuse (PrPsc) (2). L'accumulation de prions dans le cytoplasme attire l'attention des lysosomes qui les phagocytent (3). Les lysosomes, gorgés d'enzymes, jouent d'ordinaire un rôle

d'éboueurs : ils dégradent les acides aminés, unités alimentaires de la protéine, qui n'ont pas été utilisés dans la synthèse protéique. Mais comme la protéine infectieuse est différente de la protéine cellulaire, ces enzymes lysosomiques sont totalement inefficaces : le prion s'accumule donc dans le lysosome (4). Cette poche infectieuse finit par faire éclater la paroi du neurone (5). Les nouveaux prions vont alors infecter, puis tuer, les cellules voisines (6). Le cerveau prend alors progressivement l'aspect d'une éponge, matérialisant ainsi la dégénérescence progressive du système nerveux – sur cette vue au microscope, toutes les taches blanches sont du tissu mort.

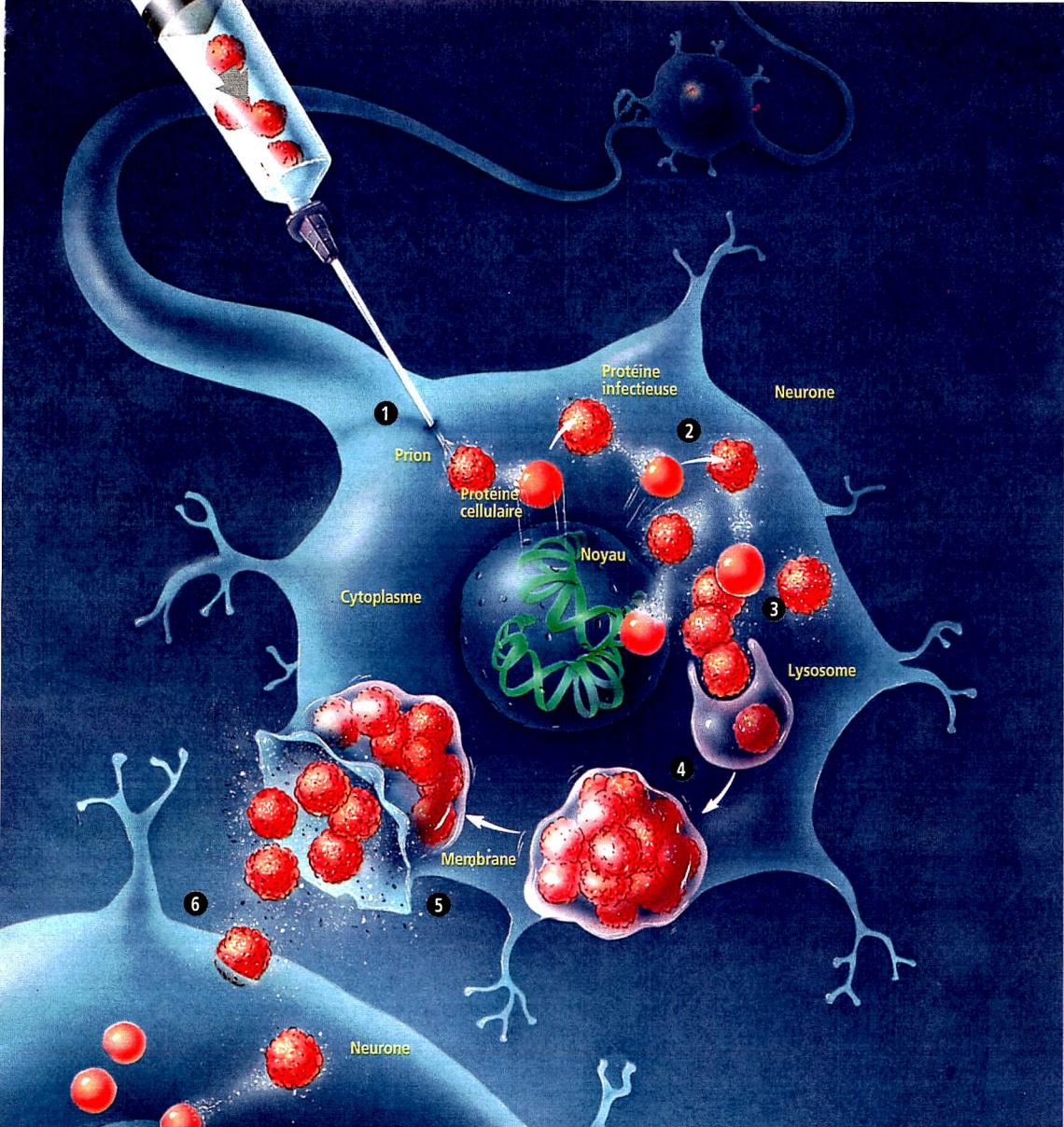


en si peu de temps ! Mais cette expérience prouve que le prion a, une nouvelle fois, emprunté la voie digestive pour franchir la barrière des espèces, en passant, cette fois, du bovin au rongeur...

Il est logique que la cervelle soit si infectieuse puisque le prion se concentre particulièrement dans les tissus nerveux. Mais qu'en est-il des tissus musculaires dans lesquels le boucher taille les steaks ? Voici trente ans, en 1962, deux chercheurs anglais, Pattison et Milsson (3), avaient fait une expérience inquiétante. A cinq troupeaux de quatorze chèvres chacun, ils injectèrent différents tissus animaux contaminés : soit un broyat de cerveau, soit du liquide céphalo-rachidien, soit encore des extraits de glandes surrénales et

(2) Royal Veterinary College, Hatfield, Angleterre.

(3) Institut for Research of Animal Diseases, Compton, Angleterre.



salivaires, soit enfin du tissu musculaire. L'extrait de cerveau entraîna la mort de toutes les chèvres du premier lot. Le liquide céphalo-rachidien tua 50 % du deuxième, tandis que 35 % des chèvres qui avaient reçu des extraits de glandes moururent. Une chèvre infectée avec le tissu musculaire développa la maladie. Certes, cette expérience porte sur un trop petit nombre de bêtes pour être pleinement significative. Il faut tout de même retenir qu'une chèvre a été contaminée par injection (et non ingestion) de steak.

Curieusement, l'expérience ne semble pas avoir été renouvelée. Seule sa reproduction à partir d'un plus grand effectif permettrait de connaître le réel pouvoir infectant de la viande. En attendant, il est tout de même rassurant de constater qu'en France les moutons sont infectés par le prion depuis deux siècles

sans qu'ils aient apparemment provoqué une augmentation du nombre d'encéphalopathies spongiformes chez nos concitoyens. Cependant, il n'existe aucune statistique sur ce sujet. La seule enquête épidémiologique au monde fut réalisée en France, entre 1968 et 1979, par l'équipe de Françoise Cathala, de l'INSERM de l'hôpital de la Salpêtrière. Résultat : «Aucune corrélation n'a pu être établie entre la répartition de Creutzfeld-Jacob chez les Français et la consommation de mouton.»

De nombreux secteurs industriels sont touchés par l'énigme scientifique du prion. Après la pharmacie, c'est au tour de la cosmétologie. Le collagène fabriqué à partir de peau de bovin et qui est utilisé, entre autres, dans les crèmes dermatiques, pose un problème.

En agriculture, le secteur des engrains est visé par

la publication d'un arrêté datant du 27 août 1992. Les fabricants incorporent, eux aussi, des déchets d'abattoir dans la fabrication des engrains. Or, deux chercheurs américains, P. Brown et A. Gadjusek (1), ont récemment prouvé que le prion pouvait contaminer le sol. En 1986, ils ont infecté des pots de terre à l'aide d'un homogénat de cervelles de hamsters malades. Trois ans plus tard, en 1989, l'analyse de cette terre a révélé la présence de prion. Celui-ci aurait donc résisté pendant plusieurs années au climat tempéré de l'Etat de Washington, lieu des recherches. Cette expérience vient confirmer des observations de terrain effectuées quelques années plus tôt en Islande. A l'époque, un troupeau de moutons avait été contaminé en paissant sur une parcelle qui avait hébergé des animaux malades trois ans auparavant.

Ainsi, l'arrêté ministériel du mois d'août impose-t-il aux fabricants de soumettre à homologation les 1 500 types d'engrais vendus sur le marché français. «C'est une aberration», proteste François Auzolle, un responsable du Syndicat national de l'industrie des engrais, «la matière première d'origine animale entre dans moins de 10 % de la production d'engrais. De plus, ces engrais sont destinés en majorité à la viticulture ou aux cultures maraîchères. Jusqu'à présent, on n'a pas vu des moutons et des vaches gambader dans les vignobles bordelais ou dans ceux des Bouches-du-Rhône !» Pour le ministère de l'Economie et des Finances, cependant, «ces mesures visent à responsabiliser les fabricants». Ces derniers devront, pour faire passer les tests d'homologation à leurs produits, payer entre 2 600 F et 10 000 F par type d'engrais...

L'affaire de la maladie des vaches folles aura au moins eu le mérite d'accélérer les recherches dans le domaine des maladies humaines à prion. On sait qu'il

(4) National Institute of Health, Bethesda, Etats-Unis.

... ET LA FILIERE GÉNÉTIQUE

On sait maintenant que de nombreuses encéphalopathies subaiguës humaines sont provoquées par des mutations génétiques. C'est le cas de la maladie de Creutzfeld-Jacob, du syndrome de Gerstmann-Straußler-Scheinker et de l'insomnie familiale fatale.

La mutation génétique affecte indifféremment l'un des deux chromosomes du noyau cellulaire. Le chromosome porteur de la mutation 1 produit des prions tandis que l'autre fabrique des protéines cellulaires saines 2. Lorsque le prion s'accumule dans le cytoplasme, les

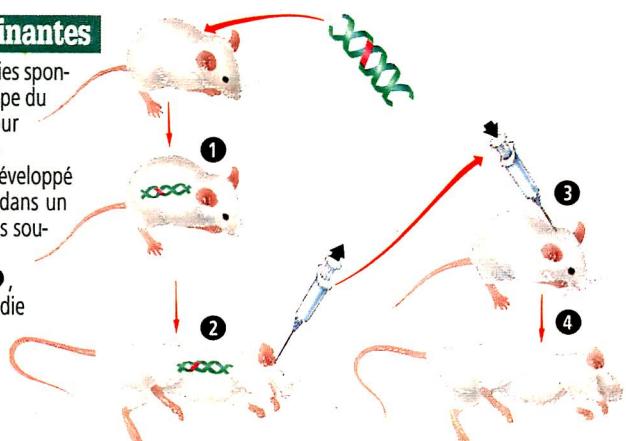
lysosomes essayent de le dégrader. Mais, comme dans le scénario des contaminations accidentelles (voir dessin p.55), ses enzymes sont inefficaces. Les prions grossissent donc la cavité lysosomique 3 qui finit par faire éclater la membrane du neurone 4, et l'infection gagne les cellules voisines 5.

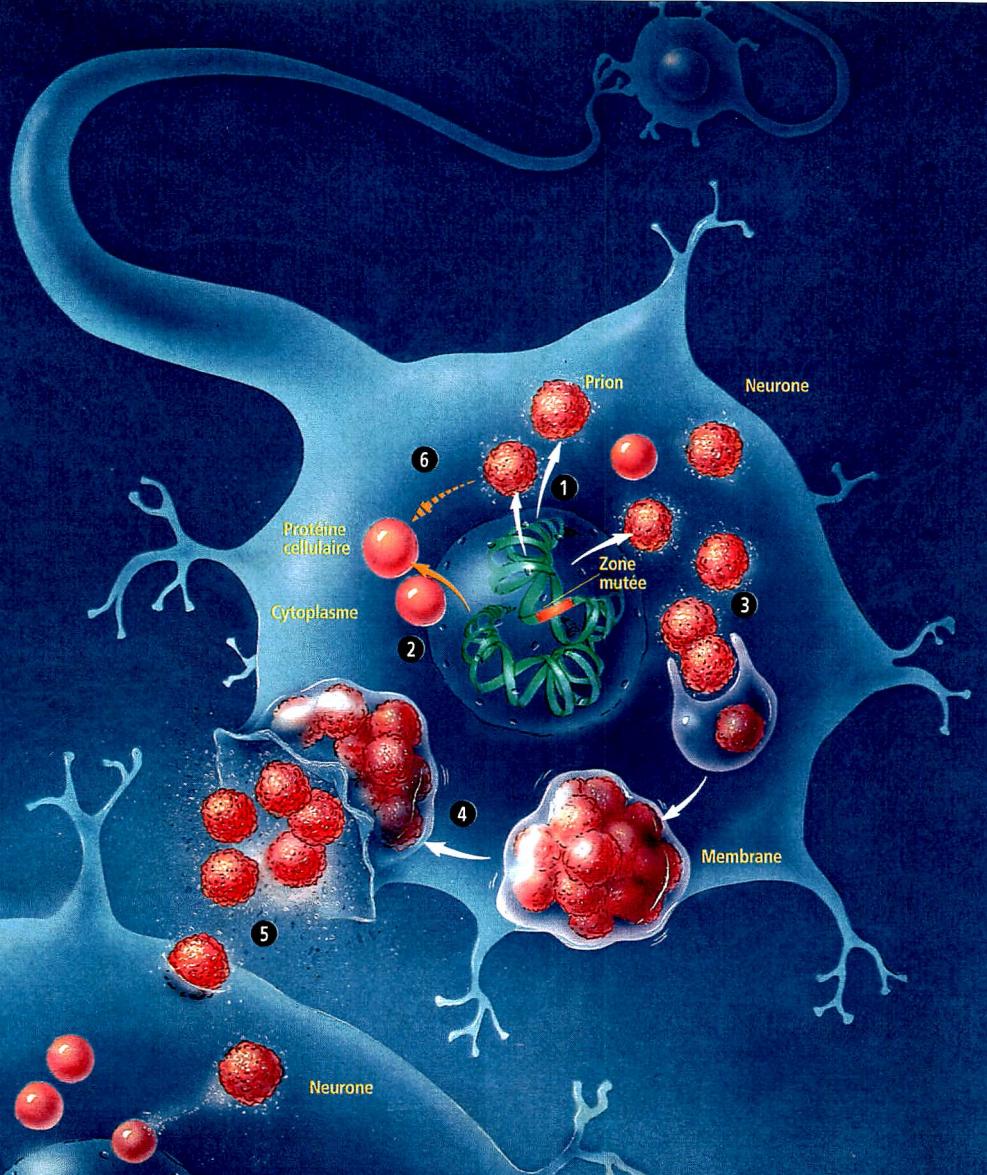
Une question reste toutefois à résoudre : les prions peuvent-ils transformer les protéines cellulaires produites par le chromosome non muté en protéines infectieuses 6 ? Ce mécanisme rappelerait alors celui de la voie accidentelle.

existe des prédispositions génétiques à développer ces pathologies. Les scientifiques ont remonté l'arbre généalogique de nombreuses familles pour découvrir que certaines lignées sont sujettes au Creutzfeld-Jacob ou au syndrome de Gerstmann-Straußler-Scheinker. Chaque maladie découle de la mutation d'un gène (voir encadré ci-dessus). Pour le syndrome de Gerstmann-Straußler-Scheinker, c'est le codon 102 (ensemble de trois bases qui code pour la fabrication d'un acide aminé bien précis) qui a muté. Résultat : ce codon 102 fabrique un acide aminé de leucine à la place d'un acide aminé de proline. Pour le Creutzfeld-Jacob, ce sont les codons 178 et 200 qui ont muté. Par ailleurs, la place du codon sur l'enchaînement des nucléotides de l'ADN détermine le temps d'incubation de la maladie. La maladie de Creutzfeld-Jacob, si elle est issue d'une mutation du codon 178, apparaît vers 45 ans. Tandis que les symptômes pathologiques d'une mutation sur le codon 200 ne s'ex-

Les souris transgéniques sont contaminantes

La transmission de la forme génétique des encéphalopathies spongiformes vient d'être prouvée par des chercheurs de l'équipe du Pr Stanley Prusiner de l'université de San Francisco. Pour cela, ils ont tout d'abord «fabriqué» des souris transgéniques porteuses du gène muté 1 ; celles-ci ont alors développé spontanément une encéphalopathie mortelle 2. Puis, dans un second temps, ils ont injecté le broyat des cervaux de ces souris transgéniques à des souris «classiques» 3. Ces rongeurs sont morts également d'une encéphalopathie 4, preuve que le prion issu de la forme génétique de la maladie est bien transmissible.





priment qu'aux alentours de 60 ans.

Ces recherches génétiques ont déjà débouché sur la découverte de nouvelles maladies à prion. Ainsi, en 1986, les médecins italiens signalèrent, dans la même famille, deux cas « caractérisés par des insomnies rebelles, accompagnées de troubles moteurs témoignant de la dégénérescence du système nerveux ». Les praticiens soupçonnèrent la marque du prion sans pouvoir le prouver. Cette année, la localisation de la mutation génétique responsable de ces troubles nerveux a permis d'identifier cette nouvelle maladie à prion, baptisée « insomnie familiale fatale ».

Les mêmes causes produisant les mêmes effets, le rapport Dormont souligne les risques de transmission du prion par l'utilisation médicale de tissus humains prélevés sur des cadavres. Des enfants sont morts d'une maladie de Creutzfeld-Jacob pour avoir été traités avec de l'hormone de croissance préparée à

partir d'hypophyse. *Idem* pour des adultes ayant subi une greffe de cornée prélevée également sur des cadavres. Ce risque de transmission accidentelle est d'autant plus grave qu'on est aujourd'hui incapable de dépister la présence du prion avant l'apparition des symptômes de la maladie. Il faut donc trouver des solutions. Ainsi, le rapport Dormont aura pour conséquence la création d'un « groupement d'intérêt scientifique » qui, parmi toutes ses missions, devra mettre au point un test de dépistage. Un budget de 2 à 5 millions de francs par an sera débloqué d'ici à la fin de l'année. Ce financement permettra aussi d'engager la mise en place d'un réseau de surveillance épidémiologique des encéphalopathies spongiformes humaines. Mais ce n'est que dans quinze ou vingt ans, durée d'incubation de l'encéphalite spongiforme, que l'on saura si la maladie des vaches folles est transmissible à l'homme.

Didier Dubrana

PAR PIERRE ROSSION

LES FOSSILES MOMIFIÉS DE L'ARDÈCHE

Ce n'est ni au Muséum d'histoire naturelle de Paris, ni au British Museum de Londres que se trouvent les fossiles les plus remarquables du monde, mais à La Voulte-sur-Rhône (Ardèche), dans un petit musée créé de toutes pièces par un amateur passionné.

Ouvert récemment au public, le musée présente plus de mille fossiles illustrant l'évolution de la faune et de la flore au cours des différentes ères géologiques. Ils ont été choisis parmi les huit mille que possède Bernard Riou (*voir encadré p. 60 et 61*) et sélectionnés pour leur beauté et leur rareté. Parmi eux, des fossiles momifiés uniques au monde, mis au jour en Ardèche, que le Muséum national d'histoire naturelle de Paris lui envie.

L'actuelle région du Vivarais fut autrefois le siège de deux événements majeurs. Il y a 155 millions d'années, au Jurassique moyen (ère secondaire), La Voulte fut inondée par une mer tropicale et, il y a 8,5 millions d'années, au Miocène (ère tertiaire), le massif du Coiron fut le siège d'un volcanisme intense.

La fosse marine, de 200 à 300 mètres de profondeur, fonctionna comme un piège naturel pour les animaux vivant sur le fond : une fois morts, ils se fossilisèrent dans les sédiments. Mais pas à l'état de squelettes, comme c'est la coutume chez les fossiles : sous la forme de momies en pierre, ce qui est exceptionnel car les conditions nécessaires à la fossilisation des parties molles sont rarement réunies. La momification implique, en effet, que l'animal mort ait été enseveli en milieu anaérobique, en l'occurrence dans un milieu marin très calme, sans échange d'oxygène avec la surface, et où la sédimentation s'effectue assez vite pour que le cadavre soit rapide-



ment recouvert. Ce milieu anaérobique a aussi pu être engendré par le phénomène des "eaux rouges", c'est-à-dire par la prolifération brutale de micro-organismes dont la putréfaction consomme tout l'oxygène disponible dans le milieu.

Dans le massif du Coiron, les animaux qui s'enselèrent dans les lacs volcaniques furent ensuite ensevelis sous des milliards de diatomées. Ces algues microscopiques, en s'accumulant en couches extrêmement fines, ont, petit à petit, formé une roche, la diatomite, véritable châsse enfermant les cadavres. Le résultat est extraordinaire : les momies du Coiron sont en chair et en os, avec toutes leurs parties molles parfaitement conservées,



comme s'ils étaient morts la veille (ou presque).

De pierre ou de chair, les momies ardéchoises constituent une vraie "mine d'or", qui a soulevé l'intérêt de la communauté scientifique internationale. Elles sont donc désormais, tout comme les fossiles obtenus par échange avec des paléontologues du monde entier, à l'abri dans le musée de La Voulte-sur-Rhône (¹) où Bernard Riou fait office à la fois de conservateur, de guide et de gardien.

Suivons donc le guide ! En guise d'introduction, un diorama en trois langues (français, anglais, allemand) retrace l'évolution de la vie sur Terre. Puis on

(¹) Musée de Paléontologie, 4 quai Anatole-France, 07800 La Voulte-sur-Rhône.

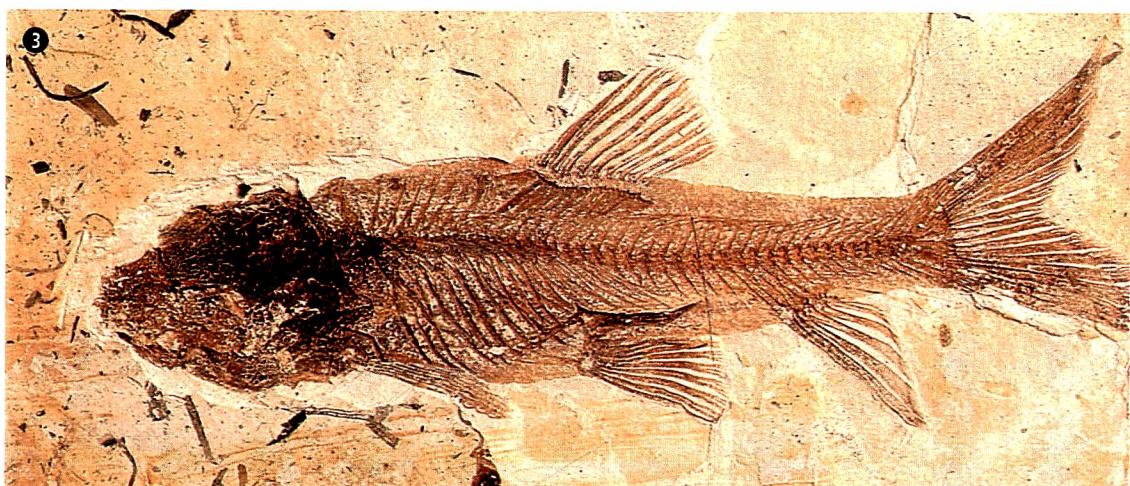
Une pieuvre vieille de 155 millions d'années

Sur ce poulpe devenu pierre avec le temps, les chercheurs se sont longtemps cassé les dents. Très différent des autres poulpes fossiles connus jusqu'alors, il a fallu créer pour lui un genre nouveau : *Proteroctopus*.

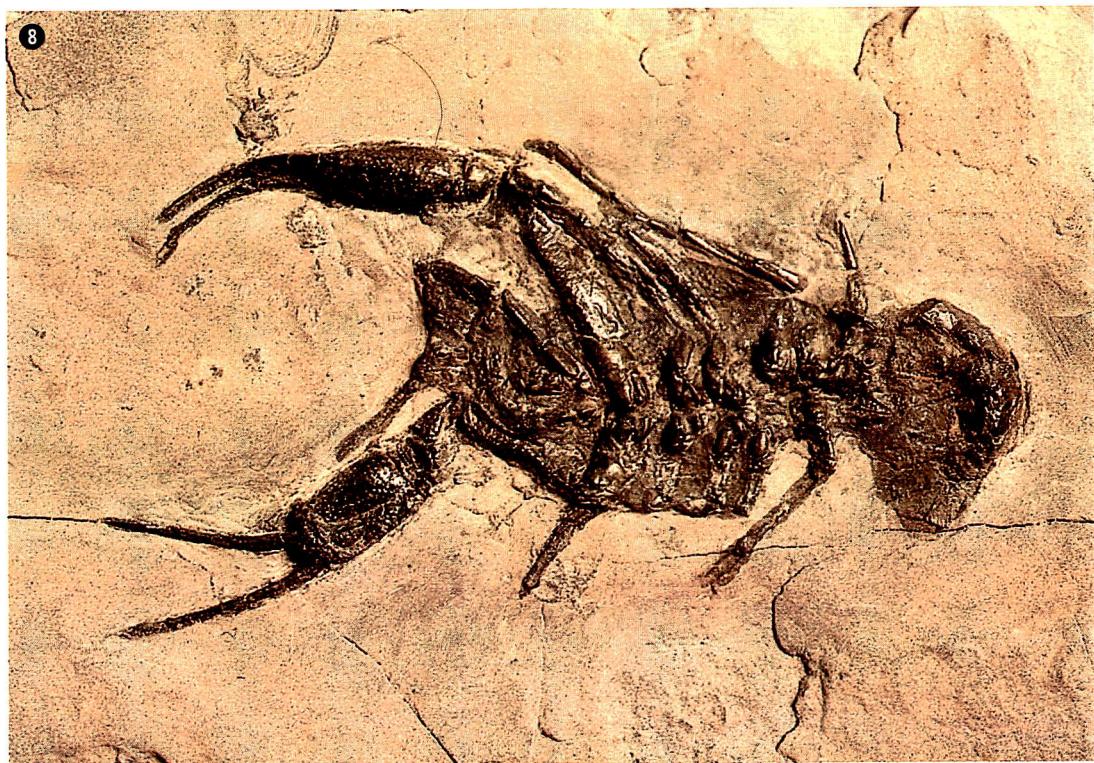
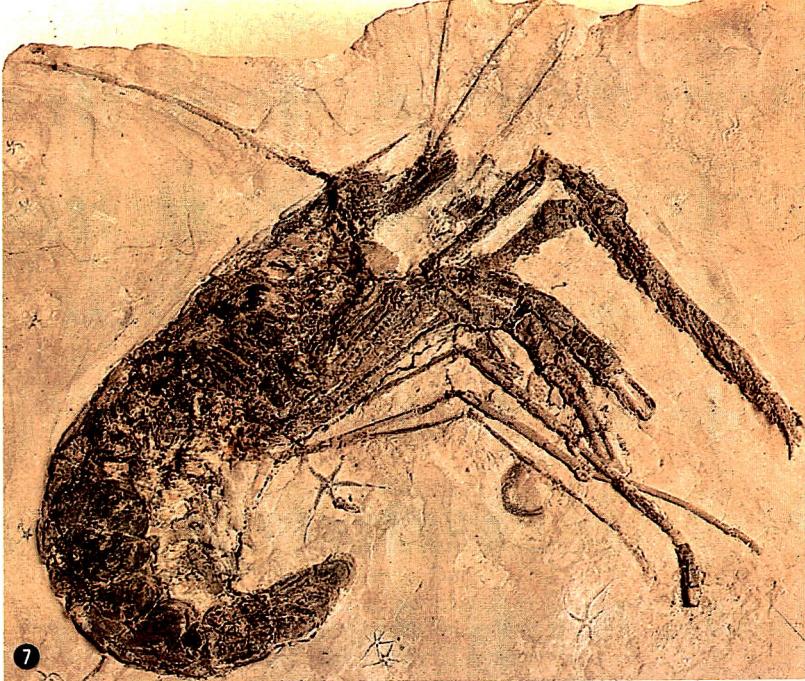
pénètre dans la grotte d'Ali Baba où, sur deux étages, s'alignent les fossiles. Parmi les pièces découvertes à La Voulte, la plus remarquable est un poulpe de pierre qui, avec ses 155 millions d'années, est désormais le plus vieux du monde ; le précédent record était détenu par un poulpe libanais vieux de 80 millions d'années (Crétacé supérieur). La découverte de cette pieuvre en 1982, qui repous-

(suite du texte page 62)

MOMIES DE CHAIR...



... ET DE PIERRE



Dans les sédiments lacustres des cratères volcaniques du massif du Coiron ont été mis au jour des animaux fossiles "en chair et en

os", vieux de 8,5 millions d'années (page ci-contre) : un rat sauteur 1, une cigale rouge 2, un barbeau 3, un lièvre siffleur 4 et un cra-

paud 5. Les momies de pierre (ci-dessus), vieilles de 155 millions d'années, ont été découvertes, elles, dans des sédiments marins à La Voulte. Ce

sont l'ancêtre des crabes 6, celui des homards 8, et une langouste 7. Quelques exemples parmi les mille exposés au musée de La Voulte.

se donc de 75 millions d'années la date d'apparition des Octopodes, fut un événement scientifique international, objet de nombreuses publications, notamment à l'Académie des sciences.

Ce mollusque antédiluvien présente à l'arrière du corps deux nageoires bien développées qui le distinguent des autres poulpes fossiles plus récents (du genre *Palaeoctopus*), chez qui ces nageoires sont rudimentaires, et des poulpes actuels (du genre *Octopus*), chez qui elles sont totalement absentes. L'entonnoir – qui permet à l'animal de se propulser dans l'eau – est aussi particulièrement développé. Bref, cet ancêtre est plus proche des calmars de nos côtes que des poulpes actuels, et on peut penser qu'il y a 230 ou 240 millions d'années existait un ancêtre commun à ces deux groupes d'animaux marins (2).

La formation de La Voulte a aussi livré des crustacés de 50 cm de longueur, sortes de puces géantes, pour lesquels on a créé la classe des Conchyliaridés ; jusqu'à présent, on n'avait trouvé que des fragments de carapaces, découverts déjà à La Voulte et dans

des formations calcaires en Bavière. Ces animaux sont si bien conservés qu'on a pu observer la structure de leurs yeux au microscope électronique à balayage. Les autres fossiles découverts sont des crevettes rarissimes, des crinoïdes inconnus jusqu'alors, des calmars, des langoustes, des homards, des étoiles de mer et des requins.

Parmi les spécimens les plus spectaculaires mis au jour au Coiron se trouve une femelle d'hipparion (un des ancêtres du cheval), de 1,10 m de hauteur au garrot et long de 1,50 m, dont le dégagement a requis près de mille cinq cents heures de travail. L'état de conservation de cette jument permet même d'identifier un fœtus dans son ventre. D'autres mammifères ont également été dégagés : rat sauteur, lapin et, surtout, deux superbes *Microstonyx major* (ancêtre des sangliers, des phacochères et des porcs), mesurant 1,70 m de longueur et 1,30 m de hauteur. Bernard Riou a aussi trouvé des poissons, dont un barbeau mort d'avoir voulu avaler un poisson-chat, des batraciens, des reptiles (tortues, serpents) et un oiseau de la famille des pigeons.

Dans le Midi, le bestiaire aurait été incomplet sans une cigale. Celle du Coiron, d'espèce inconnue, est la plus vieille cigale rouge du monde, l'unique représentant de cette famille connu jusqu'ici étant daté de 2 millions d'années. A cause de son gigantisme, elle a été baptisée *Tibicina gigantea*. Quant à la flore, elle était constituée de châtaigniers, chênes, tilleuls, vignes, ginkgos, etc., comme en témoignent les nombreuses feuilles "récoltées" au Coiron.

Ces momies et l'ADN qu'elles contiennent devraient aider les scientifiques à caler "l'horloge biologique" qui rythme l'évolution des espèces et à établir des arbres généalogiques végétaux et animaux plus conformes à la réalité. **Pierre Rossion**

LE PARCOURS D'UN PASSIONNÉ

Né à La Voulte il y a trente-deux ans, Bernard Riou s'oriente, après le baccalauréat, vers un BTS de phytopathologie et se consacre aux maladies des châtaigniers en Ardèche. Il abandonne rapidement cette activité pour s'adonner à sa passion, la paléontologie. Pour vivre, il est "pion" au collège de La Voulte et, pendant les vacances, s'initie aux techniques de fouilles et de préparation des fossiles auprès de paléontologues français et étrangers.

Afin de combler ses lacunes scientifiques, il s'inscrit au cours de paléoécologie de l'université de Bourgogne, à Dijon. Cursus extrêmement brillant, conclu par une thèse sur les insectes fossiles de l'Ardèche, avec mention très bien.

C'est à l'âge de 8 ans que la passion des fossiles lui est venue, en récoltant des ammonites dans les vignes de son grand-père. A 13 ans, il possédait déjà une centaine de fossiles et, à 19 ans, plus de deux

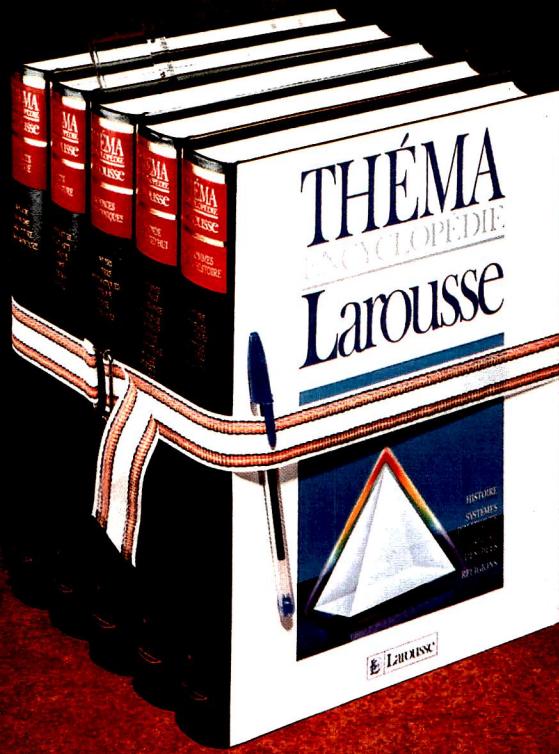
mille, minutieusement préparés, classés et numérotés. Mais, c'est en 1982 que notre Ardéchois réussit son plus beau "coup", lorsqu'il met au jour le plus vieux poulpe du monde (155 millions d'années), pour lequel on dut créer un genre nouveau, *Proteroctopus*. Cette découverte, suivie de bien d'autres, eut un retentissement scientifique international. C'est alors que Bernard Riou eut l'idée de créer un musée de la paléontologie, pour lequel il obtint l'appui du conseil départemental et le soutien financier de la municipalité.

Notre Cuvier moderne collabore régulièrement avec le Muséum national d'histoire naturelle de Paris et, en 1985, couronnement suprême pour un chercheur n'ayant pas suivi le cursus universitaire classique, il a obtenu le titre de correspondant du Muséum. Depuis, Bernard Riou fait partie du cercle très fermé des paléontologues reconnus.



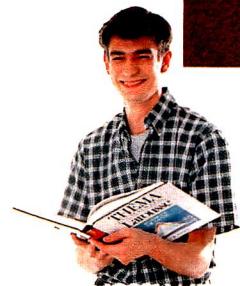
Larousse

Matière à succès.



SYNÉRIQUE ÉQUATEUR

2 490 F les 5 volumes en librairie.



"Pour mes études, j'ai mes livres de cours. Pour moi, j'ai les livres que j'aime. Pour les deux j'ai en plus l'Encyclopédie Théma de Larousse. Théma, c'est une encyclopédie en 5 volumes qui aborde tous les sujets fondamentaux : histoire, philo, sciences, littérature... Bref, plus de 1 250 thèmes traités de façon synthétique, que je peux comprendre en un seul coup d'œil. Et 5 000 illustrations en couleurs que je ne me lasse pas de regarder! Préparer ses examens avec Théma, c'est déjà avoir les meilleures chances de son côté. C'est toujours comme ça avec Larousse."



Théma, l'encyclopédie nouvelle génération.

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

NOS ANCÊTRES DU DÉSERT DE GOBI

Les tout premiers mammifères, nos très lointains ancêtres, étaient minuscules et nocturnes. Ils vécurent cachés jusqu'à la fin du règne des dinosaures. Des fossiles, retrouvés dans le désert de Gobi, sont actuellement exposés au grand jour au Muséum national d'histoire naturelle de Paris.

Qui étaient nos lointains ancêtres, les premiers mammifères ? C'est à cette question que l'exposition qui vient de s'ouvrir au Muséum d'histoire naturelle de Paris, "Dinosaures et mammifères du désert de Gobi" (1), apporte quelques éléments de réponse. Des documents et des fossiles du Musée national de Mongolie d'Oulan Bator, jamais vus en France, ont été en effet rapportés l'année dernière de Mongolie par une expédition franco-mongolo-italienne.

Insectivores ou végétariens, les premiers mammifères mesuraient quelques centimètres du bout du museau à l'extrémité de la queue et pesaient quelques dizaines de grammes. Ils sont apparus il y a plus de 215 millions d'années, en même temps que les grands dinosaures. Ils durent leur survie, pendant 150 millions d'années, à leur petite taille ainsi qu'à leur mode de vie nocturne. Jusqu'au "jour" où la disparition des dinosaures – dont la cause est encore incertaine (2) – leur ouvrit la voie royale de l'évolution.

La Mongolie est le seul endroit au monde qui ait livré des crânes et des squelettes complets de ces minuscules mammifères : 150 crânes mammaliens, certains accompagnés de squelettes plus ou moins complets, ont été retrouvés dans le désert de Gobi, dans

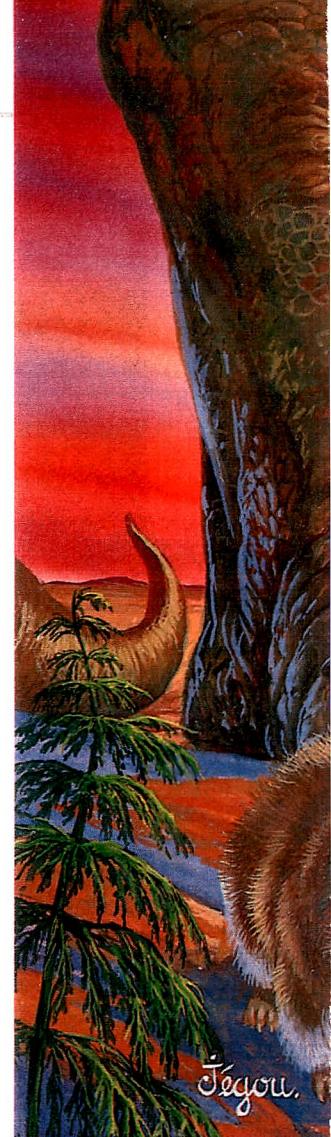
un état de conservation exceptionnel, dû à des conditions très favorables. La mer s'est retirée de cette partie du sud de la Mongolie il y a 230 millions d'années, pour n'y jamais revenir, et la région s'est surélevée ; en outre, aucun grand fleuve n'est venu éroder les sédiments continentaux sur lesquels se sont déposés les fossiles au cours des temps. On y a ainsi découvert *Zalambdalestes lechei*, au crâne long de 50 mm à peine, et *Sloanbataar mirabilis*, d'après le nom du paléontologue américain R. Sloan, *bataar* (qui signifie "héros" en mongol) et *mirabilis* à cause de... l'état de conservation merveilleux du squelette.

Mais comment peut-on savoir, à partir d'un os ou d'une dent, que l'on a affaire à un mammifère, et non à un reptile, par exemple ? Les mammifères ne sont pas seulement une classe d'animaux dont les femelles portent des mamelles. Comme le souligne Denise Sigogneau-Russell, spécialiste des mammifères de l'ère secondaire au Muséum, et auteur d'un ouvrage à leur sujet (3), ils ont bien d'autres particularités : la présence de mamelles, certes, mais aussi de poils ; l'homéothermie (maintien d'une température interne constante par des mécanismes physiologiques de régulation) et la démarche. Il faut y ajouter des particularités des organes reproducteurs, de la circulation

(1) Jusqu'au 26 avril 1993, tous les jours, sauf les mardis et jours fériés, de 10 heures à 17 heures. Outre les mammifères, est présenté un assortiment exceptionnel de squelettes de dinosaures : *Tarbosaurus bataar*, le grand dinosaure carnivore de Mongolie, des dinosaures-autruches et des dinosaures à bec de perroquet, deux *Protoceratops* ensevelis debout dans des sables mouvants, des bébés dinosaures et plusieurs pontes, ainsi que d'autres animaux de ce haut lieu de la paléontologie qu'est le désert de Gobi. Tarifs : 25 F, 15 F, 6 F. Groupes sur rendez-vous, au service d'animation pédagogique et culturelle, tél. : 1 43 36 54 26.

(2) Voir *Science & Vie* n° 886, juillet 1991, p. 26.

(3) *Les Mammifères au temps des dinosaures*, éditions Masson, 1991.



Jéyou.



sanguine, du cerveau, et même des singularités moléculaires.

Certains indices permettent à eux seuls d'identifier un mammifère avec certitude à partir de quelques restes fossiles. Par exemple, la présence d'un promontoire sur l'os pétreux (os en forme de pierre qui loge dans l'oreille interne) est un critère de l'état mammalien, de même que le mode d'articulation de la mâchoire. Même une dent révèle un mammifère à coup sûr, au point que leur classification repose en grande partie sur la denture. Il reste néanmoins des zones d'ombre et certains fossiles ne possèdent pas encore d'étiquette.

«Or, souligne le Dr Sigogneau-Russel, du critère choisi dépend bien entendu la date d'apparition des

En marge de la société des dinosaures

Lorsque la nuit tombe, cet iguanodon de trois tonnes, dont on ne voit qu'une patte, va se coucher : sa condition de reptile l'oblige, pour survivre, à dormir lorsque la température s'abaisse. C'est justement le moment que choisissent quelques petits mammifères pour se nourrir et se reproduire : à droite, des *Zalambdalestes lechei*, insectivores, à gauche, un *haramiyidé*, herbivore, qui compte parmi les plus anciens mammifères connus. C'est leur petite taille (quelques centimètres) et leur mode de vie nocturne qui permettent aux mammifères de survivre auprès des dinosaures pendant 150 millions d'années.

mammifères, qui peut ainsi varier très largement : si l'on s'en tient à la nature de l'articulation entre les mandibules et le crâne, les mammifères ne remontent pas au-delà du Jurassique moyen (vers - 165 millions d'années). Si l'on admet, comme nous le faisons, qu'une mandibule à double articulation (articulation reptilienne plus articulation mammalienne) a pu subsister au-delà de l'acquisition d'autres caractères mammaliens, ce qui correspond à l'opinion la plus généralement admise, cela fait remonter la date d'appa-

rition des mammifères à la fin du Trias, soit vers - 215 millions d'années.»

Parmi les fossiles trouvés dans le désert de Gobi, les ancêtres les plus directs des mammifères sont les cynodontes, qui ont survécu à la catastrophe planétaire qui inaugura l'ère des dinosaures, à la fin du Permien (vers - 250 millions d'années). Les cynodontes sont des reptiles mammaliens, c'est-à-dire qu'ils se différencient des reptiles classiques par des caractères qu'on retrouve dans la lignée mammalienne. Certains se sont spécialisés dans un régime alimentaire insectivore, ont développé une activité musculaire plus soutenue, et ont commencé à mastiquer les aliments, au lieu de les avaler tout rond comme les reptiles.

La mastication assure une meilleure digestion et un rendement énergétique supérieur. Elle s'accompagne aussi d'une transformation de la mâchoire. Lors de l'évolution des reptiles vers les mammifères, les os post-dentaires rapetissent et deviennent les os de l'oreille moyenne, l'enclume et le marteau, capables de résonner aux sons de très haute fréquence, ce qui est d'une importance vitale pour les animaux nocturnes (l'ouïe prenant alors la relève de la vision). D'autre part, deux ou trois os du crâne fusionnent, formant l'os pétreux.

Une meilleure oxygénation des tissus, rendue possible, notamment, par la formation du diaphragme, autorise un accroissement de l'activité. Le rendement énergétique amélioré permet le passage de l'ectothermie (température du corps variant avec la température ambiante) à l'homéothermie, caractéristique des animaux à température constante (oiseaux et mammifères actuels). Ils peuvent ainsi être actifs la nuit, alors que les ectothermes dorment.

Les morganuconodontes, datant de 225 millions d'années, et qui constituent l'un des premiers ra-

meaux descendants des cynodontes sont, paradoxalement, à la fois parmi les plus vieux et les mieux connus des mammifères de l'ère secondaire. Ils pesaient environ 25 g et mesuraient 15 cm, queue comprise. Ils s'étaient répandus dans toute la Pangée (le continent unique originel), peut-être favorisés par la sélection à cause de leur petite taille leur permettant d'échapper aux dinosaures prédateurs.

Alors que chez les cynodontes ancestraux la mâchoire inférieure ne se déplaçait que verticalement, chez les morganuconodontes la mastication se fait aussi dans un plan transversal, contribuant à dilacerer les aliments. Il s'agit là d'une acquisition typiquement mammalienne. Les morganuconodontes sont les plus anciens représentants de l'ordre des triconodontes, lesquels, comme leur nom l'indique, ont des molaires à trois tubercules. Ces dernières, contrairement aux dents coniques des reptiles, viennent s'opposer les unes aux autres, broyant efficacement les aliments. Les vertèbres aussi se modifient, en fonction de la flexion du corps vers l'avant et l'arrière (la "courbette" mammalienne), qui prend le pas sur la flexion latérale (le "twist" reptilien).

Mais c'est sous leur crâne que se joue réellement l'avenir de ces mammifères. La boîte crânienne contient en effet un cerveau trois fois plus gros que celui des cynodontes de taille comparable, et les zones sensorielles se développent, en relation avec le mode de vie nocturne, qui représente une nouvelle adaptation. En outre, on n'observe plus, sur le toit crânien, l'espace interosseux par lequel passait, chez les reptiles, la lumière parvenant à l'œil pinéal, organe vraisemblablement impliqué dans le contrôle de la thermorégulation. Celle-ci est désormais assurée par l'hypothalamus (région du cerveau où sont régulées la plupart des fonctions vitales de l'organisme).

Si les adultes étaient homéothermes (ce qui suppose un pelage), les jeunes ne l'étaient sans doute pas, leur petite taille impliquant un rapport surface-volume très élevé, source de pertes énergétiques si considérables que le maintien de la température interne aurait brûlé presque toute les calories fournies par l'alimentation. Les jeunes étaient donc probablement protégés par les parents, ce que confirmerait l'apparition tardive de la première denture et son remplacement une seule fois au cours de la vie. Les parents nourrissaient donc leurs petits, sans doute pas avec du véritable lait d'ailleurs, mais plutôt grâce aux sécrétions des glandes apparues avec le pelage.

Plusieurs autres familles de ces petits triconodontes ont coexisté dès le Jurassique moyen (à partir de - 180 millions d'années). Au Trias supérieur (vers - 220 millions d'années) apparaît l'ordre des multituberculés, dont l'existence couvre 190 millions

Un désert d'une grande richesse

Le désert de Gobi, aujourd'hui parcouru par des nomades mongols, est un haut lieu de la paléontologie. La mer s'est en effet retirée de cette partie sud de la Mongolie il y a 230 millions d'années, pour n'y jamais revenir. Aucun grand fleuve n'est en outre venu éroder les sédiments sur lesquels se sont déposés les fossiles au cours du temps.



d'années, soit plus que tout autre ordre de mammifère. Les crânes, provenant principalement du désert de Gobi, sont bien connus ; les squelettes, plus rares, sont encore en cours d'étude.

Il ne fallut pas attendre bien longtemps (à l'échelle géologique) pour que des mammifères bien plus gros voient le jour : vers - 130 millions d'années, au Crétacé inférieur, apparaît la famille des gobi-conodontes, dont on a trouvé plusieurs mâchoires dans les sédiments du Gobi, et d'autres ossements ailleurs. Une des espèces atteint 40 cm de long sans la queue : la taille d'un gros chat. L'un d'entre eux, le gobiconodon, sans doute carnivore ou charognard, proliféra. Il était doté d'une ample cage thoracique et d'une articulation de l'humérus révélant un marcheur impénitent. Le Dr Sigogneau-Russell l'a surnommé "le voyageur", en raison de sa large répartition géographique.

Triconodontes et gobiconodontes appartiennent à l'ordre des éothériens. Un autre ordre, également apparu au Trias supérieur, il y a quelque 215 millions d'années, est celui des thériens, qui nous intéresse particulièrement parce que nous y appartenons. La grande modification évolutive dont ont bénéficié ces animaux est l'émergence, au Crétacé, d'un tubercule supplémentaire (le quatrième) permettant aux molaires supérieures de broyer efficacement au centre et de couper sur le pourtour de la dent. Ce sont les molaires dites tribosphéniques – nos molaires. Le Dr Sigogneau-Russell souligne cette étape, fondamentale dans l'évolution mammalienne, car tous les mammifères qui peuplent actuellement la planète, à l'exclusion des monotrèmes (comme les ornithorynques), sont des tribosphénidés, c'est-à-dire des animaux dont les dents peuvent à la fois couper et broyer.

Autre évolution capitale chez les thériens et tout au



Nos ancêtres étaient de bons parents

Les mammifères d'il y a 220 millions d'années ne produisaient sans doute pas de lait, mais prenaient soin de leurs petits et les nourrissaient de sécrétions de glandes apparuées avec le pelage.

long du Mésosoïque (de - 215 à - 60 millions d'années), le cerveau continue de se modifier. Il y a deux grandes différences entre un cerveau de reptile et un cerveau de mammifère : d'une part, chez ce dernier, se développe une structure nouvelle dans les hémisphères cérébraux, le néopallium ou néocortex, où l'on situe le siège de la pensée chez l'homme ; d'autre part, le cervelet des mammifères comporte des hémisphères latéraux, alors que celui des reptiles n'a qu'une étroite partie centrale, le vermis. Au moment où un météore tombé du ciel, ou quelque autre événement provoquant une catastrophe majeure à l'échelle planétaire, va mettre un terme à l'hégémonie des dinosaures, le cerveau des mammifères est prêt à se développer comme chez nul autre groupe animal.

Depuis, un certain mammifère tribosphénidé a établi sa dictature sur le reste du monde...

Alexandre Dorozynski

PAR ISABELLE BOURDIAL

LE TOILETTAGE : UN ANTI-STRESS

Est-ce par coquetterie ou par hygiène que certains animaux passent tant de temps à leur toilette ? On le sait enfin : c'est pour se calmer les nerfs !

L'éthologue anglais Desmond Morris compara un jour l'épouillage des grands singes à une conversation de salon, tous deux fourniissant l'occasion idéale pour cultiver ses relations en échangeant des civilités. S'ils se gardent de comparaisons aussi anthropomorphiques, d'autres scientifiques attribuent au toilettage mutuel le pouvoir de resserrer les liens d'une société animale. Il ne servirait pas seulement à débarrasser le bénéficiaire de ses parasites ; il l'apaiserait tout en l'assurant des intentions pacifiques de son toiletteur. L'animal serait ainsi confirmé dans son affiliation au groupe, ses tensions s'y relâcheraient et ses bons rapports avec un antagoniste, après un affrontement, s'y rétabliraient.

C'est donc un acte social, dont le groupe tout entier tire avantage ; il est pratiqué par de nombreux mammifères, notamment les animaux grégaires qui recherchent activement les contacts corporels avec leurs congénères : les primates – gorilles, chimpanzés, babouins, singes verts, lémuriens –, mais aussi les chevaux, les surmulots, les agoutis et même les souris domestiques.

Jusqu'à présent, on s'était donc surtout intéressé aux fonctions sociales du rite. Mais n'aurait-il pas aussi des effets physiologiques ? On le supposa, on ne le prouva pas. D'où l'intérêt de la découverte d'une biologiste : chez le cheval de Camargue, le toilettage agit comme un calmant cardiaque⁽¹⁾. L'observation de Claudia Feh a porté sur le troupeau de la station biologique de la Tour du Valat, près d'Arles. Cette manade de chevaux de Camargue diffère des élevages traditionnels de la région. Quarante chevaux évoluent en liberté sur 335 hectares de marais, de prés et de steppes salées. Livrés à eux-mêmes, ils ne reçoivent ni fourrage, ni soins vétérinaires. On se contente de retirer quelques membres du troupeau lorsque celui-ci devient trop important. La nuance compte, car le cheval de Camargue n'est pas un cheval sauvage, mais un animal domestique qui ne jouit, en règle générale, que d'une semi-liberté.

Paradoxalement, le seul cheval réellement sauva-

ge que l'on connaisse, celui de Przewalski, ne vit plus aujourd'hui qu'en captivité. Il faut donc se résigner à étudier le comportement naturel des chevaux en analysant des individus d'origine domestique qui évoluent en liberté, comme les mustangs américains ou les chevaux de la Tour du Valat, plus faciles à observer parce que moins farouches.

L'organisation sociale de la manade est remarquablement stable : les chevaux fondent de véritables familles auxquelles ils demeurent attachés. Ces petits groupes se composent d'un ou deux étalons et de leurs juments poulinières. Les poulains quittent leurs géniteurs vers l'âge de 2 ans, de leur plein gré ou sous les menaces de l'étalon. Les jeunes mâles se rassemblent provisoirement tandis que les pouliches rejoignent assez rapidement une famille d'adoption. Le troupeau est donc constitué de plusieurs cellules familiales et de groupes de jeunes étalons.

Les chevaux de la Tour du Valat pratiquent, comme tous ceux qui vivent en groupe, le toilettage mutuel : deux individus se placent tête-bêche et se grattent réciproquement l'encolure et le garrot de leurs incisives. Ce grattage se prolonge parfois vers la croupe. Première constatation : les chevaux se toilettent de préférence sur une petite partie de leur encolure. Plus de la moitié des contacts se font, en effet, sur une surface qui représente moins de 1 % de la surface corporelle totale.

Après avoir bien localisé le site de toilettage, la biologiste a toiletté elle-même huit poulains et autant de chevaux adultes. Elle a respecté la fréquence de grattage adoptée par les bêtes, tout en enre-

(1) Ces travaux feront l'objet d'une prochaine publication dans la revue *Animal Behavior*.

(2) Notons que cette hypothèse sous-tend l'existence d'une relation directe entre le système nerveux périphérique et le système nerveux autonome dont dépendent les fibres parasympathiques ; ce qui reste encore à établir de façon certaine.

(3) Boccia, Reite et Laudenslager, "On the physiology of grooming in a pigtail macaque", *Physiology and Behavior*, vol. 45, 1989.

(4) Keverne, Martenz et Tuite, "Beta-endorphin concentrations in cerebrospinal fluid of monkeys are influenced by grooming relationships", *Psychoneuroendocrinology*, vol. 14, 1989.

gistrant leur rythme cardiaque. Deuxième constatation : lorsque le grattage est effectué dans cette zone spécifique, les battements du cœur s'espacent, alors que ce n'est pas le cas si le grattage s'effectue ailleurs. Le ralentissement du rythme cardiaque est significatif : le nombre moyen de battements par minute passe de 34 à 30 chez les adultes et de 52 à 45 chez les poulains.

Preuve évidente de l'action calmante, donc. Mais comment l'expliquer ? Peut-être par la présence d'un ganglion nerveux sous-jacent, dit stellaire, et auquel aboutissent des nerfs périphériques provenant des septième et huitième vertèbres cervicales et des première et deuxième vertèbres thoraciques, siège du toilettage. Or, ce ganglion stellaire est aussi connecté au muscle cardiaque, par l'intermédiaire en particulier de fibres parasympathiques. Fibres qui ont la propriété de freiner le fonctionnement des organes... Le parcours suivi par l'influx nerveux serait donc le suivant : le massage exercé par les incisives constituerait un signal perçu par les nerfs périphériques et répercuté vers le ganglion stellaire. A son tour, celui-ci enverrait au cœur un signal qui en ralentirait les battements (2).

Une étude du Centre de la santé de l'université du Colorado (3) avait signalé un phénomène analogue chez une femelle macaque pigtail vivant en société. Les chercheurs avaient aussi constaté une

baisse du rythme cardiaque

lorsque le sujet se faisait toiletter par d'autres membres du groupe. L'expérience n'avait malheureusement pas été étendue au groupe tout entier.

D'autres chercheurs ont observé les retrouvailles d'un groupe de singes talapoins. Celles-ci, qui ont donné lieu aux classiques "embrassades" et autres toilettages, ont entraîné simultanément une augmentation des bêta-endorphines dans le liquide cérébro-spinal. Ces substances sont des neuro-régulateurs, c'est-à-dire qu'elles peuvent modifier l'activité des neurones et donc du système nerveux central, connecté au système nerveux autonome qui commande aux organes vitaux (4).

Si le toilettage a un effet calmant, on comprend qu'il s'intensifie lorsque le groupe subit des tensions particulières. D'où, chez les chevaux, sa re-crudescence au printemps, période de reproduction. Il se fait alors le plus souvent entre partenaires de sexe opposé. Ce qui n'implique pas que, le reste de l'année, il se fasse au hasard. Pour ces animaux sociables qui connaissent individuellement chaque membre de leur groupe, le partenaire est choisi en fonction de ses relations avec l'intéressé : un membre de la même famille ou, chez les poulains, le compagnon de jeu préféré. Le recours accru au toilettage dans les périodes exceptionnelles se retrouve chez d'autres animaux. Ainsi, chez le propithèque, un lémurien, chaque naissance incite les adultes du groupe auquel appartiendra le rejeton à se toiletter mutuellement quatre fois plus qu'à l'accoutumée...

Isabelle Bourdial

Les chevaux se grattent de préférence sur une petite partie de leur encolure



Le nouvel âge



Ampli 2x30 watts avec égaliseur digital à 4 mémoires.

Tuner à 32 présélections avec timer pour se réveiller en musique.

Lecteur CD avec sortie digitale optique pour enregistrements numériques (DAT/DCC/MD).



Double cassette, double auto reverse, avec recherche automatique des plages musicales.



Lecteur CD 3 disques sur plateau rotatif pour la version NSX-350 M.

Amplification du son de votre TV ou de votre magnétoscope et "son cinéma" grâce au système "surround".

Fonction karaké pour substituer votre propre voix à celle de votre chanteur préféré tout en gardant l'accompagnement musical.

Hi-Fi

MINI-CHAÎNE AIWA NSX-330

Vente n° 1 au Japon

ECHOS DE LA RECHERCHE

NOBELS

Physique : le Français Georges Charpak

Jamais vu ! Cela fait deux années consécutives que le Prix Nobel de physique est attribué à un Français.

Comme Pierre-Gilles de Gennes l'an dernier, Georges Charpak est professeur à l'Ecole de physique et chimie. En inventant les chambres à fils, il a fait entrer la physique des particules dans l'ère informatique. Auparavant, les trajectoires des particules étaient photographiées dans les chambres à bulles. Comme l'événement recher-

ché était très rare, il fallait parfois développer un milliard de clichés pour observer une particule. Mises au point au CERN, les chambres à fils ont permis de faire l'économie de cet énorme travail. Elles sont constituées d'une série de fils métalliques, presque aussi fins que des cheveux et mesurant jusqu'à dix mètres, tendus entre deux plaques de métal sur lesquelles on applique un potentiel électrique. Le tout est placé dans une enceinte

étanche remplie de gaz, dont la composition est un des ingrédients clefs de la recette. Lorsqu'une particule chargée (électron, proton, etc.) traverse la chambre, elle ionise sur son passage le gaz en question, ce qui provoque un signal électrique sur un (ou plusieurs) fils. Par un procédé automatique et informatisé, on peut ainsi localiser le point de passage et reconstruire la trajectoire de la particule détectée.

Ce détecteur est relative-

ment "transparent" puisqu'il permet de déduire la trajectoire de la particule sans pour autant la "stopper" – ce qui permet de sauvegarder d'autres informations qu'elle emporte (énergie, par exemple).

Outre son travail en physique, Charpak est connu dans le milieu scientifique pour sa forte personnalité. Grand, charmeur, homme de convictions, c'est le genre d'individu qui ne passe pas inaperçu, surtout dans un laboratoire !

D.T.

Médecine : les explorateurs des hormones, Fischer et Krebs

Les travaux pour lesquels les Prs Edmond Fischer et Edwin Krebs ont reçu le prix Nobel de médecine 1992 portent sur un phénomène inconnu du public : la phosphorylation réversible. Il s'agit pourtant d'un mécanisme chimique capital, puisqu'il explique l'action de toutes les hormones sur le corps.

Les informations chimiques sont véhiculées par les hormones. Elles trouvent à la surface des cellules des récepteurs spécifiques auxquels elles se lient. Ensuite, dans le cytoplasme de chaque cellule, les informations sont traduites : la structure des protéines enzymatiques est modifiée, leur fonction se déclenche ou s'interrompt.

Mais comment, se demanda-

dent les biologistes depuis des décennies, la cellule, une fois le message épuisé, revient-elle à son état de base ? Et comment ces seconds messagers cellulaires agissent-ils de manière aussi universelle ? C'est ce qu'ont découvert les deux nouveaux "nobélisés", tous deux américains.

La plupart des protéines existent sous deux formes, l'une active, l'autre inactive. Le passage d'une forme à une autre est le plus souvent extrêmement simple chimiquement : un seul radical ou un atome en plus ou en moins suffit à modifier la structure de la protéine et donc son fonctionnement. C'est le cas pour le foie, le cœur, les reins, etc. Ainsi, quand un muscle se contrac-

te, les fibres musculaires ont besoin de carburant, le glycogène, qu'elles transforment en glucose. Lorsque l'ordre de contraction est donné, un phosphate est fourni à l'enzyme capable de transformer le glycogène en glucose, par une phosphorylase – un prix Nobel en 1947 avait déjà récompensé cette découverte très importante.

Tant que le signal initial est présent, la phosphorylase continue à fournir du phosphate, qui active l'enzyme. Dès que le signal stoppe, la phosphorylation s'interrompt, le phosphate fixe une molécule d'eau et, changeant de nature, change de rôle ; l'enzyme retourne alors à sa forme inactive.

Ce mécanisme explique

aussi les rejets des organes greffés. Car c'est en fait une enzyme, la phosphatase, qui donne l'ordre d'attaque aux cellules immunitaires contre les cellules étrangères. Or, la ciclosporine, le plus efficace des antirejets, bloque les cellules immunitaires. Cette drogue, en effet, inactive une phosphatase particulière, la phosphatase-calcineurine, nécessaire au développement des lymphocytes, ces globules blancs qui, justement, attaquent les greffes.

J.-M.B.

● **Le prix Nobel de chimie** a été attribué à Rudolph Arthur Marcus, du Caltech (Californie), pour ses travaux sur les transferts d'électrons dans les systèmes chimiques.

MÉDICAMENTS

Un milliard par an pour la migraine

Après un an d'attente, de négociations rompues et reprises, le ministère des Affaires sociales vient enfin d'autoriser la vente d'un nouvel antimigraineux, le Sumatriptan de la firme Glaxo.

Ce produit coûte cher, très cher : 70 F pour le prix d'un seul comprimé et 181,50 F rien que pour une injection. Les antimigraineux classiques sont autrement moins coûteux : le comprimé de Gynergène caféiné est vendu 2,23 F ; l'am-poule de dihydroergotamine, 2,56 F. Si les 5 millions de migraineux français se soignent tous avec du Sumatriptan, c'est 1 milliard de francs qu'il faudra ajouter soudain aux 50 milliards que la Sécurité sociale rembourse chaque année en médicaments. Pour obtenir le droit de mettre sur le marché son médicament, Glaxo a dû négocier longuement le prix, les volumes de vente et le taux de remboursement avec le ministère.

Certes, le Sumatriptan est efficace et même innovant : il est le premier à se fixer sur des récepteurs spécifiques de la sérotonine, situés à la surface des cellules cérébrales, pour bloquer l'effet de ce neurotransmetteur impliqué dans la migraine. De plus, l'efficacité clinique du Sumatriptan a bien été prouvée par deux grandes études européennes comparatives (publiées toutes deux dans le journal *European Neurology* en 1991 et 1992). Efficace, oui, mais pas miraculeux : il soulage 66 % des patients alors que le gynergène caféiné (médicament traditionnel des crises) calme la douleur chez 48 % d'entre eux ; il agit mieux que l'association Aspirine-

Primpéran sur la deuxième et la troisième crise, mais il n'est pas significativement meilleur sur la première.

De plus, quelques contre-indications existent : chez certains patients cardiaques et migraineux traités par Sumatriptan, des effets secondaires cardiaques rares mais graves ont été recensés par la prestigieuse revue médicale britannique *The Lancet*. Une surveillance particulière sera donc mise en place sur les 10 000 premiers patients français ; un comité indépendant de médecins vérifiera si les indications ont été respectées et si la tolérance du médicament est aussi bonne que le laissaient supposer les premiers essais.

Glaxo a même dû accepter de ne pas dépasser un volume de vente annuelle de 400 millions de francs la première année et de 700 millions la deuxième année. Au-delà de cette somme, la firme s'est engagée à réviser à la baisse le prix de son médicament.

Par ailleurs, dans un rapport remis à René Teulade, ministre actuel des Affaires sociales, le Pr François-Claude Hugues et Mme Catherine Labrusse ont formulé des recommandations pour sanctionner la campagne promotionnelle du Sumatriptan depuis deux ans. Fort sévère pour la firme Glaxo, ce document conclut que des poursuites pénales pourraient être entamées contre le laboratoire, du

fait de «l'illicéité de la campagne de promotion dont le Sumatriptan a fait l'objet». En effet, la publication d'articles de presse vantant les qualités d'une molécule avant sa mise sur le marché est considérée par les articles 551 et 544 du code de santé publique comme de la publicité. Il conviendra, si des poursuites pénales sont engagées, d'examiner la teneur de chaque article «pour vérifier si, intrinsèquement, il constitue un fait publicitaire punissable».

La dernière conclusion des Prs Labrusse et Hugues vaut d'être mentionnée : les journalistes, les médecins et les organes de presse qui auront critiqué l'action du gouvernement, le délai de mise sur le marché, ou les caractéristiques de l'autorisation du médicament pourraient être poursuivis en correctionnelle pour diffamation. J.-M.B.

● Prothèses mammaires : l'heure du flou. Le ministère de la Santé avait demandé un rapport à douze experts. Ceux-ci concluent que les risques de maladies auto-immunes par fuite du silicium dans les tissus existent, mais sont faibles, quoique impossibles à quantifier avant une étude épidémiologique. Il exige un contrôle plus rigoureux de la qualité des prothèses, un bilan de santé des patientes et un contrôle régulier.

● Gallium contre sclérose en plaques ? Des expériences sur des rats à l'université de l'Ohio semblent ouvrir une voie au traitement de la sclérose en plaques, maladie soupçonnée d'être auto-immune. Des injections de nitrate de gallium ont immunisé des rats chez lesquels on avait déclenché une sclérose en plaques expérimentale, par destruction de la myéline nerveuse. Le nitrate de gallium ne guérit pas les dommages causés par la maladie, mais il ralentirait ou arrêterait l'évolution de la maladie en inhibant la production des lymphocytes T, censés causer la destruction des gaines de myéline des nerfs. Des essais cliniques sur des humains sont prévus. Précautions que le nitrate de gallium est utilisé dans certains traitements anticancéreux pour réduire les taux de calcium.

● Vaccin contre l'hépatite A prêt : la moins dangereuse des hépatites est néanmoins redoutable. Réalisé sur le modèle du vaccin antipolio, ce vaccin développé cent fois plus d'anticorps neutralisants que l'immunisation passive par immuno-globulines, seul recours jusqu'ici. Nom : Havrix. Mode d'administration : deux injections à un mois d'intervalle, suivies d'un rappel dans les six à douze mois. Immunité estimée : dix ans.

● L'oxyde azotique peut réduire la fertilité féminine, selon une étude du gouvernement américain. Il s'agit du même oxyde, décidément ubiquitaire, dont on avance qu'il serait un neurotransmetteur et qui, par ailleurs, est un facteur essentiel de l'érection masculine.

NOUVELLE OPEL ASTRA

TURBO DIESEL.



McCANN

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. ⊖ Plus d'économie : en

version 4 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 vermeil "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
VOITURE
PROPRE

Opel. Une idée neuve.

OPEL

ASTRONOMIE

Une nouvelle planète aux confins du système solaire

Elle orbite à 6 milliards de kilomètres du Soleil, juste à la limite de la trajectoire de la planète la plus extérieure, Pluton.

Et, pour le moment, elle s'appelle 1992 QB1.

Cette planète, de la classe des planètes mineures, a d'abord été observée le 30 août dernier par deux astronomes américains, David Jewett et Janet Luu, au télescope de 2,2 mètres de l'université de Hawaï, qui se trouve à Mauna Kea, dans la Grande Ile des Hawaï.

Ce n'était qu'une trace pâle dans la constellation

des Poissons. L'observation durant les deux nuits suivantes indiqua que son mouvement était très lent ; ce pouvait donc être une planète mineure très lointaine. C'est sa très faible magnitude, 23 (6 millions de fois inférieure à ce que l'œil peut percevoir sans amplification lumineuse), qui expliquait qu'on ne l'eût pas détectée auparavant.

Brian Marsden, du Centre de l'union astronomique pour l'étude des petites planètes, à Cambridge, dans le Massachusetts, a reconstitué le mouvement de la planète. Cette reconstitution a permis à Alain Smette, de l'observatoire de La Silla, au Chili – qui dépend de l'observatoire sud-européen (ESO) – et à Christian Vanderriest, de l'observatoire de Meudon, d'en obtenir les photos composites que nous reproduisons à droite.

L'orbite de la planète a été confirmée par Olivier Hainaut, de l'ESO. Le champ céleste représenté sur nos photos est de 3,3 minutes d'arc, le nord en haut, l'est à gauche. Les heures indiquées sont celles du temps universel.

On s'est demandé si 1992 QB1 ne serait pas une comète, mais la constance de son éclat semble l'exclure. Selon cet éclat, le diamètre de la planète serait de 200 km – elle n'est donc pas habitée – mais, selon certaines analyses préliminaires, elle serait couverte de résidus rougeâtres de matériaux organiques.

C'est le premier objet céleste observé dans cette frange externe du système solaire. Peut-être lui donnera-t-on un nom plus poétique, en conformité avec la tradition. Ses découvreurs proposent un nom inattendu : Smiley, le célèbre espion des romans de John Le Carré.

G.M.

● Confusion majeure dans l'affaire Baltimore :

convaincu d'avoir contresigné à la légère les travaux falsifiés de sa collaboratrice Imanishi-Kari, le savant, prix Nobel, démissionna de son poste de président de l'université Rockefeller et publia un *mea culpa* dans la revue *Cell*. Mais les accusations formulées contre Imanishi-Kari par les National Institutes of Health ont été jugées insuffisantes par le gouvernement américain, qui a abandonné les poursuites contre celle-ci. Du coup, Baltimore rétracte son *mea culpa*. On ne saurait donc pas si Imanishi-Kari a ou n'a pas fait les expériences mises en cause.

● 22 000 francs par volontaire des essais de vaccin anti-sida :

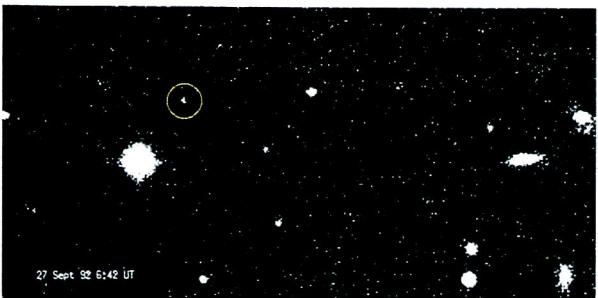
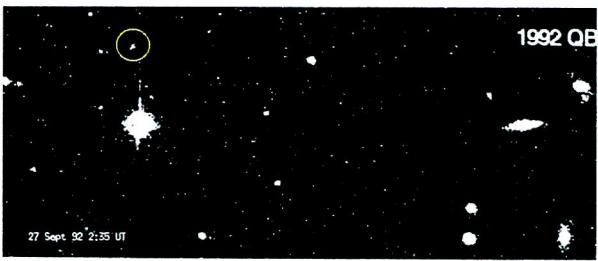
telle est la somme proposée par le Comité d'éthique de l'hôpital Cochin. Il s'agit d'une indemnisation des journées de travail perdues et des frais de transport. 54 volontaires sur 645 ont été retenus pour tester les deux vaccins.

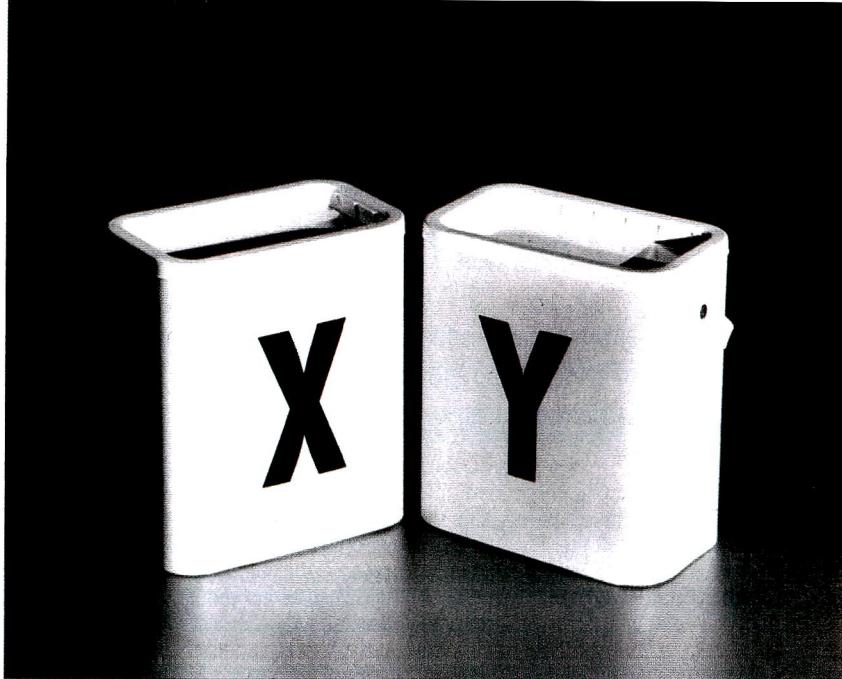
● Quinze vaccins anti-sida

sont actuellement au stade des essais de phase I.

● Gribouille, es-tu là ?

Les Etats-Unis vont acheter à la Russie 500 tonnes d'uranium hautement enrichi. Dans le même temps, on révèle que l'usine d'armes nucléaires de Rocky Flat, dans le Colorado, est contaminée par 3 tonnes de déchets de plutonium. La "désinfection" de cette usine coûterait 7 milliards et demi de francs. Comme on sait, l'un des sous-produits de l'uranium est justement le plutonium.





En quoi un P.E.A. "X" est-il différent d'un P.E.A. "Y" ?

Le Plan d'Epargne en Actions, le P.E.A., est un produit financier défini par les pouvoirs publics;

aussi pouvez-vous penser que les banques proposent toutes le même sous des formes différentes.

Or, il existe une marge de manœuvre qui permet à chaque banque de personnaliser son offre.

Parce que dans Crédit Mutuel il y a mutuel, nous ne vous proposons pas un P.E.A. standard.

Notre P.E.A., MODULANCE, répond à vos besoins d'aujourd'hui et s'adapte à ceux de demain.

Que vous vouliez des gains garantis en capital ou des actions à rendement élevé, assurer vous-même

vos gains ou nous la confier, MODULANCE tire le meilleur parti des changements du marché

et de l'évolution de votre situation personnelle. **Souplesse** et adaptabilité sont ses premières

qualités. Parce qu'au Crédit Mutuel, c'est votre P.E.A. qui **s'adapte** à vous, et non le contraire.

Un mot nous engage à vous offrir un P.E.A. différent: MODULANCE.

Crédit Mutuel

la banque à qui parler

BALISTIQUE

Feu sur l'astéroïde !

Le Congrès américain s'alarme. De 1 000 à 4 000 astéroïdes d'un kilomètre de diamètre ou plus croisent l'orbite terrestre chaque année. Et on en découvre deux ou trois de plus chaque mois. On estime qu'un asréroïde heurte la Terre tous les 300 000 ans. Une météorite qui mesurerait 5 km de diamètre pourrait bien supprimer sur la planète la plupart des formes de vie supérieure.

Outre l'effet direct de l'impact, qui provoquerait des raz-de-marée catastrophiques et pourrait faire basculer l'axe de rotation de la Terre, les poussières dégagées par l'explosion de l'astéroïde pourraient obscurcir l'atmosphère pendant des années, entraînant ainsi la mort de l'agriculture, puis de la plupart des espèces supérieures, dont l'homme.

C'est pourquoi le Congrès a demandé à la NASA de "plancher" sur le sujet, ce qu'elle a fait. Un projet, appelé *Spaceguard Survey*, a été soumis aux membres du Congrès. Il ne coûterait pas excessivement cher : 50 millions de dollars pour sa création, et 10 millions de dollars de plus chaque année dévolus au fonctionnement en continu d'au moins 6 télescopes terrestres de 2 à 3 mètres d'ouverture. En un quart de siècle, ils pourraient avoir inventorié la presque totalité des astéroïdes qui bourdonnent autour de nous.

Et après ? S'il apparaissait que la Terre était menacée par un astéroïde, on pourrait défléchir sa trajectoire en lançant contre lui quelque 1 200 missiles à ogives nucléaires, comme cela a été proposé à une conférence du Los Alamos National Laboratory, au Nouveau-Mexique. Et c'est ici que les querelles commencent.

En effet, ce projet "jules-vernien" ne fait pas l'unan-

mité. Ses opposants, qui sont nombreux, objectent non sans raison qu'on ignore totalement les conséquences de l'explosion d'un astéroïde à 100, 500 ou 1 000 km de la Terre. De plus, l'énergie cinétique d'un objet céleste voyageant à 25 km/s est énorme, et on peut se demander si un bon millier de fusées suffirait à l'écartier d'une trajectoire qui le mènerait vers la Terre.

Mieux vaut essayer que d'être condamnés, rétorquent les partisans du projet, qui font observer que,

de toute façon, il n'est pas question de provoquer l'impact trop près de la Terre. En s'y prenant suffisamment à l'avance, on peut lancer des missiles jusqu'aux confins du système solaire. *Pioneer XI*, qui n'était pas un missile, a dépassé les parages de Pluton. On peut donc très bien faire exploser l'astéroïde à 15 000, 30 000 ou 60 000 km de la Terre ; et là, les répercussions de son explosion seraient négligeables. Il est même plus avantageux de toucher l'astéroïde quand il est le plus loin, parce

qu'alors, une faible déflexion de sa trajectoire suffirait à le rendre inoffensif.

Là en est le débat et, l'idée faisant son chemin, il est possible que d'ici quelque temps, on vérifie sa faisabilité. C'est-à-dire qu'on prenne un astéroïde ou deux comme cobayes et qu'on leur expédie quelques missiles pour vérifier l'effet de leur impact. Tous ces missiles, d'ailleurs, prennent de l'âge, et avant de les mettre à la casse, on peut bien les utiliser, cette fois, à protéger l'humanité... G.M.

ENVIRONNEMENT

Les moustiques meurent aussi...

Effet inattendu de la pollution urbaine, en Afrique du moins : elle tue les moustiques ! Effet secondaire, tout aussi inattendu : le paludisme tue tout autant dans les villes que dans les campagnes.

Une enquête épidémiologique au Burkina-Faso, en 1991, réjouit d'abord les spécialistes : seuls 9 % des enfants en bas-âge souffraient de paludisme dans les villes, alors que, dans les campagnes, le taux oscillait entre 53 % et 58 %.

L'explication, donc, est que la femelle de l'anophèle, porteuse du parasite qu'est l'hématozooaire du paludisme, est très sensible à la pollution des eaux, alors que celle du *Culex* (le cousin) s'en accommode. Ainsi, dans la ville de Bobo Dioulasso, la deuxième en

importance du Burkina-Faso, un être humain est en moyenne piqué par des *Culex* 25 000 fois par an, mais 180 fois seulement par des anophèles.

Alors qu'en milieu rural, le paludisme se transmet au rythme d'une piqûre virtuellement infectante toutes les deux nuits (l'anophèle ne pique que la nuit), on tombe en ville à une piqûre virtuellement infectante tous les trois ans.

Belle retombée de la pollution ! Hélas, les enfants des villes, de moins en moins en contact avec le

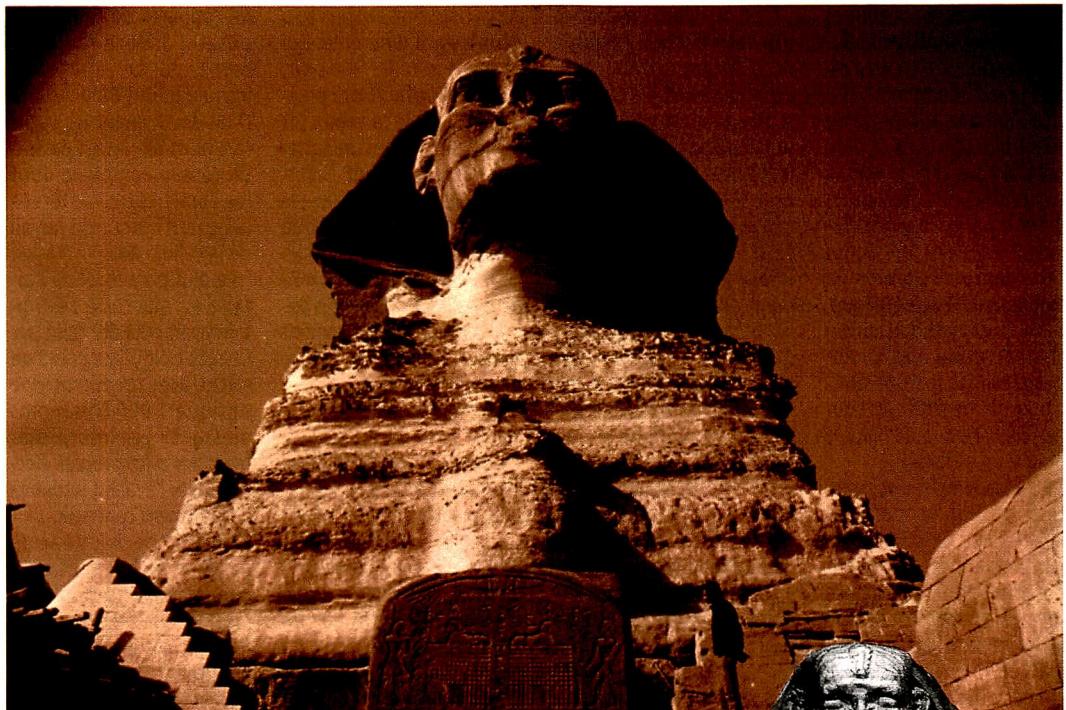
parasite du paludisme, développent bien plus tard leurs défenses immunitaires, et, quand ils sont infectés, se défendent donc moins bien. C'est ce qui fait que les taux de mortalité infantile n'ont pas varié.

Tout programme de lutte contre le paludisme devra désormais tenir compte de ces données. Et le plus tôt sera le mieux : chaque année, un million de gens meurent de cette maladie rien qu'en Afrique. Mais le paludisme émeut beaucoup moins l'opinion que le sida... M.T.

Voici le vrai visage du Sphinx de Ghizeh

Ce monument, l'un des plus célèbres de l'Egypte et du monde antique, a été tellement délabré par le temps qu'on se demande toujours à quoi il ressemblait à l'origine.

Un remarquable travail de photogrammétrie et d'informatique, qui a duré deux ans et nécessité l'utilisation d'un logiciel de 25 mégaoctets, permet de le savoir.



Ce n'est pas la première fois que le Sphinx est délabré. Construit en effet vers 2250 avant notre ère, par le pharaon Chéphren de la IV^e dynastie (sans doute sur un rocher naturel)⁽¹⁾, il fut enseveli par les sables jusqu'en 1400 avant notre ère, quand le pharaon Touthmôsis IV, de la XVIII^e dynastie, décida de le restaurer.

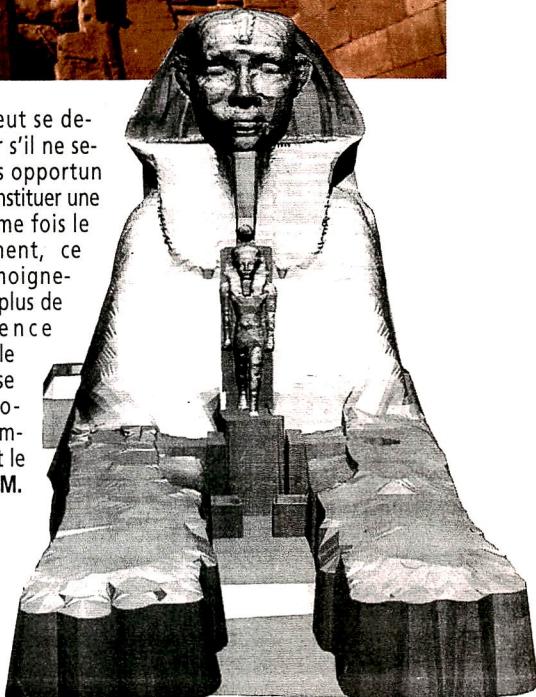
Reprenant tous les documents disponibles sur le Sphinx, y compris les indices les plus ténus, un égyptologue de l'institut oriental de l'université de Chicago, Mark Lehner, s'est livré à un

travail de reconstitution sur image informatique, selon un procédé connu sous le nom de photogrammétrie.

Voici le résultat : le Sphinx mesurait environ 6,80 mètres de haut et, sur son poitrail, s'élevait une statue représentant Aménophis II, père de Touthmôsis IV. Il semble que ce dernier ait conservé les traits d'origine de la bête fabuleuse, sculptés d'après ceux de Chéphren et sans doute pas trop abîmés par le temps. La barbe postiche du Sphinx, emblème royal, reposait sur la tête de cette statue d'Aménophis II.

On peut se demander s'il ne serait pas opportun de reconstituer une deuxième fois le monument, ce qui témoignerait de plus de révérence que de le laisser se détériorer, comme c'est le cas. G.M.

(1) Voir *Science & Vie* n° 892, p. 89.



PHYSIOLOGIE

La physiologie en trois dimensions fait du bruit

Longtemps boudée par les chercheurs, la microscopie en relief commence à ébranler les modèles de la biologie cellulaire. Ainsi, Alain Rambour, chercheur au CEA de Saclay, va publier dans l'*American Journal of Anatomy* une représentation de l'appareil de Golgi (organite cellulaire indispensable à la fabrication des hormones) qui déjà provoque un tollé chez les Américains.

Et pour cause : beaucoup de leurs modèles cellulaires risquent d'en être radicalement modifiés.

La méthode utilisée par le scientifique français ne date pourtant pas d'hier, mais la complexité de la technologie et la patience qu'elle demande l'avaient longtemps fait négliger. De plus, la communauté scientifique, forte du fantastique moyen d'observation que lui apportait le microscope électronique, ne s'est pas souciée de la nature de l'image qu'elle en obtenait.

Non seulement l'observation ne donnait qu'une ombre (dans un microscope, l'échantillon est éclairé par dessous, donc une masse sera caractérisée par une tache sombre sans détails), mais en plus, leurs coupes étaient si fines (1/10 000 de millimètre) qu'ils ne voyaient que de minuscules fragments des organites cellulaires, plusieurs dizaines de fois plus épaisses. Interpréter une telle image relève en fait du génie. Par exemple, cela reviendrait à essayer de dé-

crire l'anatomie humaine par le simple truchement de coupes aléatoires de 3 à 4 mm d'épaisseur, dont on ne verrait que l'ombre portée. C'est peut-être faisable, mais au prix de quelques erreurs !

C'est au début des années soixante-dix que l'équipe de biologie cellulaire du Commissariat à l'énergie atomique s'est intéressée à la microscopie en trois dimensions. Son principe repose sur la vision stéréoscopique humaine : nos deux yeux perçoivent deux images plates et légèrement décalées d'un même objet. Le relief apparaît grâce à notre cerveau qui superpose les images et en interprète les différences.

Dans le cas d'une photo, les objets sont plats. Vous aurez beau tourner autour, la partie visible sera toujours la même. Par conséquent, les deux yeux voient une image identique, et aucun relief ne peut en être extrait. En fait, pour redonner du relief à un objet photographié, il faut en faire deux clichés, sous deux angles différents. La visualisation du relief se fait ensuite à l'aide d'un stéréoscope.

Cet appareil ne donne à voir à chacun des yeux qu'une des deux photos.

Ainsi arrivent au cerveau deux images différentes qui révèlent le relief. Cela dit, cela ne s'obtient pas aussi simplement : le cerveau a ses limites, et lorsque l'angle devient trop important, il n'arrive plus à superposer les images, et l'on ne distingue plus rien. De plus, cet angle limite varie avec la profondeur de l'objet selon des paramètres encore totalement ignorés. Tout cela en est encore au stade des essais.

Rambour utilise ce système sur son microscope électronique. Il obtient deux vues de ses coupes en les faisant pivoter dans le microscope. Les échantillons qu'il utilise sont épais, et lui permettent d'observer les organites entiers plutôt que de minuscules morceaux de ceux-ci (la totalité du corps humain plutôt qu'une coupe de 3 mm d'épaisseur).

Ce sont des années de tâtonnement et d'observation qui ont amené ce chercheur à remettre en cause les premières observations de la microscopie électronique classique. Le modèle

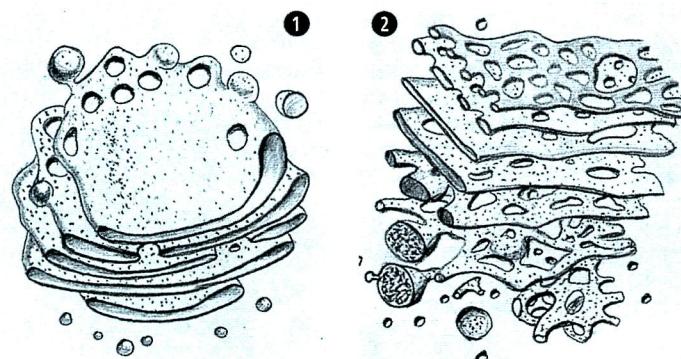
de l'appareil de Golgi ainsi obtenu diffère radicalement de ce qui était jusqu'à aujourd'hui admis. D'un empilement de petits sacs plats 1, on est passé à un réseau complexe dont les ramifications s'étendent tout autour du noyau de la cellule 2.

Le plus paradoxal de l'affaire est que cette description avait déjà été faite par Camillo Golgi, il y a près d'un siècle, avec un microscope optique 1 000 fois moins puissant ! Les interprétations des microscopies électroniques l'avaient jusque-là aveuglément contredit.

En dépit de la justesse de ses vues, si l'on peut ainsi dire, Rambour se heurte au mastodonte américain qui ne tient pas à remettre ses modèles en cause, explique Dominique Ploton, spécialiste en observation tridimensionnelle à l'INSERM.

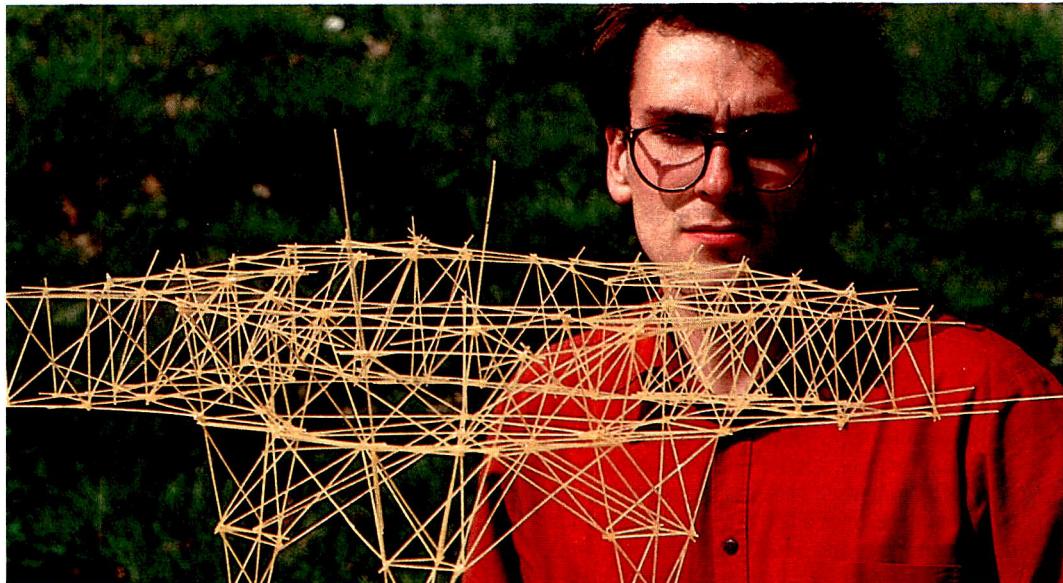
La technique commence à percer grâce à l'informatique, qui permet d'obtenir rapidement des images 3 D encore plus précises (le cerveau ne peut intégrer que

deux images, mais un ordinateur, lui, n'est pas limité). Ainsi, ce type d'observation va favoriser la compréhension de l'anatomie cellulaire, capitale à l'heure de la médecine microscopique. E.J.



De la vertu démonstrative du spaghetti en architecture

Surprise des étudiants de troisième année de l'Ecole d'architecture de Nancy quand on leur a demandé de réaliser leurs maquettes avec des spaghettis et de la colle. Pourtant, les professeurs étaient l'un architecte, l'autre, ingénieur spécialiste des structures.



L'affaire était sérieuse et devrait faire exemple : les maquettes traditionnelles en balsa et en fil de fer ou de nylon ne sont pas adaptées à l'étude des structures en treillis. En effet, elles sont trompeuses

quand il s'agit de vérifier la résistance au phénomène de compression axiale, dit flambement, et le comportement sous vibrations. Ainsi, le balsa ne flambe pas et la structure ne plie pas.

Or, les maquettes en spa-

ghettis, elles, flambent et plient. Mais qu'on n'en déduise pas que le choix des pâtes alimentaires repose sur un calcul comparatif poussé ; il résulte simplement d'une approximation intuitive. Leurs caractéris-

tiques mécaniques se rapprochent de celles des vraies barres d'acier, et c'est bien utile quand il faut tester des maquettes de structures telles que la pyramide du Louvre ou des tribunes de stade. **E.M.**

● **La pollution végétale est plus dangereuse qu'on croit** : les enzymes végétaux transforment certaines substances polluantes comme le gaz carbonique ou l'anhydride sulfureux en molécules stables cancérogènes ou mutagènes.

● **Les échos de cette rubrique** ont été réalisés par Jean-Michel Bader, Emmauel Jullien, Eric Maunois, Gérald Messadié, Daniel Tarnowski et Marguerite Tiberti.

Une nouvelle maladie mentale : la gaieté chronique

La gaieté est un désordre affectif majeur, caractérisé par un réveil positif, un solide appétit et l'érotomanie. L'individu atteint souffre d'une satisfaction générale dans certains domaines de sa vie, tels que ses rapports avec autrui et son travail, en plus d'une

sotte propension à croire en sa propre compétence et en son efficacité. Il est souvent insouciant, impulsif et imprévisible.

Telle est du moins la position d'un spécialiste britannique de psychologie clinique, Richard Bentall, de l'université de Liver-

pool, qui a publié un article circonstancié sur sa thèse dans le *Journal of Medical Ethics* de juin 1992.

Les Anglais, on le sait, pratiquent volontiers l'humour. Ce spécialiste, en tout cas, peut se réjouir : le nombre de malades en question semble restreint. **G.M.**

PAR GERMAIN CHAMBOST

BOEING D'AMSTERDAM : DES RÉACTEURS CONÇUS POUR TOMBER

Alors que les réacteurs des avions de construction européenne doivent coûte que coûte tenir aux ailes en cas d'incident, ceux des avions américains sont conçus pour se détacher lorsque les efforts dépassent un certain seuil.

Le Boeing 747-200 cargo de la compagnie El-Al s'est écrasé le 4 octobre dernier, quinze minutes après son décollage de l'aéroport hollandais de Schipol, à la suite de l'incendie de ses deux réacteurs droits. L'avion n'était pas de toute première jeunesse : livré à la compagnie en 1979, il totalisait 44 736 heures de vol. L'appareil avait, semble-t-il, déjà connu quelques problèmes typiques du vieillissement de structure avec la perte d'un aileron au-dessus d'Amsterdam lors d'un vol précédent, et avait éprouvé un atterrissage "dur" à New York.

Au décollage d'Amsterdam, il était très lourd : 114 tonnes de fret plus 62 tonnes de carburant. Ses quatre moteurs Pratt & Whitney JT9D-7J de 21 tonnes de poussée chacun donnaient leur pleine puissance lorsque, quatre minutes après le décollage, le pilote annonça le feu au réacteur n° 3 (intérieur droit). A peine avait-il fait cette annonce que, pour une cause inconnue, l'un des deux réacteurs se détachait de l'aile. Or, le réacteur n° 3, qui fut repêché dans le lac d'IJmer, ne porte pas de trace d'incendie. Quant au réacteur n° 4 (extérieur droit), il a été retrouvé plusieurs jours plus tard : était-ce lui qui avait pris feu ? Certains témoins au sol disent qu'il s'est détaché six minutes après le premier. D'autres enquêteurs se demandent s'il n'est pas tout simplement resté solidaire de l'avion dans sa chute.

Au moment où nous mettons sous presse, les premiers éléments du dépouillement d'une des deux boîtes noires indiquent que le courant électrique a été interrompu pendant 4 secondes à la suite d'un arrêt du réacteur n° 4. Les spécialistes attribuent l'origine de cet incident au détachement du moteur n° 3.

Quoiqu'il en soit, avec une poussée dissymétrique produite par les deux réacteurs en marche sous l'aile gauche, et la destruction progressive (par le feu) des circuits hydrauliques de commande des gouvernes - qui tirent leur mouvement de la rotation des réacteurs -, l'avion devient très rapidement ingouvernable et la catastrophe inévitable.

Diverses hypothèses ont été évoquées : sabotage, ingestion d'oiseaux, feu d'un des réacteurs ayant entraîné la destruction de l'autre ainsi que des circuits hydrauliques... Ce dernier type d'incident, les pilotes savent bien le maîtriser à temps. La procédure consiste, d'abord, à couper un ou plusieurs des trois circuits concernant le réacteur en question : alimentation électrique, commande hydraulique ou alimentation en carburant. Si ces mesures ne sont pas suivies d'effet, le pilote peut actionner les extincteurs intégrés aux moteurs. On le voit, les recours ne manquent pas.

Dans le cas de la catastrophe aérienne d'Amsterdam, les techniciens de l'aéronautique se demandent s'il ne faudrait pas plutôt incriminer le système de fixation des réacteurs sous l'aile de l'avion. Voyons les choses d'un peu plus près.

Les réacteurs installés sous les ailes des avions sont fixés à ces dernières par l'intermédiaire d'un mât ou pylône. Celui-ci a une forme profilée, comme celle d'une aile placée à la verticale, afin de réduire la traînée



induite et d'assurer une bonne stabilité aérodynamique (absence de forces latérales qui provoqueraient des mouvements de torsion). Mais ce pylône doit être en même temps suffisamment solide pour supporter le poids du réacteur (quelque cinq tonnes) et surtout encaisser la poussée et la transmettre à l'aile afin d'assurer la sustentation et la propulsion de l'avion. Il est donc fabriqué comme une aile, autour d'une structure comportant des longerons métalliques fixés aux longerons de l'aile.

C'est dans le système de fixation que la conception diffère entre Européens et Américains.

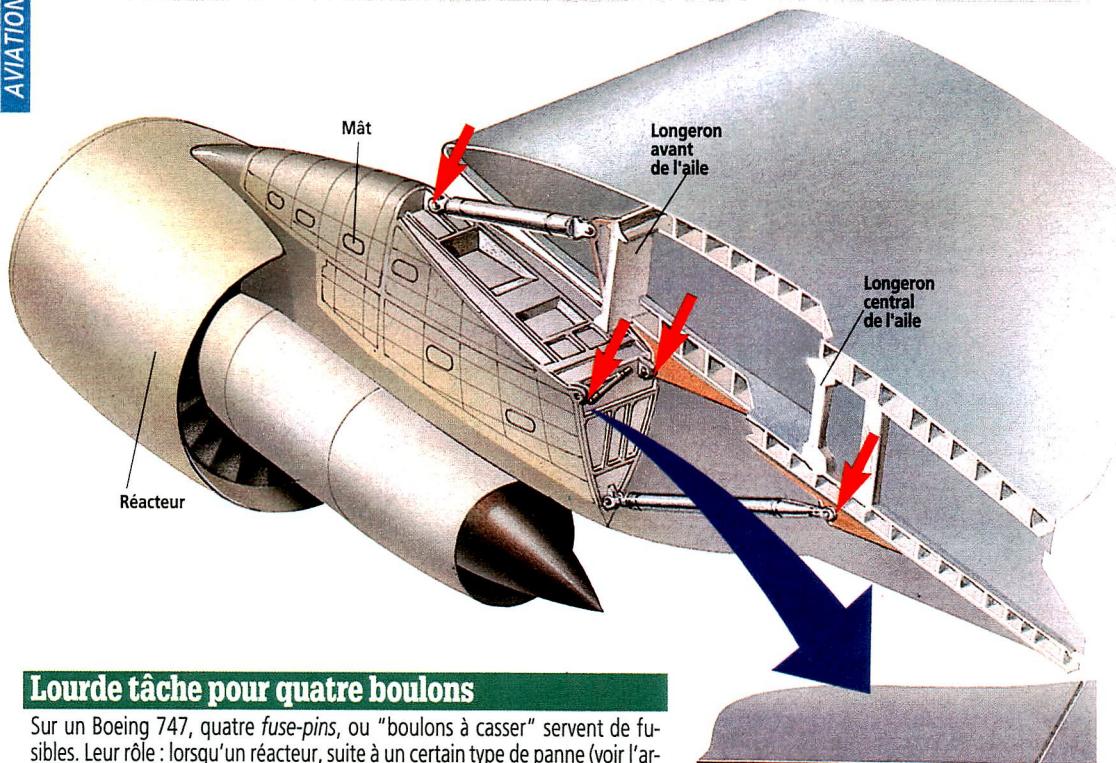
Des "boulons à casser". Sur les avions américains, cette fixation est réalisée par des *fuse-pins*, ou "clavettes-fusibles" (les techniciens français traduisent parfois par "boulons cassants" ou "boulons à casser"). Ce sont des gros boulons qui relient le mât au réacteur d'un côté, à l'aile de l'autre, et qui

L'avion d'El-Al a-t-il perdu un ou deux réacteurs ?

On les a retrouvés à quelques jours d'intervalle. Malgré les déclarations de certains témoins, on n'a pas encore la certitude absolue qu'ils se soient tous deux décrochés en vol. L'enquête semble mettre en cause l'usure des fixations.

sont conçus pour se briser au-delà d'un certain seuil de contrainte. Cette conception vise essentiellement à larguer les réacteurs en cas d'amerissage ou d'atterrissement sur le ventre ; pour éviter que ceux-ci n'entraînent l'arrachement d'une aile, déstabilisant dangereusement l'avion.

Autre cas où ces boulons spéciaux peuvent être utiles : lorsqu'un réacteur, tournant à pleine puissance (donc avec une très forte poussée vers l'avant) s'arrête brusquement, par exemple à la suite du grippage d'un palier ou d'une rupture brutale d'alimentation en carburant. Le choc vers l'arrière qui en résulte, alors que toutes les attaches du réacteur avancent à grande vitesse avec l'avion, pourrait en-



Lourde tâche pour quatre boulons

Sur un Boeing 747, quatre *fuse-pins*, ou "boulons à casser" servent de fusibles. Leur rôle : lorsqu'un réacteur, suite à un certain type de panne (voir l'article), met en danger l'intégrité de l'aile, ces boulons cassent et le réacteur fauteur de troubles est tout simplement largué. Ces *fuse-pins*, de 10 cm de long et 5,6 cm de diamètre (**détail ci-contre**), sont au nombre de quatre pour chaque réacteur (**flèches rouges**) : un à l'avant du mât ; deux au milieu, sous le longeron avant de l'aile ; un à l'arrière, sous le longeron central de l'aile.

traîner une rupture de l'aile...

Mais la conception américaine souffre d'un inconvénient : ces boulons peuvent casser en dehors des cas prévus, s'ils sont affaiblis par des "criques", c'est-à-dire des fissures dans leur métal. Ils pourraient alors céder sous des contraintes relativement faibles, entraînant la perte du réacteur. C'est peut-être ce qui s'est passé en décembre 1991, lorsqu'un Boeing 747 de China Airlines s'écrasa à Taipei, après avoir perdu en vol deux de ses réacteurs.

Chez Airbus, la philosophie est tout autre : on considère, chez le constructeur européen, qu'en cas d'amerissage ou d'atterrissage sur le ventre les fusées-réacteurs doivent servir de "coussinets-amortisseurs" ; ils font, en quelque sorte, office de patins. Les boulons de fixation doivent donc tenir. Quant à l'arrêt de l'alimentation en carburant, l'ingestion d'oiseaux, ou, surtout, le grippage d'un palier, risques contre lesquels les Américains ont prévu leurs *fuse-pins*, les avionneurs européens considèrent ces éventualités comme très improbables ; au cas où elles surviendraient, le réacteur ne se bloque pas instantanément, mais perd progressivement sa

poussée. Les contraintes sur les fixations des réacteurs restent ainsi dans les limites de la résistance mécanique de l'ensemble réacteur-mât-aile.

Plus de 500 Jumbo au contrôle de sécurité. Les *fuse-pins*, nous l'avons compris, doivent être toujours en parfait état. Ils font donc l'objet d'une surveillance régulière afin d'y déceler d'éventuelles criques. La veille de la catastrophe d'Amsterdam, Boeing venait de demander aux compagnies aériennes de vérifier les fixations des réacteurs. Il a réitéré sa demande après la catastrophe, en obligeant les propriétaires des quelque 448 Boeing 747 passagers et 70 Boeing 747-200 cargo utilisés dans le monde à vérifier les attaches de réacteurs par un procédé à ultrasons. L'accident d'Amsterdam va sans doute obliger le constructeur américain à aller au-delà d'une simple vérification et à revoir la conception même des fixations.

Germain Chambost

OUI, JE COMMANDÉ

à renvoyer avec votre règlement à:
Sciences-Images, Editeur pour spot image,
B.P. 220 - 74105 Annemasse Cedex

SATISFAIT
OU
REMBOURSE

Veuillez m'adresser le(s) poster(s) dont je coche la case correspondante ci-dessous:

Poster(s) à: 130 F Support(s) à: 275 F Cadre(s) à: 430 F
+ Forfait expédition: 25 F*. Soit au total: F

Je joins mon règlement par chèque bancaire ou postal
A L'ORDRE DE SCIENCES IMAGÉS.

Je choisis de régler avec ma master card visa ou eurocard.

N° Expire fin mois année

M Mme Melle (Ecrivez en majuscule S.V.P.)

Nom _____ Prénom _____

N° _____ Rue _____

Code postal Ville

*Prix TTC pour la France-HT frais d'exportation compris pour la CEE-Autres destinations, nous consulter.

Cochez la case de votre choix 1 2 3 4 5 6 7 8

9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21

22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34

35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60

61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 101 102 103

104 105 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 203

Poster format 50x60 cm. Impression couleur sur papier 250 gr. Poids 1 kg. Livraison standard en tube carton.

ALSACE: 19. Avignon, 42. Vallée de l'Isère, 110. Kourou
40. Strasbourg 29. Carcassonne 47. Melun 203. Hong-Kong

AQUITAINE: 4. Bordeaux Arcachon 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34.

45. Bordeaux Gironde 35. Pau Tarbes 37. Ariège 48. Perigueux 52. Côte Basque

53. Côte Basque 17. Autour de Toulouse 18. Andorre 38. Pau Tarbes 39. Pau

AUVERGNE: 36. Clermont-Ferrand 37. Ariège 40. Toulouse 41. Montauban 42. Cahors

BOURGOGNE: 21. Beaune 35. Nôrmoutier 51. Loire 52. Bourgogne 53. Dijon

54. Mâcon 55. Chalon-sur-Saône 56. Besançon 57. Rennes

BRETAGNE: 15. Bretagne Nord 27. Bretagne Sud: 28. Quiberon-Morbihan 30. Lorient 44. Lannion-St Brieuc 45. St Brieuc-St Malo 50. Mâcon Michel 51. Rennes

CENTRE: 3. Charleroi 68. Tours 7. CHAMPAGNE: 23. Reims 61. Troyes 8. CORSE: 8. Ajaccio

HAUTE-NORMANDIE: 33. Le Havre 63. Rouen 12. Camargue 13. Sète, Montpellier 14. Côte Vermeille 18. Béziers-Narbonne

19. Avignon, 29. Carcassonne 42. Vallée de l'Isère, 47. Melun 53. Côte Basque 54. Mâcon 55. Chalon-sur-Saône 56. Besançon 57. Rennes

58. Mâcon Michel 59. Rennes 60. Meaux 61. Paris 62. Lyon Ville 63. Grenoble 64. Royan-Estuaire de la Gironde

65. Alberville-les-Sites Olympiques 66. Paris Ville 67. Annecy Chambéry 68. Grenoble 69. Lyon Ville 70. Annecy Chambéry 71. Chambéry 72. Chambéry 73. Chambéry 74. Chambéry 75. Chambéry 76. Chambéry 77. Chambéry 78. Chambéry 79. Chambéry 80. Chambéry 81. Chambéry 82. Chambéry 83. Chambéry 84. Chambéry 85. Chambéry 86. Chambéry 87. Chambéry 88. Chambéry 89. Chambéry 90. Chambéry 91. Chambéry 92. Chambéry 93. Chambéry 94. Chambéry 95. Chambéry 96. Chambéry 97. Chambéry 98. Chambéry 99. Chambéry 100. Chambéry 101. Chambéry 102. Chambéry 103. Chambéry 104. Chambéry 105. Chambéry 106. Chambéry 107. Chambéry 108. Chambéry 109. Chambéry 110. Chambéry 111. Chambéry 112. Chambéry 113. Chambéry 114. Chambéry 115. Chambéry 116. Chambéry 117. Chambéry 118. Chambéry 119. Chambéry 120. Chambéry 121. Chambéry 122. Chambéry 123. Chambéry 124. Chambéry 125. Chambéry 126. Chambéry 127. Chambéry 128. Chambéry 129. Chambéry 130. Chambéry 131. Chambéry 132. Chambéry 133. Chambéry 134. Chambéry 135. Chambéry 136. Chambéry 137. Chambéry 138. Chambéry 139. Chambéry 140. Chambéry 141. Chambéry 142. Chambéry 143. Chambéry 144. Chambéry 145. Chambéry 146. Chambéry 147. Chambéry 148. Chambéry 149. Chambéry 150. Chambéry 151. Chambéry 152. Chambéry 153. Chambéry 154. Chambéry 155. Chambéry 156. Chambéry 157. Chambéry 158. Chambéry 159. Chambéry 160. Chambéry 161. Chambéry 162. Chambéry 163. Chambéry 164. Chambéry 165. Chambéry 166. Chambéry 167. Chambéry 168. Chambéry 169. Chambéry 170. Chambéry 171. Chambéry 172. Chambéry 173. Chambéry 174. Chambéry 175. Chambéry 176. Chambéry 177. Chambéry 178. Chambéry 179. Chambéry 180. Chambéry 181. Chambéry 182. Chambéry 183. Chambéry 184. Chambéry 185. Chambéry 186. Chambéry 187. Chambéry 188. Chambéry 189. Chambéry 190. Chambéry 191. Chambéry 192. Chambéry 193. Chambéry 194. Chambéry 195. Chambéry 196. Chambéry 197. Chambéry 198. Chambéry 199. Chambéry 200. Chambéry 201. Chambéry 202. Chambéry 203. Chambéry 204. Chambéry 205. Chambéry 206. Chambéry 207. Chambéry 208. Chambéry 209. Chambéry 210. Chambéry 211. Chambéry 212. Chambéry 213. Chambéry 214. Chambéry 215. Chambéry 216. Chambéry 217. Chambéry 218. Chambéry 219. Chambéry 220. Chambéry 221. Chambéry 222. Chambéry 223. Chambéry 224. Chambéry 225. Chambéry 226. Chambéry 227. Chambéry 228. Chambéry 229. Chambéry 230. Chambéry 231. Chambéry 232. Chambéry 233. Chambéry 234. Chambéry 235. Chambéry 236. Chambéry 237. Chambéry 238. Chambéry 239. Chambéry 240. Chambéry 241. Chambéry 242. Chambéry 243. Chambéry 244. Chambéry 245. Chambéry 246. Chambéry 247. Chambéry 248. Chambéry 249. Chambéry 250. Chambéry 251. Chambéry 252. Chambéry 253. Chambéry 254. Chambéry 255. Chambéry 256. Chambéry 257. Chambéry 258. Chambéry 259. Chambéry 260. Chambéry 261. Chambéry 262. Chambéry 263. Chambéry 264. Chambéry 265. Chambéry 266. Chambéry 267. Chambéry 268. Chambéry 269. Chambéry 270. Chambéry 271. Chambéry 272. Chambéry 273. Chambéry 274. Chambéry 275. Chambéry 276. Chambéry 277. Chambéry 278. Chambéry 279. Chambéry 280. Chambéry 281. Chambéry 282. Chambéry 283. Chambéry 284. Chambéry 285. Chambéry 286. Chambéry 287. Chambéry 288. Chambéry 289. Chambéry 290. Chambéry 291. Chambéry 292. Chambéry 293. Chambéry 294. Chambéry 295. Chambéry 296. Chambéry 297. Chambéry 298. Chambéry 299. Chambéry 300. Chambéry 301. Chambéry 302. Chambéry 303. Chambéry 304. Chambéry 305. Chambéry 306. Chambéry 307. Chambéry 308. Chambéry 309. Chambéry 310. Chambéry 311. Chambéry 312. Chambéry 313. Chambéry 314. Chambéry 315. Chambéry 316. Chambéry 317. Chambéry 318. Chambéry 319. Chambéry 320. Chambéry 321. Chambéry 322. Chambéry 323. Chambéry 324. Chambéry 325. Chambéry 326. Chambéry 327. Chambéry 328. Chambéry 329. Chambéry 330. Chambéry 331. Chambéry 332. Chambéry 333. Chambéry 334. Chambéry 335. Chambéry 336. Chambéry 337. Chambéry 338. Chambéry 339. Chambéry 340. Chambéry 341. Chambéry 342. Chambéry 343. Chambéry 344. Chambéry 345. Chambéry 346. Chambéry 347. Chambéry 348. Chambéry 349. Chambéry 350. Chambéry 351. Chambéry 352. Chambéry 353. Chambéry 354. Chambéry 355. Chambéry 356. Chambéry 357. Chambéry 358. Chambéry 359. Chambéry 360. Chambéry 361. Chambéry 362. Chambéry 363. Chambéry 364. Chambéry 365. Chambéry 366. Chambéry 367. Chambéry 368. Chambéry 369. Chambéry 370. Chambéry 371. Chambéry 372. Chambéry 373. Chambéry 374. Chambéry 375. Chambéry 376. Chambéry 377. Chambéry 378. Chambéry 379. Chambéry 380. Chambéry 381. Chambéry 382. Chambéry 383. Chambéry 384. Chambéry 385. Chambéry 386. Chambéry 387. Chambéry 388. Chambéry 389. Chambéry 390. Chambéry 391. Chambéry 392. Chambéry 393. Chambéry 394. Chambéry 395. Chambéry 396. Chambéry 397. Chambéry 398. Chambéry 399. Chambéry 400. Chambéry 401. Chambéry 402. Chambéry 403. Chambéry 404. Chambéry 405. Chambéry 406. Chambéry 407. Chambéry 408. Chambéry 409. Chambéry 410. Chambéry 411. Chambéry 412. Chambéry 413. Chambéry 414. Chambéry 415. Chambéry 416. Chambéry 417. Chambéry 418. Chambéry 419. Chambéry 420. Chambéry 421. Chambéry 422. Chambéry 423. Chambéry 424. Chambéry 425. Chambéry 426. Chambéry 427. Chambéry 428. Chambéry 429. Chambéry 430. Chambéry 431. Chambéry 432. Chambéry 433. Chambéry 434. Chambéry 435. Chambéry 436. Chambéry 437. Chambéry 438. Chambéry 439. Chambéry 440. Chambéry 441. Chambéry 442. Chambéry 443. Chambéry 444. Chambéry 445. Chambéry 446. Chambéry 447. Chambéry 448. Chambéry 449. Chambéry 450. Chambéry 451. Chambéry 452. Chambéry 453. Chambéry 454. Chambéry 455. Chambéry 456. Chambéry 457. Chambéry 458. Chambéry 459. Chambéry 460. Chambéry 461. Chambéry 462. Chambéry 463. Chambéry 464. Chambéry 465. Chambéry 466. Chambéry 467. Chambéry 468. Chambéry 469. Chambéry 470. Chambéry 471. Chambéry 472. Chambéry 473. Chambéry 474. Chambéry 475. Chambéry 476. Chambéry 477. Chambéry 478. Chambéry 479. Chambéry 480. Chambéry 481. Chambéry 482. Chambéry 483. Chambéry 484. Chambéry 485. Chambéry 486. Chambéry 487. Chambéry 488. Chambéry 489. Chambéry 490. Chambéry 491. Chambéry 492. Chambéry 493. Chambéry 494. Chambéry 495. Chambéry 496. Chambéry 497. Chambéry 498. Chambéry 499. Chambéry 500. Chambéry 501. Chambéry 502. Chambéry 503. Chambéry 504. Chambéry 505. Chambéry 506. Chambéry 507. Chambéry 508. Chambéry 509. Chambéry 510. Chambéry 511. Chambéry 512. Chambéry 513. Chambéry 514. Chambéry 515. Chambéry 516. Chambéry 517. Chambéry 518. Chambéry 519. Chambéry 520. Chambéry 521. Chambéry 522. Chambéry 523. Chambéry 524. Chambéry 525. Chambéry 526. Chambéry 527. Chambéry 528. Chambéry 529. Chambéry 530. Chambéry 531. Chambéry 532. Chambéry 533. Chambéry 534. Chambéry 535. Chambéry 536. Chambéry 537. Chambéry 538. Chambéry 539. Chambéry 540. Chambéry 541. Chambéry 542. Chambéry 543. Chambéry 544. Chambéry 545. Chambéry 546. Chambéry 547. Chambéry 548. Chambéry 549. Chambéry 550. Chambéry 551. Chambéry 552. Chambéry 553. Chambéry 554. Chambéry 555. Chambéry 556. Chambéry 557. Chambéry 558. Chambéry 559. Chambéry 560. Chambéry 561. Chambéry 562. Chambéry 563. Chambéry 564. Chambéry 565. Chambéry 566. Chambéry 567. Chambéry 568. Chambéry 569. Chambéry 570. Chambéry 571. Chambéry 572. Chambéry 573. Chambéry 574. Chambéry 575. Chambéry 576. Chambéry 577. Chambéry 578. Chambéry 579. Chambéry 580. Chambéry 581. Chambéry 582. Chambéry 583. Chambéry 584. Chambéry 585. Chambéry 586. Chambéry 587. Chambéry 588. Chambéry 589. Chambéry 590. Chambéry 591. Chambéry 592. Chambéry 593. Chambéry 594. Chambéry 595. Chambéry 596. Chambéry 597. Chambéry 598. Chambéry 599. Chambéry 600. Chambéry 601. Chambéry 602. Chambéry 603. Chambéry 604. Chambéry 605. Chambéry 606. Chambéry 607. Chambéry 608. Chambéry 609. Chambéry 610. Chambéry 611. Chambéry 612. Chambéry 613. Chambéry 614. Chambéry 615. Chambéry 616. Chambéry 617. Chambéry 618. Chambéry 619. Chambéry 620. Chambéry 621. Chambéry 622. Chambéry 623. Chambéry 624. Chambéry 625. Chambéry 626. Chambéry 627. Chambéry 628. Chambéry 629. Chambéry 630. Chambéry 631. Chambéry 632. Chambéry 633. Chambéry 634. Chambéry 635. Chambéry 636. Chambéry 637. Chambéry 638. Chambéry 639. Chambéry 640. Chambéry 641. Chambéry 642. Chambéry 643. Chambéry 644. Chambéry 645. Chambéry 646. Chambéry 647. Chambéry 648. Chambéry 649. Chambéry 650. Chambéry 651. Chambéry 652. Chambéry 653. Chambéry 654. Chambéry 655. Chambéry 656. Chambéry 657. Chambéry 658. Chambéry 659. Chambéry 660. Chambéry 661. Chambéry 662. Chambéry 663. Chambéry 664. Chambéry 665. Chambéry 666. Chambéry 667. Chambéry 668. Chambéry 669. Chambéry 670. Chambéry 671. Chambéry 672. Chambéry 673. Chambéry 674. Chambéry 675. Chambéry 676. Chambéry 677. Chambéry 678. Chambéry 679. Chambéry 680. Chambéry 681. Chambéry 682. Chambéry 683. Chambéry 684. Chambéry 685. Chambéry 686. Chambéry 687. Chambéry 688. Chambéry 689. Chambéry 690. Chambéry 691. Chambéry 692. Chambéry 693. Chambéry 694. Chambéry 695. Chambéry 696. Chambéry 697. Chambéry 698. Chambéry 699. Chambéry 700. Chambéry 701. Chambéry 702. Chambéry 703. Chambéry 704. Chambéry 705. Chambéry 706. Chambéry 707. Chambéry 708. Chambéry 709. Chambéry 710. Chambéry 711. Chambéry 712. Chambéry 713. Chambéry 714. Chambéry 715. Chambéry 716. Chambéry 717. Chambéry 718. Chambéry 719. Chambéry 720. Chambéry 721. Chambéry 722. Chambéry 723. Chambéry 724. Chambéry 725. Chambéry 726. Chambéry 727. Chambéry 728. Chambéry 729. Chambéry 730. Chambéry 731. Chambéry 732. Chambéry 733. Chambéry 734. Chambéry 735. Chambéry 736. Chambéry 737. Chambéry 738. Chambéry 739. Chambéry 740. Chambéry 741. Chambéry 742. Chambéry 743. Chambéry 744. Chambéry 745. Chambéry 746. Chambéry 747. Chambéry 748. Chambéry 749. Chambéry 750. Chambéry 751. Chambéry 752. Chambéry 753. Chambéry 754. Chambéry 755. Chambéry 756. Chambéry 757. Chambéry 758. Chambéry 759. Chambéry 760. Chambéry 761. Chambéry 762. Chambéry 763. Chambéry 764. Chambéry 765. Chambéry 766. Chambéry 767. Chambéry 768. Chambéry 769. Chambéry 770. Chambéry 771. Chambéry 772. Chambéry 773. Chambéry 774. Chambéry 775. Chambéry 776. Chambéry 777. Chambéry 778. Chambéry 779. Chambéry 780. Chambéry 781. Chambéry 782. Chambéry 783. Chambéry 784. Chambéry 785. Chambéry 786. Chambéry 787. Chambéry 788. Chambéry 789. Chambéry 790. Chambéry 791. Chambéry 792. Chambéry 793. Chambéry 794. Chambéry 795. Chambéry 796. Chambéry 797. Chambéry 798. Chambéry 799. Chambéry 800. Chambéry 801. Chambéry 802. Chambéry 803. Chambéry 804. Chambéry 805. Chambéry 806. Chambéry 807. Chambéry 808. Chambéry 809. Chambéry 810. Chambéry 811. Chambéry 812. Chambéry 813. Chambéry 814. Chambéry 815. Chambéry 816. Chambéry 817. Chambéry 818. Chambéry 819. Chambéry 820. Chambéry 821. Chambéry 822. Chambéry 823. Chambéry 824. Chambéry 825. Chambéry 826. Chambéry 827. Chambéry 828. Chambéry 829. Chambéry 830. Chambéry 831. Chambéry 832. Chambéry 833. Chambéry 834. Chambéry 835. Chambéry 836. Chambéry 837. Chambéry 838. Chambéry 839. Chambéry 840. Chambéry 841. Chambéry 842. Chambéry 843. Chambéry 844. Chambéry 845. Chambéry 846. Chambéry 847. Chambéry 848. Chambéry 849. Chambéry 850. Chambéry 851. Chambéry 852. Chambéry 853. Chambéry 854. Chambéry 855. Chambéry 856. Chambéry 857. Chambéry 858. Chambéry 859. Chambéry 860. Chambéry 861. Chambéry 862. Chambéry 863. Chambéry 864. Chambéry 865. Chambéry 866. Chambéry 867. Chambéry 868. Chambéry 869. Chambéry 870. Chambéry 871. Chambéry 872. Chambéry 873. Chambéry 874. Chambéry 875. Chambéry 876. Chambéry 877. Chambéry 878. Chambéry 879. Chambéry 880. Chambéry 881. Chambéry 882. Chambéry 883. Chambéry 884. Chambéry 885. Chambéry 886. Chambéry 887. Chambéry 888. Chambéry 889. Chambéry 890. Chambéry 891. Chambéry 892. Chambéry 893. Chambéry 894. Chambéry 895. Chambéry 896. Chambéry 897. Chambéry 898. Chambéry 899. Chambéry 900. Chambéry 901. Chambéry 902. Chambéry 903. Chambéry 904. Chambéry 905. Chambéry 906. Chambéry 907. Chambéry 908. Chambéry 909. Chambéry 910. Chambéry 911. Chambéry 912. Chambéry 913. Chambéry 914. Chambéry 915. Chambéry 916. Chambéry 917. Chambéry 918. Chambéry 919. Chambéry 920. Chambéry 921. Chambéry 922. Chambéry 923. Chambéry 924. Chambéry 925. Chambéry 926. Chambéry 927. Chambéry 928. Chambéry 929. Chambéry 930. Chambéry 931. Chambéry 932. Chambéry 933. Chambéry 934. Chambéry 935. Chambéry 936. Chambéry 937. Chambéry 938. Chambéry 939. Chambéry 940. Chambéry 941. Chambéry 942. Chambéry 943. Chambéry 944. Chambéry 945. Chambéry 946. Chambéry 947. Chambéry 948. Chambéry 949. Chambéry 950. Chambéry 951. Chambéry 952. Chambéry 953. Chambéry 954. Chambéry 955. Chambéry 956. Chambéry 957. Chambéry 958. Chambéry 959. Chambéry 960. Chambéry 961. Chambéry 962. Chambéry 963. Chambéry 964. Chambéry 965. Chambéry 966. Chambéry 967. Chambéry 968. Chambéry 969. Chambéry 970. Chambéry 971. Chambéry 972. Chambéry 973. Chambéry 974. Chambéry 975. Chambéry 976. Chambéry 977. Chambéry 978. Chambéry 979. Chambéry 980. Chambéry 981. Chambéry 982. Chambéry 983. Chambéry 984. Chambéry 985. Chambéry 986. Chambéry 987. Chambéry 988. Chambéry 989. Chambéry 990. Chambéry 991. Chambéry 992. Chambéry 993. Chambéry 994. Chambéry 995. Chambéry 996. Chambéry 997. Chambéry 998. Chambéry 999. Chambéry 1000. Chambéry 1001. Chambéry 1002. Chambéry 1003. Chambéry 1004. Chambéry 1005. Chambéry 1006. Chambéry 1007. Chambéry 1008. Chambéry 1009. Chambéry 1010. Chambéry 1011. Chambéry 1012. Chambéry 1013. Chambéry 1014. Chambéry 1015. Chambéry 1016. Chambéry 1017. Chambéry 1018. Chambéry 1019. Chambéry 1020. Chambéry 1021. Chambéry 1022. Chambéry 1023. Chambéry 1024. Chambéry 1025. Chambéry 1026. Chambéry 1027. Chambéry 1028. Chambéry 1029. Chambéry 1030. Chambéry 1031. Chambéry 1032. Chambéry 1033. Chambéry 1034. Chambéry 1035. Chambéry 1036. Chambéry 1037. Chambéry 1038. Chambéry 1039. Chambéry 1040. Chambéry 1041. Chambéry 1042. Chambéry 1043. Chambéry 1044. Chambéry 1045. Chambéry 1046. Chambéry 1047. Chambéry 1048. Chambéry 1049. Chambéry 1050. Chambéry 1051. Chambéry 1052. Chambéry 1053. Chambéry 1054. Chambéry 1055. Chambéry 1056. Chambéry 1057. Chambéry 1058. Chambéry 1059. Chambéry 1060. Chambéry 1061. Chambéry 1062. Chambéry 1063. Chambéry 1064. Chambéry 1065. Chambéry 1066. Chambéry 1067. Chambéry 1068. Chambéry 1069. Chambéry 1070. Chambéry 1071. Chambéry 1072. Chambéry 1073. Chambéry 1074. Chambéry 1075. Chambéry 1076. Chambéry 1077. Chambéry 1078. Chambéry 1079. Chambéry 1080. Chambéry 1081. Chambéry 1082. Chambéry 1083. Chambéry 1084. Chambéry 1085. Chambéry 1086. Chambéry 1087. Chambéry 1088. Chambéry 1089. Chambéry 1090. Chambéry 1091. Chambéry 1092. Chambéry 1093. Chambéry 1094. Chambéry 1095. Chambéry 1096. Chambéry 1097. Chambéry 1098. Chambéry 1099. Chambéry 1100. Chambéry 1101. Chambéry 1102. Chambéry 1103. Chambéry 1104. Chambéry 1105. Chambéry 1106. Chambéry 1107. Chambéry 1108. Chambéry 1109. Chambéry 1110. Chambéry 1111. Chambéry 1112. Chambéry 1113. Chambéry 1114. Chambéry 1115. Chambéry

JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR

LES PLUS GROS POLLUEURS DE LA PLANÈTE

Depuis quelques années apparaissent des données de plus en plus précises qui permettent de dresser le bilan de santé de la planète et d'établir la responsabilité des différents pays. *Science & Vie* a recueilli ces chiffres auprès des experts mondiaux.

Chaque Chinois rejette dix fois moins de gaz carbonique qu'un Américain. Mais que deviendra l'atmosphère si la Chine, avec sa population qui atteint déjà 1,135 milliard d'individus, continue à développer son industrie ? Que ce soit pour juger de l'effet de serre, de l'appauvrissement de la couche d'ozone, de la diminution des ressources marines ou de la contamination des sols par les déchets toxiques, il faut disposer de données fiables. Différents organismes collectent, comparent ou élaborent tous ces chiffres à l'échelle de la planète. Il s'agit principalement du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), qui publie tous les deux ans, depuis 1987, un volumineux rapport permettant d'établir le bilan de santé de la Terre, pays par pays. Le World Resources Institute, institut de recherche indépendant basé à Washington, publie un document similaire, en collaboration d'ailleurs avec le PNUE, les années où le premier ouvrage ne paraît pas. Parallèlement, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) édite également tous les deux ans, depuis 1985, un recueil de statistiques concernant les vingt-quatre pays membres.

Peut-on se fier à tous ces chiffres ? Les données concernant l'environnement sont relativement jeunes, les statistiques internationales étant apparues au cours des années quatre-vingt ; ce qui explique les différences de définition ou de classification qui rendent parfois les comparaisons difficiles. Les experts estiment toutefois que certaines données sont relativement fiables. Ainsi, pour les émissions de gaz carbonique dues à la transformation d'énergie, la marge d'erreur ne dépasserait pas 5 ou 10 %, ces émissions étant calculées à partir des consommations des différents combustibles. Mais la gymnastique qui consiste à évaluer les quantités de gaz carbonique dues à la déforestation est un exercice plus périlleux et controversé. Seul le World Resources Institute s'y risque. Progressivement, toutefois, les méthodes d'évaluation s'affinent, les données s'harmonisent, permettant des comparaisons valables.

Jacqueline Denis-Lempereur

La mort des forêts

Les pluies acides, provoquées par les fumées toxiques, tuent les arbres, comme ici en Tchécoslovaquie.

(voir encadrés pages suivantes)





Qui obscurcit le ciel de toute la planète ?

Principal responsable de l'effet de serre, le dioxyde de carbone (CO_2), ou gaz carbonique, est relâché en grandes quantités par la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz). Ces rejets, qui ne cessent d'augmenter dans les pays industrialisés, mais également en Asie – notamment en Chine –, perturberaient le cycle naturel du carbone et pourraient entraîner une élévation de la température à l'échelle de la planète.

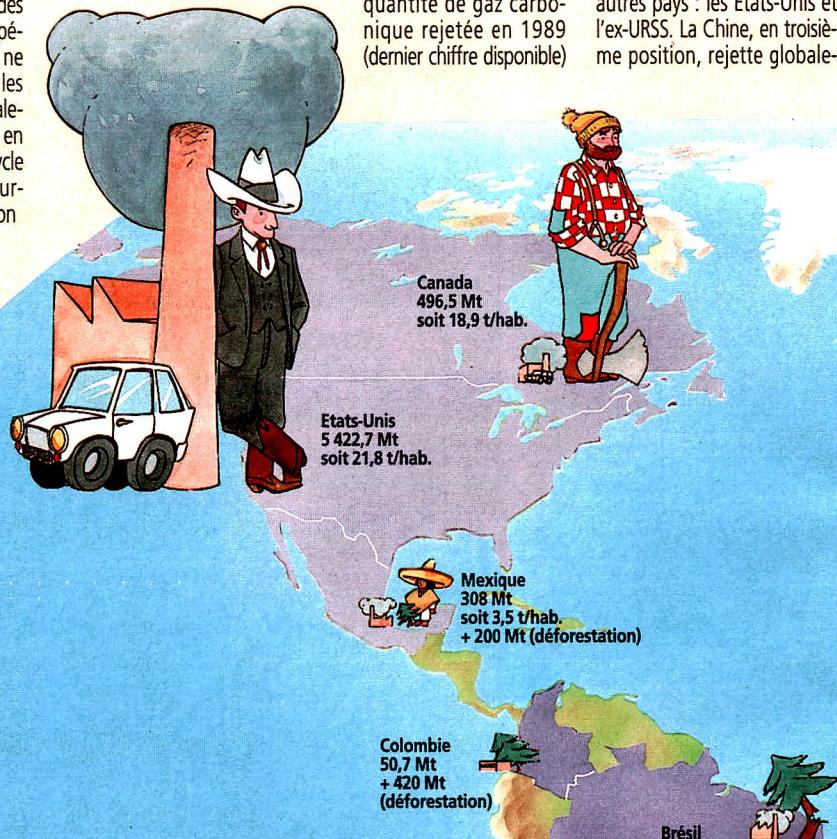
La teneur en gaz carbonique de l'atmo-

sphère s'est déjà accrue de 25 % par rapport à la période pré-industrielle (1750-1800). Si les émissions devaient se

poursuivre au rythme actuel, cette teneur doublerait dans moins de vingt ans.

Chaque nuage représente la quantité de gaz carbonique rejetée en 1989 (dernier chiffre disponible)

par la combustion des énergies fossiles. Principaux responsables de cette pollution globale, précédant de loin tous les autres pays : les Etats-Unis et l'ex-URSS. La Chine, en troisième position, rejette globale-



Emissions annuelles de gaz carbonique dues aux combustibles fossiles et à la déforestation (en millions de tonnes)

ment deux fois moins que les Etats-Unis, pour une population cinq fois plus importante.

Les personnages représentent

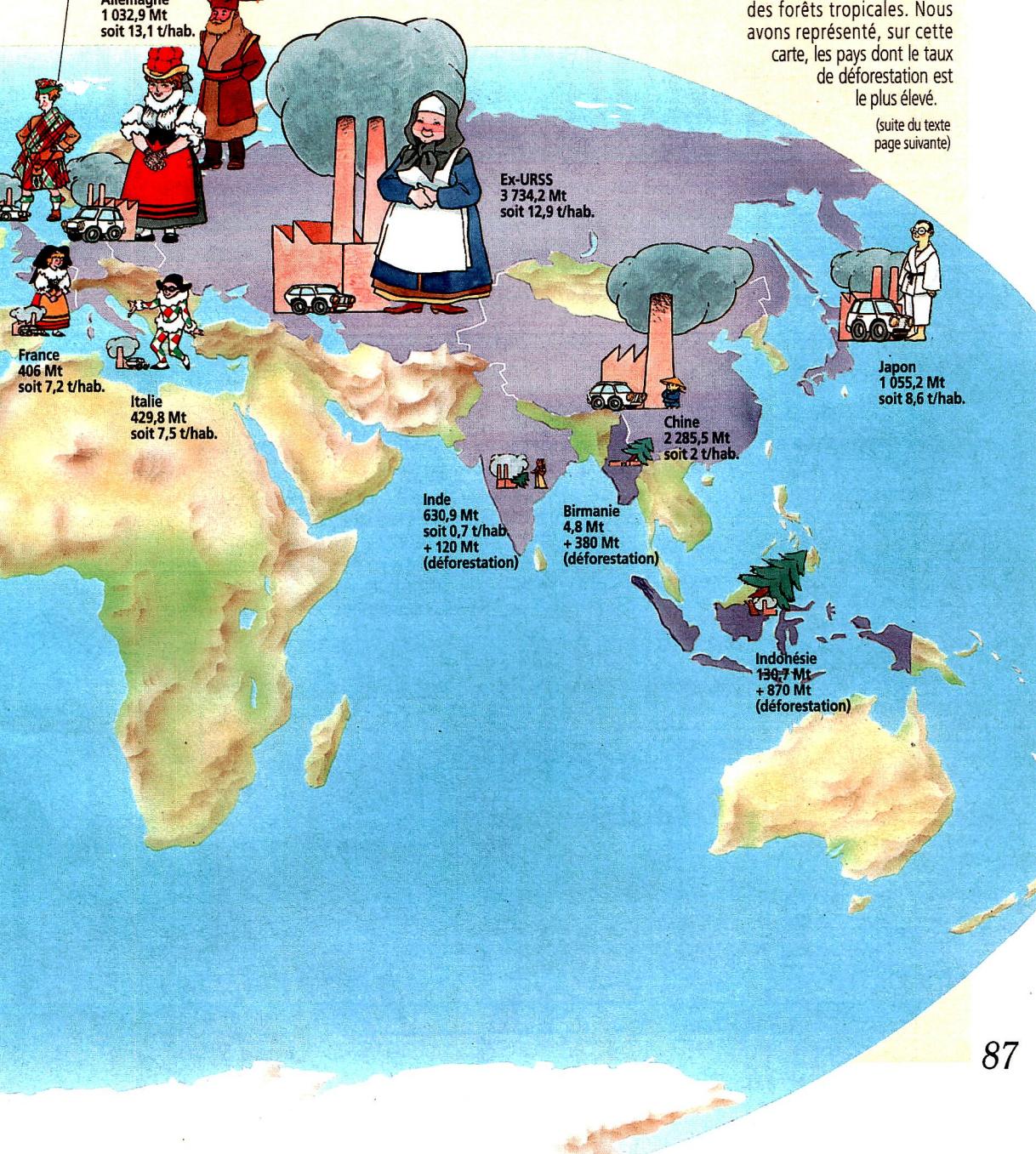
Royaume-Uni
600,9 Mt
soit 10,5 t/hab.

Allemagne
1 032,9 Mt
soit 13,1 t/hab.



France
406 Mt
soit 7,2 t/hab.

Italie
429,8 Mt
soit 7,5 t/hab.



la quantité de gaz carbonique rejetée annuellement par habitant à partir des combustibles fossiles. Nous avons également repré-

senté, sous forme d'une voiture, la part des transports dans ces émissions, ces chiffres n'étant toutefois disponibles que pour les pays de l'OCDE. Bien que le fait ne soit pas souvent souligné, les véhicules représentent une

source importante de gaz carbonique : environ 25 % pour les pays industrialisés.

Si 75 % des émissions de gaz carbonique sont dus à la combustion des énergies fossiles, 25 % résultent de la destruction des forêts tropicales. Nous avons représenté, sur cette carte, les pays dont le taux de déforestation est le plus élevé.

(suite du texte page suivante)

Qui obscurcit le ciel ? (suite)

D'autres gaz contribuent, avec le gaz carbonique, à l'effet de serre (**voir tableau ci-dessous**). Ce sont principalement le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux ou protoxyde d'azote (N_2O), les chlorofluorocarbones (CFC) et, dans une moindre mesure, le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO_x) et les composés organiques volatils (COV). Emis en moindre quantité que le gaz carbonique, ces composés ont toutefois un rôle qui n'est pas négligeable, puisqu'ils contribuent environ à 50 % de l'effet de serre additionnel. Leur coefficient d'absorption du rayonnement infrarouge est en effet supérieur. Ainsi, pour un même volume émis, le méthane possède un pouvoir de réchauffement 32 fois supérieur à celui du

PAYS	ÉMISSIONS* DE GAZ CARBONIQUE			ÉMISSIONS* DE MÉTHANE	ÉMISSIONS* DE CFC
	Combustibles fossiles		Cimenteries		
	Total	Part des transports	Déforestation		
MONDE	22922	—	55,7	6400	270
ETATS-UNIS	5 422,7	26,5%	34,9	22	37
Ex-URSS	3 743,2	—	69,7	—	34
CHINE	2 285,5	—	103,1	—	40
JAPON	1 055,2	19,5%	40,5	—	4,1
BRÉSIL	194,5	—	12,5	950	8,8
INDONÉSIE	130,7	—	7	870	6,5
INDE	630,9	—	21	120	36
ALLEMAGNE	1 032,9	15,9%	13,2	—	3,7
ROYAUME-UNI	600,9	22,2%	7	—	3,9
CANADA	496,5	25,2%	5,9	—	4,1
POLOGNE	433,5	—	7,5	—	2,5
COLOMBIE	50,7	—	3,1	420	1,5
ITALIE	429,8	23,1	18,2	—	2
FRANCE	406	29,9%	12	—	2,6
MEXIQUE	308	—	11,7	200	2,3

(*) en millions de tonnes

(**) en tonnes

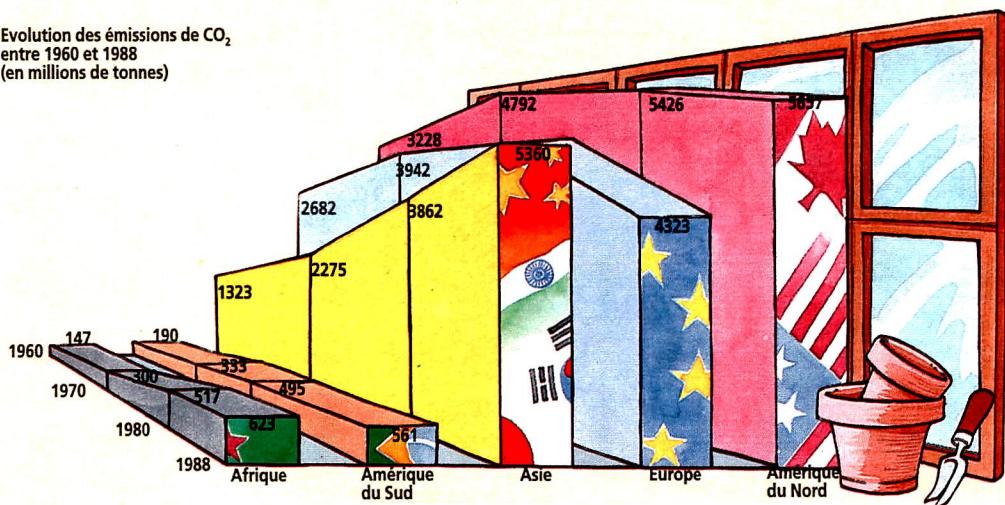
GAZ	GAZ CARBONIQUE (CO_2)	CFC	METHANE (CH_4)	OXYDE NITREUX (N_2O)	AUTRES	TOTAL
PROVENANCE						
Energie	35 %	—	4 %	4 %	6 %	49 %
Déforestation	10 %	—	4 %	—	—	14 %
Agriculture	3 %	—	8 %	2 %	—	13 %
Industrie	2 %	20 %	—	—	2 %	24 %
Contribution au réchauffement	50 %	20 %	16 %	6 %	8 %	100 %

gaz carbonique, l'oxyde nitreux 160 fois supérieur et les CFC plus de... 10 000 fois. Noter que les émissions de méthane ont tendance à augmenter fortement, tandis que celles de CFC sont en baisse, en raison des mesures prises pour remplacer ceux-ci par d'autres produits.

Le dessin ci-dessous montre

que les pays d'Asie, malgré leurs faibles consommations d'énergie par habitant, mais en raison de l'importance de leur population – plus de 3 milliards d'individus – sont sur le point de rattraper les pays industrialisés les plus "énergivores". Demain, avec leur démographie galopante, ils les dépasseront.

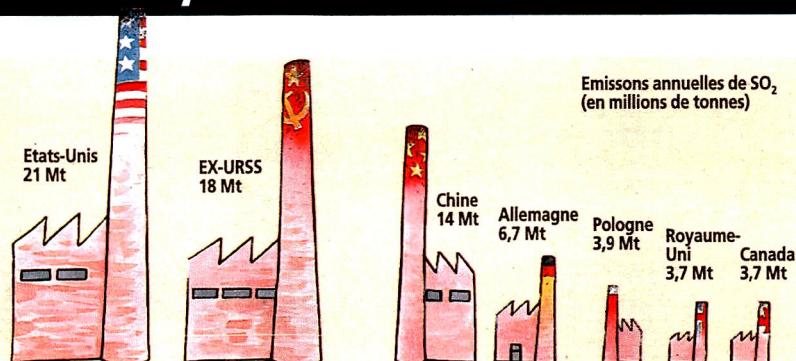
Evolution des émissions de CO_2 entre 1960 et 1988 (en millions de tonnes)



Qui pollue l'atmosphère ?

Les oxydes de soufre, en particulier le dioxyde de soufre (SO_2), et les oxydes d'azote, notamment le dioxyde d'azote (NO_2), figurent parmi les principaux polluants atmosphériques. Recrachés principalement par les cheminées d'usines, pour les premiers, et par les pots d'échappement des véhicules, pour les seconds, ils sont responsables de pathologies respiratoires dans de nombreuses grandes villes. Sont représentées ici les émissions annuelles de ces deux gaz pour les pays les plus pollueurs.

Les concentrations de dioxyde de soufre ont fortement diminué dans les pays industrialisés, l'application des normes rendant nécessaire l'épuration des fumées et



l'utilisation de combustibles moins riches en soufre. En revanche, les émissions de ce gaz augmentent dans les pays en voie de développement.

En ce qui concerne le dioxyde d'azote, les émissions ne sont pas près de baisser, étant donné l'augmentation continue du nombre de véhicules (voitures et camions) dans le monde. Au cours des

vingt dernières années, ce nombre s'est accrus d'environ 70 % en Amérique du Nord, de 100 % en Europe et de 200 % au Japon.

Sont représentés sur le dessin ci-dessous, en bas, le nombre de véhicules pour les pays qui possèdent le plus grand parc, ainsi que la taille de la population, pour donner une idée du nombre de véhicules par personne. Ainsi, aux Etats-Unis, il y a presque un véhicule par personne ; en France, un véhicule pour deux personnes ; et dans l'ex-URSS, un véhicule pour treize. En Chine, on compte un véhicule pour... 224 habitants.

On remarquera la part importante réservée en France au transport routier pour les marchandises, si l'on en juge par le nombre de camions, qui représentent 18 % du parc, alors que pour l'Allemagne, ils ne représentent que 6,3 %. Des "records" largement battus par le Japon : 37,7 %.

Or, les véhicules à moteur diesel, qui émettent généralement moins de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures que ceux fonctionnant à l'essence, rejettent de 30 à 50 fois plus de particules. Celles-ci contiennent des centaines de composés organiques, dont plusieurs sont cancérogènes.

Emissions annuelles de NO_2 (en millions de tonnes)



Etats-Unis
187,1 millions de véhicules
dont 44,1 millions de camions

248,8 millions d'habitants

Japon
58,9 millions de véhicules
dont 22,2 millions de camions

123,1 millions d'hab.

Allemagne
36,3 millions de véhicules
dont 2,3 millions de camions

78,7 millions d'hab.

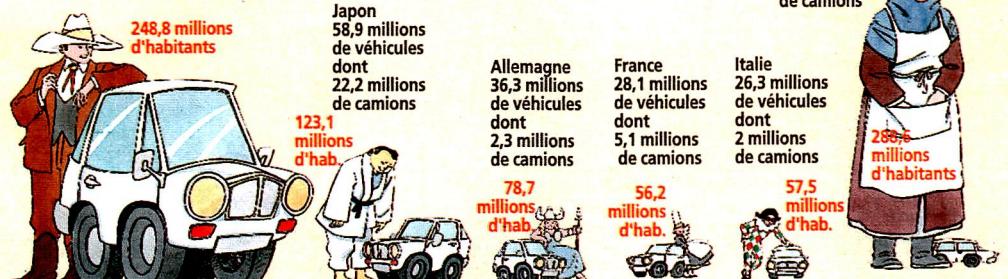
France
28,1 millions de véhicules
dont 5,1 millions de camions

56,2 millions d'hab.

Italie
26,3 millions de véhicules
dont 2 millions de camions

57,5 millions d'hab.

Ex-URSS
22 millions de véhicules
dont 9,4 millions de camions



Qui détruit la couche d'ozone depuis plus de

Filtre naturel qui absorbe les rayons ultraviolets de faible longueur d'onde dangereux pour les organismes vivants, la fine couche d'ozone stratosphérique semble attaquée par des composés chimiques à base de chlore, et notamment par les chlorofluorocarbones (CFC), qui



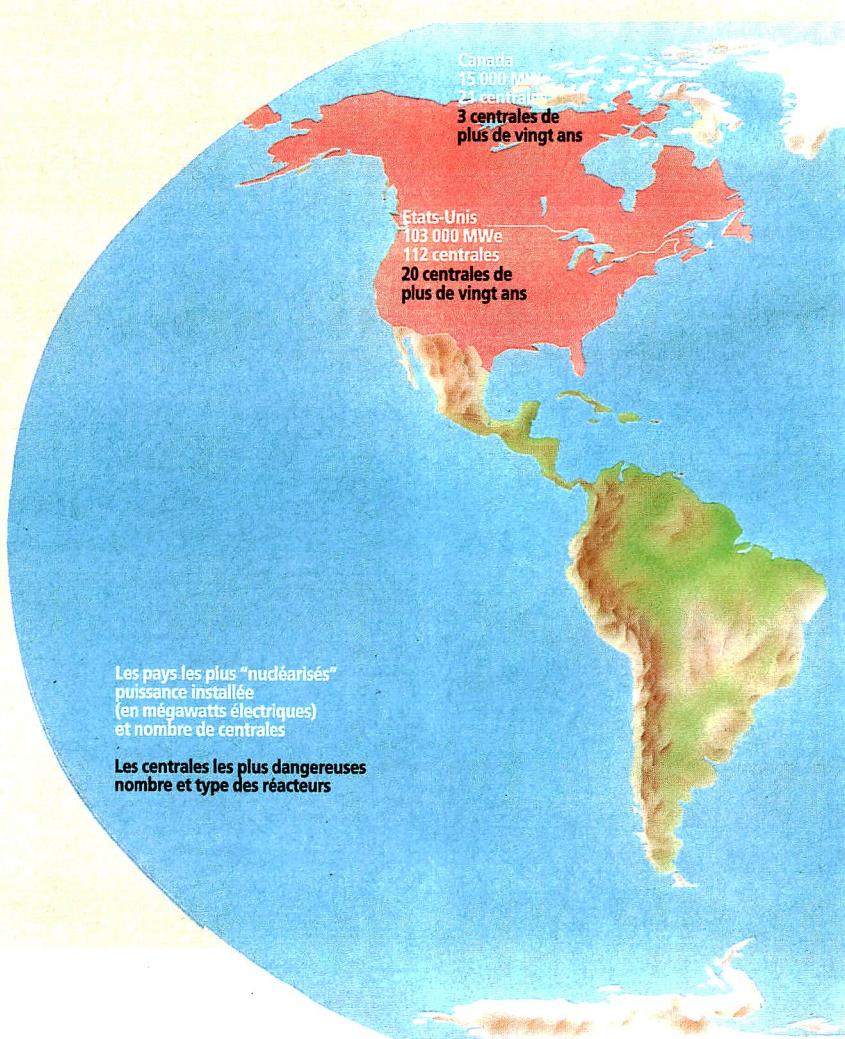
Où se situent les risques d'accident nucléaire ?

Comme on l'a vu pour Tchernobyl, en cas d'accident majeur, les retombées radioactives toucheraient des pays dont certains n'utilisent pas l'énergie nucléaire. Nous avons indiqué le nombre de centrales et la puissance installée, en mégawatts électriques, pour les pays les plus "nucléarisés".

Avec 56 réacteurs sur 550 000 km², la France est de loin le premier de ces pays. Les Etats-Unis comptent 2 fois plus de centrales, pour une population 4 fois plus nombreuse et une superficie 17 fois plus grande.

Figurent également sur cette carte le nombre de réacteurs jugés dangereux. Deux critères ont été retenus pour cela : la filière utilisée et la vétusté (plus de vingt ans d'âge).

Nous avons considéré comme présentant des risques les réacteurs RMBK-1000, de même type que Tchernobyl, sans enceinte de confinement qui retiendrait les radioéléments en cas de fusion du cœur, et les VVER-400, de même type que les deux réacteurs bulgares de Koslodouï dont l'état inquiète tous les pays voisins.



trente ans ?

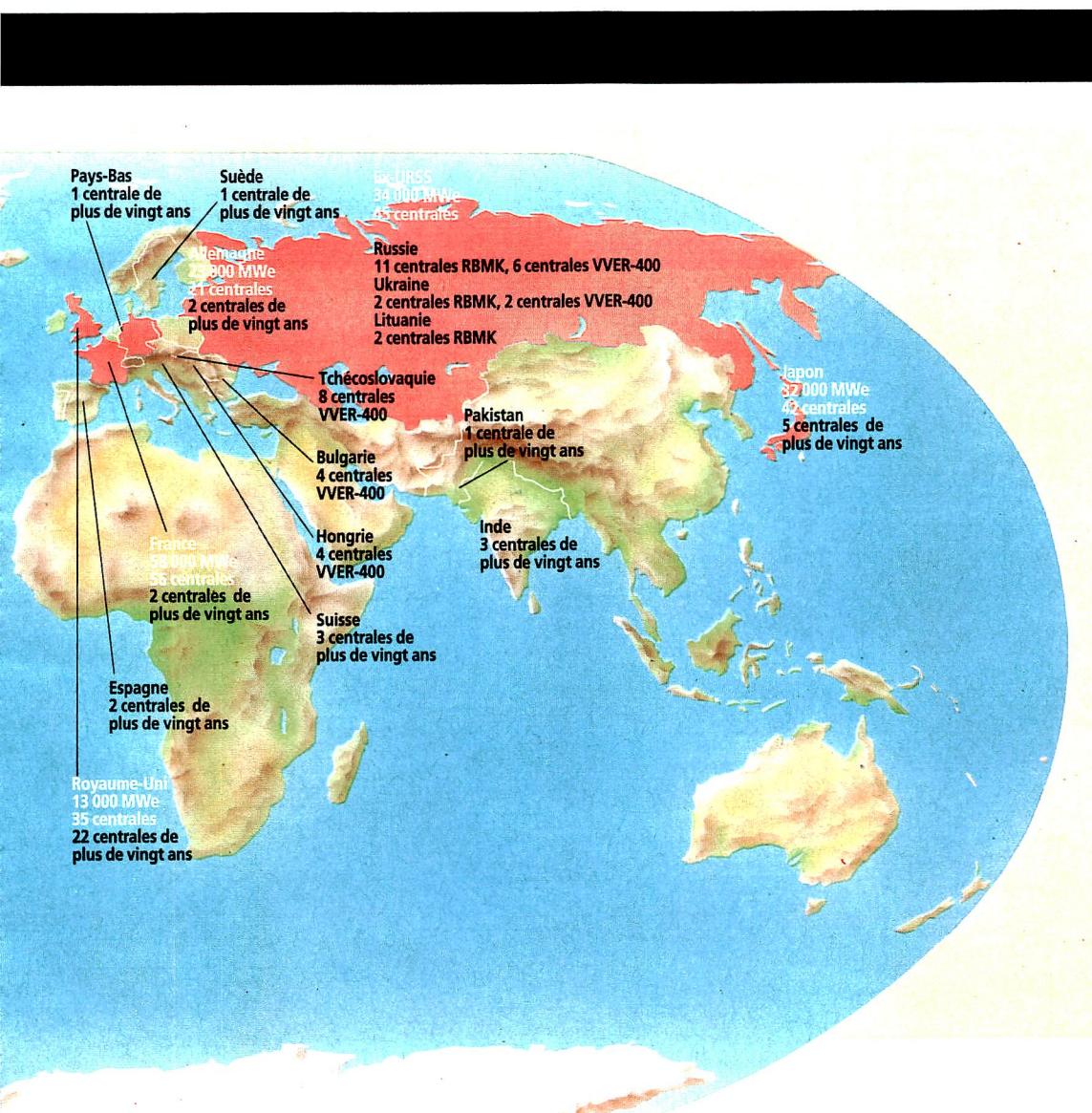
n'existent pas à l'état naturel. C'est surtout au-dessus de l'Antarctique que son appauvrissement se manifeste ; il est maximal au moment du printemps austral, de septembre à octobre. Mais des analyses récentes montrent que des réductions statistiquement significatives sont également

observées à d'autres latitudes. Des mesures ont déjà été prises dans certains pays pour réduire ou interdire l'emploi des CFC, et des accords internationaux issus du protocole de Montréal de 1987 visent leur élimination en 2001. Mais certaines des molécules déjà relâchées ont une durée de vie

de plus de cent ans, et continueront longtemps leur lent travail de dégradation.

Sur le **dessin ci-contre**, les bombes aérosols représentent la quantité de CFC relâchée en 1989 par les huit plus gros pays émetteurs. Les Etats-Unis, le Japon et l'ex-URSS sont les principaux respon-

sables. A noter que les bombes aérosols, dans la réalité, ne représentent plus qu'une fraction négligeable des émissions de CFC. L'essentiel de ces rejets provient des systèmes de réfrigération et de la fabrication de mousse industrielles (panneaux d'isolation, sièges de voiture...).



Qui épuise les ressources naturelles des continents ?

Les forêts couvrent 3,5 milliards d'hectares, dont la moitié dans les régions tropicales. Leur intérêt écologique est primordial. Outre le fait qu'elles abritent de nombreuses espèces végétales et animales, elles protègent et stabilisent les sols et régularisent le cycle hydrologique.

Pour plus de 2 milliards d'individus, le bois est le principal combustible pour se chauffer et cuire les aliments. Mais on l'utilise aussi à des fins industrielles. D'ores et déjà, 579 millions d'hectares de forêts ont été détruits, dont 298 millions en Asie.

Or, l'OCDE estime à 315 milliards de m³ les réserves mondiales de bois des forêts. Le renouvellement annuel de ces réserves est évalué à 6 milliards de m³. Si la consommation annuelle dépasse ce chiffre, les réserves finiront par s'épuiser. En 1988, elle atteignait presque 3 milliards de m³ de bois, dont la moitié utilisé comme combustible et l'autre moitié par l'industrie. Locale-

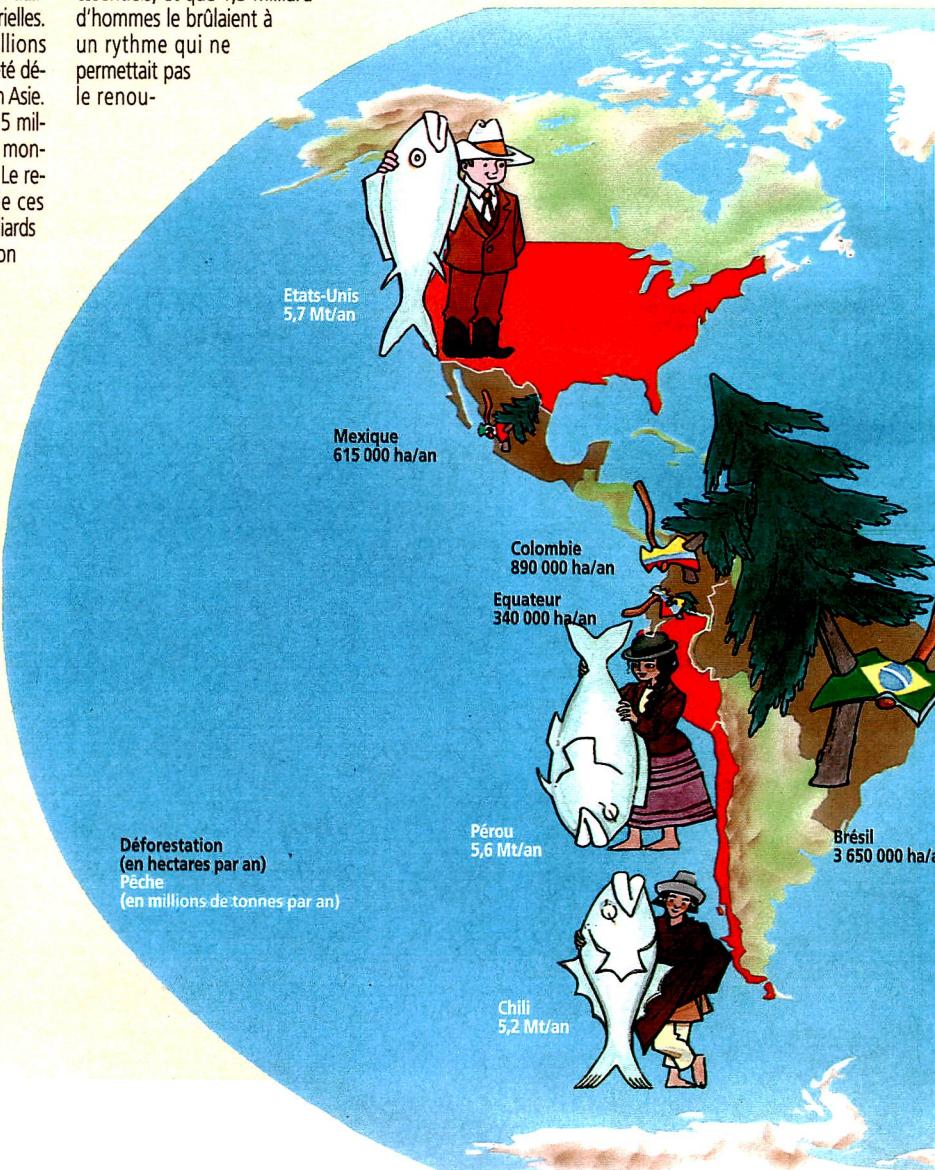
ment, le problème se pose tout à fait différemment. C'est en Amérique du Sud et en Asie que les dégâts sont les plus importants, mais certains pays d'Afrique sont également touchés.

La carte représente la déforestation annuelle en hectares pour les pays où elle est la plus intensive. En 1980, on estimait que 100 millions d'individus ne disposaient déjà plus de suffisamment de bois pour leurs besoins essentiels, et que 1,3 milliard d'hommes le brûlaient à un rythme qui ne permettait pas le renou-

vellement de la ressource. Demain, ce sera pire ! Selon la Food and Agriculture Organization (FAO), en l'an 2000, ils seront 2,4 milliards à ne plus pouvoir satisfaire leurs besoins en énergie et à couper plus de bois qu'il ne s'en reconstituerait. Le point d'équilibre, déjà dépassé actuellement dans certaines régions, sera alors franchi à l'échelle mondiale puisque le

déficit pourrait atteindre 960 millions de m³.

Ce processus infernal, entraîné par la démographie galopante, ne pourrait être freiné que par des mesures très strictes de reboisement. Hélas, hormis dans les forêts septentrionales où l'on exploite le bois, on ne reboise guère. Au Brésil, par exemple, champion toutes catégories de la déforestation, et où disparaît



nents et des océans ?

chaque année l'équivalent de la superficie d'un pays comme la Belgique, on ne replante que le huitième de ce que l'on détruit.

Les prises mondiales de poissons de mer et d'eau douce, ainsi que de crustacés et de mollusques, sont passées de 69 millions de tonnes au milieu des années soixante-dix, à 95 millions de tonnes à la fin des années quatre-vingt. Pour

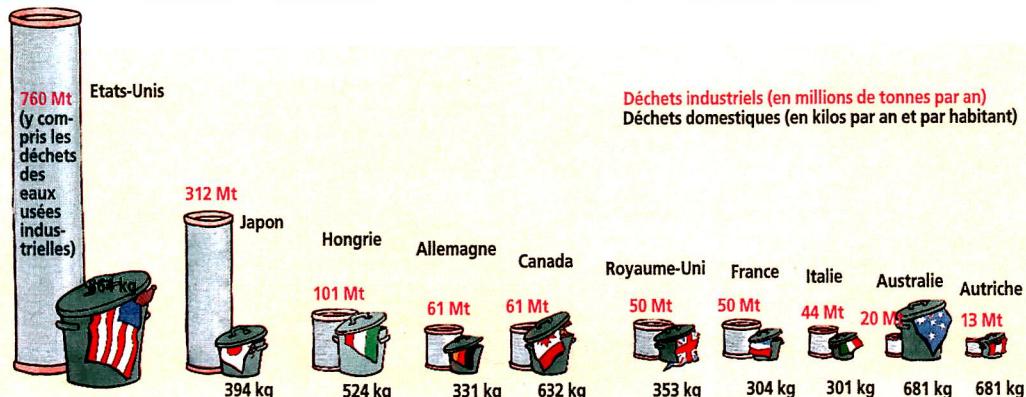
éviter d'appauvrir les peuplements de poissons, la FAO estime que les prises mondiales annuelles dans la mer ne devraient pas dépasser 100 millions de tonnes. En 1988, on en

était déjà à plus de 82 millions ! Cette surexploitation a conduit, notamment dans l'Atlantique du Nord-Est, à instaurer des quotas de pêche pour que les stocks puissent se reconstituer. Nous n'avons représenté sur la carte que les dix pays qui prélevent le plus, mais il y en a bien d'autres dont la vocation est affirmée dans ce domaine, comme les Philip-

pines, la Norvège, le Danemark, l'Islande et l'Espagne, qui sont responsables de prises variant entre 1,5 million et 2 millions de tonnes, la France approchant le million de tonnes. La Chine et l'Inde présentent une particularité, puisque les prises de poissons d'eau douce, marginales pour la plupart des autres pays, y représentent presque la moitié des captures.



Qui contamine les sols ?



LES DÉCHETS BALADEURS

	Production de déchets dangereux (en Mt)	Exportation de déchets dangereux (en t)	(en %)
Ex-Allemagne fédérale	14,2	805 400	5,7
Pays-Bas	1,5	188 000	12,5
Etats-Unis	238	127 000	0,05
Suisse	0,4	108 000	27
Canada	3,3	101 000	3,1
Autriche	0,4	87 000	21,7
Finlande	0,2	65 000	32,5
France	3,0	45 000	1,5
Suède	0,5	30 200	6
Irlande	0,02	14 000	70
Danemark	0,1	9 000	9
Norvège	0,2	8 000	4
Italie	3,6	3 000	0,08
Australie	0,3	300	0,1
Espagne	1,7	100	0,006
Japon	0,7	40	0,006

La part des déchets industriels les plus toxiques est évaluée, à l'échelon mondial, à 338 millions de tonnes par an. Mais certains pays font plus d'efforts que d'autres pour la diminuer : le Japon, grâce à un programme draconien, les a réduits à 660 000 t, alors qu'il est le deuxième producteur mondial de déchets industriels.

Certains pays exportent leurs déchets toxiques (*voir tableau ci-contre*). Ainsi, l'ex-RFA, qui en produit environ 5 millions de tonnes par an, s'est débarrassée de 3 millions de tonnes entre 1986 et 1988 – sans doute en Allemagne de l'Est, mais aussi en France, qui en produit 3 millions de tonnes par an et en ac-

cueille... 250 000 tonnes !

Les déchets domestiques sont représentés ici en tonnage annuel par habitant. On reconnaît l'influence de l'*american way of life*, que l'on trouve aussi en Australie et au Canada. A en juger d'après ses ordures, un Américain consomme au moins deux fois plus qu'un Européen ou un Japonais. Les chiffres donnés pour la Hongrie sont surprenants : son industrie chimique est certes très développée, mais l'importance donnée aux déchets domestiques semble exagérée. A noter toutefois que, dans l'ex-Allemagne de l'Est, le volume des déchets domestiques a quasiment doublé après la réunification.

... et les eaux ?

L'usage des engrains a augmenté de près de 250 % au cours des vingt dernières années ! Cet accroissement a été beaucoup plus élevé dans les pays en voie de développement, mais ce sont les pays industrialisés qui en utilisent toujours le plus, comme le montre le *graphique ci-contre*, qui représente le nombre de kilos ré-

pandus par hectare cultivé. Or, la moitié seulement des engrains sont utilisés par les plantes, le reste étant emporté jusqu'aux cours d'eau, ou jusqu'aux nappes d'eau souterraines.

Quant aux pesticides, il s'en vendait pour 7,7 millions de dollars en 1972, pour près de 16 milliards en 1985 et pour 25 milliards en 1990, dont

plus des trois quarts dans les pays industrialisés. Or, plus de 90 % des quantités utilisées

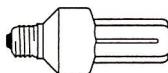
n'atteindraient pas les parasites visés, mais contamineraient les écosystèmes.



Thermographie d'une lampe à incandescence de 75W. L'ampoule peut atteindre 220°C.

JETER L'ÉNERGIE, ÇA VOUS LAISSE FROID?

Thermographie d'une DULUX® EL de 15W. Elle dissipe 5 fois moins de chaleur – et donc d'énergie. Le verre ne dépasse pas 70°C.



Ici, vous pouvez vous faire une vraie idée de votre vieille ampoule. En rouge et en jaune, l'énergie gaspillée en chaleur. C'est clair, l'ampoule à incandescence (en haut) perd en chaleur 95% de l'énergie qu'elle consomme. Au contraire, la DULUX® EL (en bas) – la lampe fluocompacte électronique d'OSRAM – dissipe 5 fois moins de chaleur et d'énergie, pour la même lumière¹. Et dure 8 fois plus longtemps. Ce qui, au total, lui permet d'économiser jusqu'à 284 FF d'électricité². Largement de quoi rembourser son prix, payer la suivante, et faire de vous un chaud partisan de la DULUX® EL. Non?

Toute la lumière OSRAM

1) DULUX® EL 5, 7, 11, 15, 20 et 23W au lieu de 25, 40, 60, 75, 100 et 120W. Supporte 500000 allumages. Ne fonctionne pas sur gradateur. 2) Détail du calcul sur demande.

PAR MARC MENNESSIER

VAISON : UN TORRENT DE NÉGLIGENCES

Les conditions météorologiques n'expliquent pas tout. La vague meurtrière qui a déferlé sur Vaison-la-Romaine le 22 septembre dernier a été provoquée par la rupture soudaine et quasi simultanée de plusieurs ponts obturés par des arbres et des matériaux charriés par la crue des affluents de l'Ouvèze. Exactement comme si un barrage avait cédé en amont de la ville !

Responsables : le manque total d'entretien des lits des cours d'eau, transformés en dépotoirs, l'érosion intense due à l'extension des vignobles et, enfin, une occupation des sols et une politique d'urbanisme insensées.

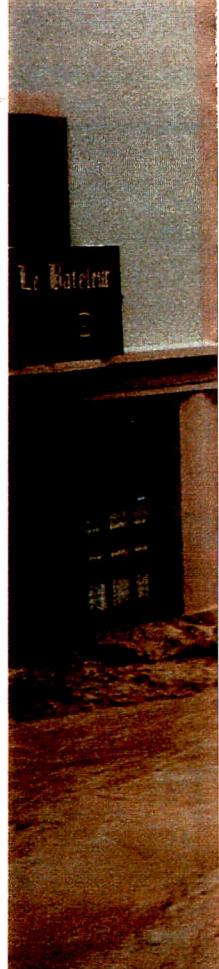
A chaque fois que survient un cataclysme météorologique, les hommes font preuve d'une étrange amnésie. A les entendre, le ciel leur est littéralement tombé sur la tête. Et, bien sûr, c'est toujours la première fois que cela leur arrive ! Les graves inondations qui ont touché le Sud-Est de la France dans la journée du 22 septembre dernier n'ont pas échappé aux commentaires et aux superlatifs que l'on entend régulièrement en pareilles circonstances : «Un déluge sans précédent», «des précipitations record», «de mémoire d'homme, on n'avait jamais connu ça», etc.

Pourtant, les météorologues sont formels : certes, avec plus de 200 millimètres d'eau (200 litres par m²) en quatre heures sur un territoire d'environ 200 km², les pluies qui se sont abattues sur le Vaucluse étaient très intenses. Mais elles n'étaient pas pour autant exceptionnelles (*voir encadré p. 102*). Elles ne peuvent en tout cas expliquer à elles seules le lourd bilan de la catastrophe : 37 morts et 5 disparus dans le département du Vaucluse, dont 32 morts pour la seule ville de Vaison-la-Romaine ravagée par la crue dévastatrice de l'Ouvèze et 1 mort dans le département de

la Drôme, selon les derniers chiffres officiels.

En fait, on sait maintenant avec une quasi-certitude que le monstrueux torrent d'eau boueuse qui a déferlé sur la petite cité provençale a été provoqué par l'effondrement brutal et pratiquement simultané de plusieurs ponts (nous en avons dénombré au moins cinq - *voir carte p. 101*) situés sur de petits affluents qui se jettent dans l'Ouvèze en amont de la ville. «En clair, tout s'est passé comme si Vaison-la-Romaine avait été victime de la rupture soudaine d'un barrage», déclare Francis Poulallion, chef de la division hydrologie au sein de la direction régionale de l'Environnement (DIREN) à Aix-en-Provence. Selon cet expert, ce drame rappelle, à une moindre échelle, la catastrophe qui avait fait 423 morts dans la région de Fréjus (Var), le 2 décembre 1959, à la suite de la rupture du barrage de Malpasset.

Deux éléments militent en faveur de cette thèse. D'abord le récit de nombreux témoins, et en particulier de touristes installés au bord de l'Ouvèze, sur le camping "A cœur joie", à l'entrée est de la ville. Après avoir eu dans un premier temps les pieds dans l'eau jusqu'aux chevilles, ils ont vu un énorme





torrent de boue dévaler le cours de la rivière en un éclair, soulevant et détruisant tout sur son passage.

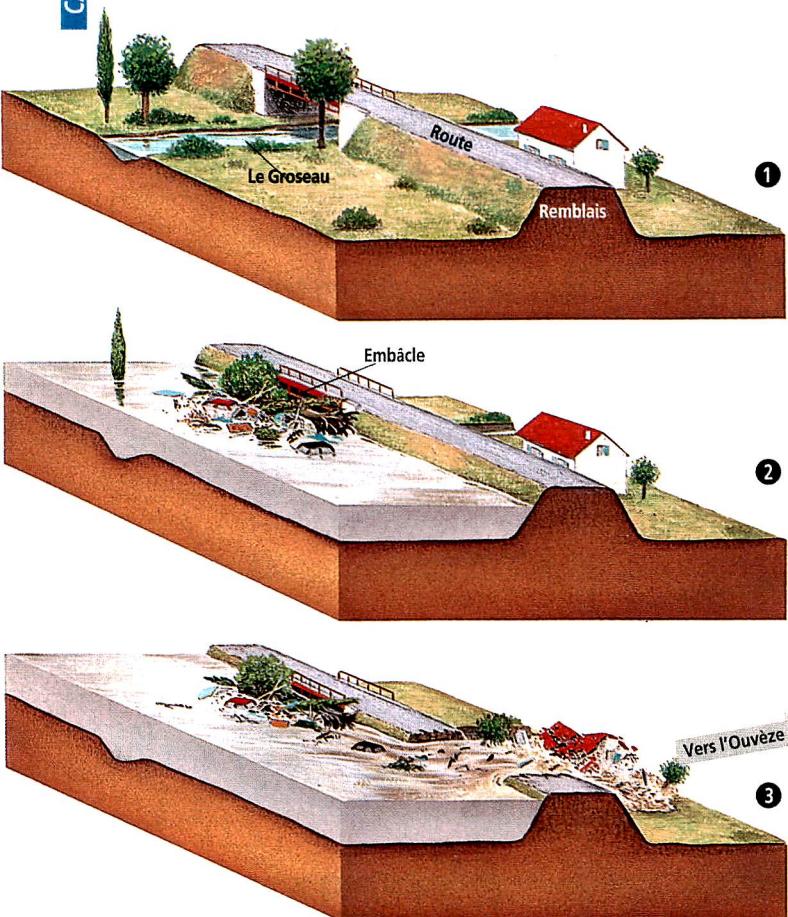
Ensuite, des phénomènes dits d'"embâcle-débâcle" se sont produits sur plusieurs affluents de l'Ouvèze, en particulier sur le Groseau, un petit ruisseau qui prend sa source aux environs de Maiaucène et au-dessus duquel les précipitations les plus importantes ont été enregistrées, avec plus de 300 mm d'eau (voir carte p. 101). Grossis par

Un mur de boue a balayé la ville

Dernier bilan de la catastrophe : 37 morts et 5 disparus dans le Vaucluse, dont 32 morts à Vaison-la-Romaine. La nature ou la fatalité ne suffisent pas à expliquer la violence meurtrière de la dernière crue de l'Ouvèze : les modes de vie actuels sont également responsables.

les pluies diluviales, ces cours d'eau au débit d'ordinaire insignifiant ont arraché et emporté avec eux d'énormes quantités de terre, des arbres et des détritus de toute sorte : vieilles carcasses de voitures, gravats, rubans de plastique utilisés pour le paillage des cultures, etc.

Arrivés sur le premier obstacle venu, généralement un pont, ces matériaux solides se sont déposés et ont formé un "embâcle", c'est-à-dire un gros bouchon qui a temporairement bloqué l'écoulement normal de l'eau. Résultat, le niveau de cette dernière a monté, souvent de plusieurs mètres, jusqu'à ce que la charge soit suffisante pour que se produise la "débâcle" : sous la poussée, ces barrages improvisés ont cédé, libérant d'un seul coup des quantités d'eau et une énergie phénoménale !



Le film de la catastrophe. A seulement trois kilomètres en amont de Vaison-la-Romaine, un énorme embâcle s'est constitué sur le pont qui enjambe le Groseau à hauteur de la mairie de Crestet (voir dessins ci-dessus), après la chute d'un gros peuplier qui s'est mis en travers de l'ouvrage. A cet endroit, la route passe sur un remblais d'environ trois mètres de haut (il s'agit en fait de l'ancienne voie ferrée qui reliait Orange à Buis-les-Baronnies) qui traverse la vallée du Groseau de part en part. Une fois l'arche du pont entièrement bouchée par les dépôts de matériaux solides agglutinés autour du vieux peuplier, le niveau de l'eau s'est élevé jusqu'à ce que le remblais qui faisait office de digue (mais qui n'en avait pas la solidité) cède brutalement sur une largeur d'au moins 30 m !

A cet instant, selon un témoin, une vague colossale s'est échappée de la brèche ainsi ouverte, coupant littéralement en deux la maison qui se trouvait sur sa trajectoire juste en contrebas du pont. Une mère et sa fille qui s'étaient réfugiés sur le toit ont été

Le barrage lâche...

① Le Groseau, petit affluent de l'Ouvèze, s'écoule d'ordinaire en un mince filet d'eau.

② Le 22 septembre, un gros arbre s'est couché en travers du pont qui l'enjambe à hauteur de la commune de Crestet, formant un bouchon, ou "embâcle", qui a bloqué l'écoulement de l'eau.

③ Le niveau de l'eau s'est élevé derrière le remblais de la route jusqu'à ce que ce barrage improvisé cède – c'est la "débâcle" –, libérant d'un seul coup une vague gigantesque qui a déferlé sur Vaison, distante de seulement 3 km.

emportées par le flot mais miraculeusement repêchées quelques dizaines de mètres plus loin. Poursuivant sa course folle vers l'Ouvèze distante d'à peine un kilomètre à vol d'oiseau, le Groseau a creusé, juste avant de se jeter dans la rivière déjà en crue elle aussi, une gigantesque tranchée de 40 m de large et de 4 m de profondeur (voir photos ci-contre) avant d'aller semer la panique et la mort sur Vaison-la-Romaine toute proche !

Pour bien comprendre l'énormité de la chose, il faut préciser que, par le passé, les hommes avaient rectifié le cours du Groseau à angle droit juste avant qu'il ne se jette dans

l'Ouvèze, le transformant en un paisible canal d'irrigation bordé de joncs. Ce dernier longeait le cours de la rivière avant de la rejoindre deux kilomètres en aval, et ne mesurait en tout et pour tout que 1,50 m de large ! En fait, le Groseau n'a fait que reformer son confluent naturel avec l'Ouvèze en réoccupant d'un seul coup – et avec quelle force ! – toute la surface de son lit majeur. Il faut toujours se méfier de l'eau qui dort...

Le Groseau n'a pas été le seul ruisseau à sortir de ses gonds en cette terrible après-midi du 22 septembre 1992. Entre Vaison-la-Romaine et Mollans-sur-Ouvèze, c'est-à-dire sur l'ensemble de la zone où les précipitations ont été supérieures à 200 mm, tous les affluents de l'Ouvèze ont connu des débits de fréquence centennale (qui ne se renouvellent en moyenne que tous les cent ans). Le Gournier et la Buissière, deux petits torrents qui, en temps normal sont à sec une bonne partie de l'année, ont chacun emporté un pont : le premier au droit d'Entrechaux sur la D 151 et le second sur la D 46 entre

Faucon et Mollans-sur-Ouvèze (voir carte p. 101).

Deux autres ponts ont également été gravement endommagés, l'un à l'entrée est de Vaison-la-Romaine, sur un cours d'eau d'ordinaire si insignifiant que son nom ne figure même pas sur la carte IGN au 1/50 000, et l'autre sur le Lauzon, juste au-dessous de Saint-Romain-en-Viennois. Par ailleurs, un énorme embâcle d'une dizaine de mètres de haut s'est formé devant un autre pont situé entre cette commune et Puymérás. Et la liste n'est sûrement pas exhaustive...

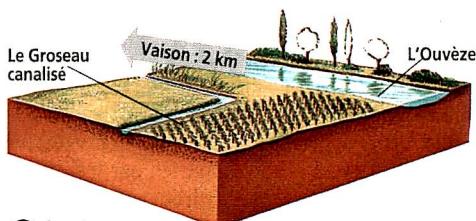
«Le drame, c'est qu'au lieu d'être décalées dans le temps, toutes ces crues ont convergé à peu près au même moment sur Vaison-la-Romaine. Si bien qu'à quelques centaines de mètres en aval du fameux pont romain, l'Ouvèze a atteint un débit exceptionnel de 650 m³ par seconde, un événement dont la période de retour est plus que centennale, explique Francis Poullalion déjà cité. Là-dessus, les phénomènes d'embâcle-débâcle, en libérant d'un seul coup d'énormes volumes d'eau et de boue lancés à des vitesses inouïes, ont eu des effets dévastateurs.»

Pour autant, ce n'est pas la première fois dans son

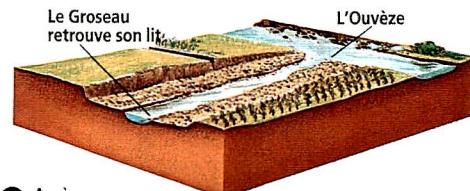
histoire que Vaison-la-Romaine est victime d'inondations spectaculaires. Construite de part et d'autre d'un goulet d'étranglement à l'aval immédiat du massif des Baronnies et du mont Ventoux, la ville est naturellement exposée à ce genre de risque. Pour ne rien arranger, l'Ouvèze est, malgré ses airs nonchalance, une rivière au tempérament fougueux.

Dans un ouvrage paru en 1925 (!), Maurice Pardé, géographe et hydrologue à l'université de Lyon, parle déjà de ses «crues violentes». L'auteur révèle ainsi qu'à deux reprises, en octobre 1886 et en novembre 1907, des débits maximaux compris entre 800 et 1 000 m³/s ont été enregistrés sur l'Ouvèze au niveau de son confluent avec le Rhône. Soit des valeurs comparables à celles mesurées au même endroit le 22 septembre dernier, notamment à hauteur de Bédarrides, ville gravement sinistrée elle aussi par les inondations... Mais les deux crues citées par Pardé ne firent apparemment aucune victime humaine, car l'auteur n'y fait pas allusion. Enfin, le parapet du pont ro-

(1) *Le Régime du Rhône - 2^e partie : la genèse des crues*, Maurice Pardé, université de Lyon, Institut des études rhodaniennes.



5 Avant



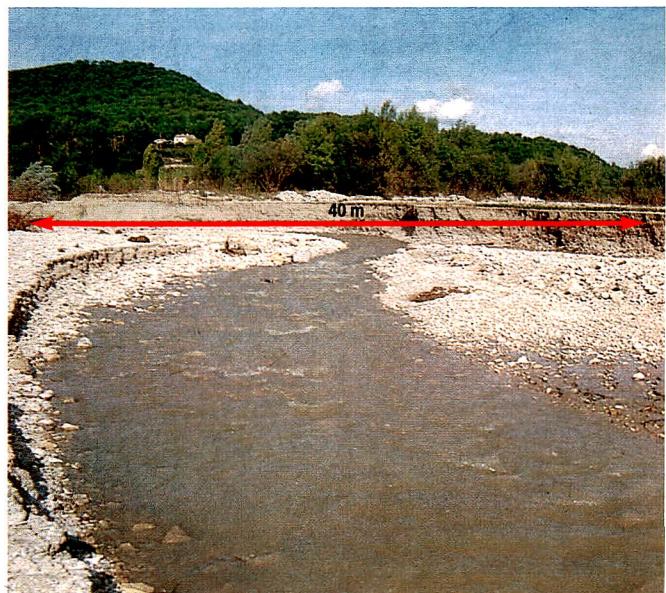
4 Après



... et le ruisseau devient fleuve furieux !

4 Sur sa route meurrière, le Groseau a creusé une gigantesque tranchée de 40 mètres de large et de 4 mètres de profondeur, avant de se jeter dans l'Ouvèze. Il retrouvait ainsi son confluent naturel.

5 Avant cette crue phénoménale, le Groseau n'était à cet endroit qu'un paisible canal d'irrigation de 1,50 mètre de large, dont les hommes avaient modifié le cours.

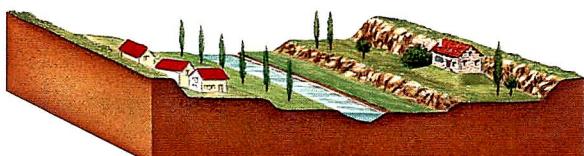


main de Vaison-la-Romaine, qui a été emporté par les flots lors des récents événements, avait déjà été remplacé au XVII^e siècle lors d'une inondation d'ampleur équivalente, qui avait fait de très gros dégâts mais sans qu'il soit précis, là non plus, s'il y eut mort d'homme.

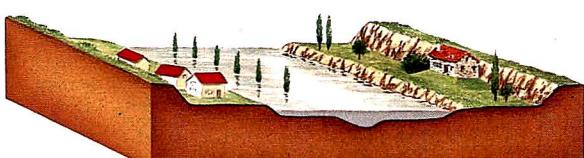
La nature ou la fatalité ne suffisent pas, en tout cas, à expliquer la violence meurtrière de la dernière crue de l'Ouvèze. Et il n'est pas non plus permis de se retrancher derrière des statistiques ou des archives forcément incomplètes pour gommer d'éventuelles responsabilités. Ainsi, il est évident que dans l'après-midi du 22 septembre dernier, en amont de Vaison-la-Romaine, les phénomènes d'embâcle-débâcle ont été considérablement aggravés par l'absence totale d'entretien des abords des rivières depuis une bonne cinquantaine d'années, en particulier sur les cours d'eau non domaniaux où cette charge incombe

Inonder pour ne pas être... inondé

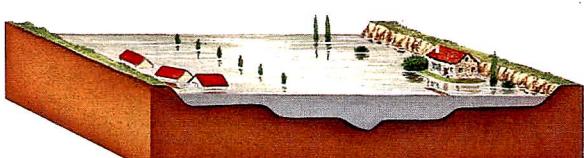
Les rivières ont plusieurs lits : un lit mineur ①, un lit moyen ② et un lit majeur ③. N'en déplaise à ceux qui, trouvant sans doute cela peu vertueux, rêvent de les contraindre à n'en occuper qu'un seul en les corsetant de digues ! En fait, la protection absolue n'existe pas : le seul moyen d'empêcher que certaines zones sensibles (habitations) soient inondées est d'accepter que d'autres (prairies, peupleraies, etc.), en amont, le soient en contrepartie.



① Lit mineur : cours habituel de la rivière



② Lit moyen : inondé une fois tous les dix ans en moyenne



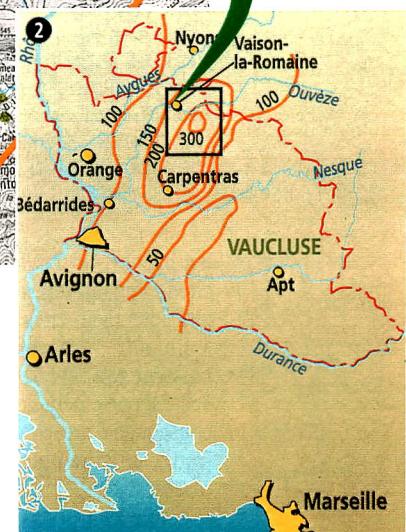
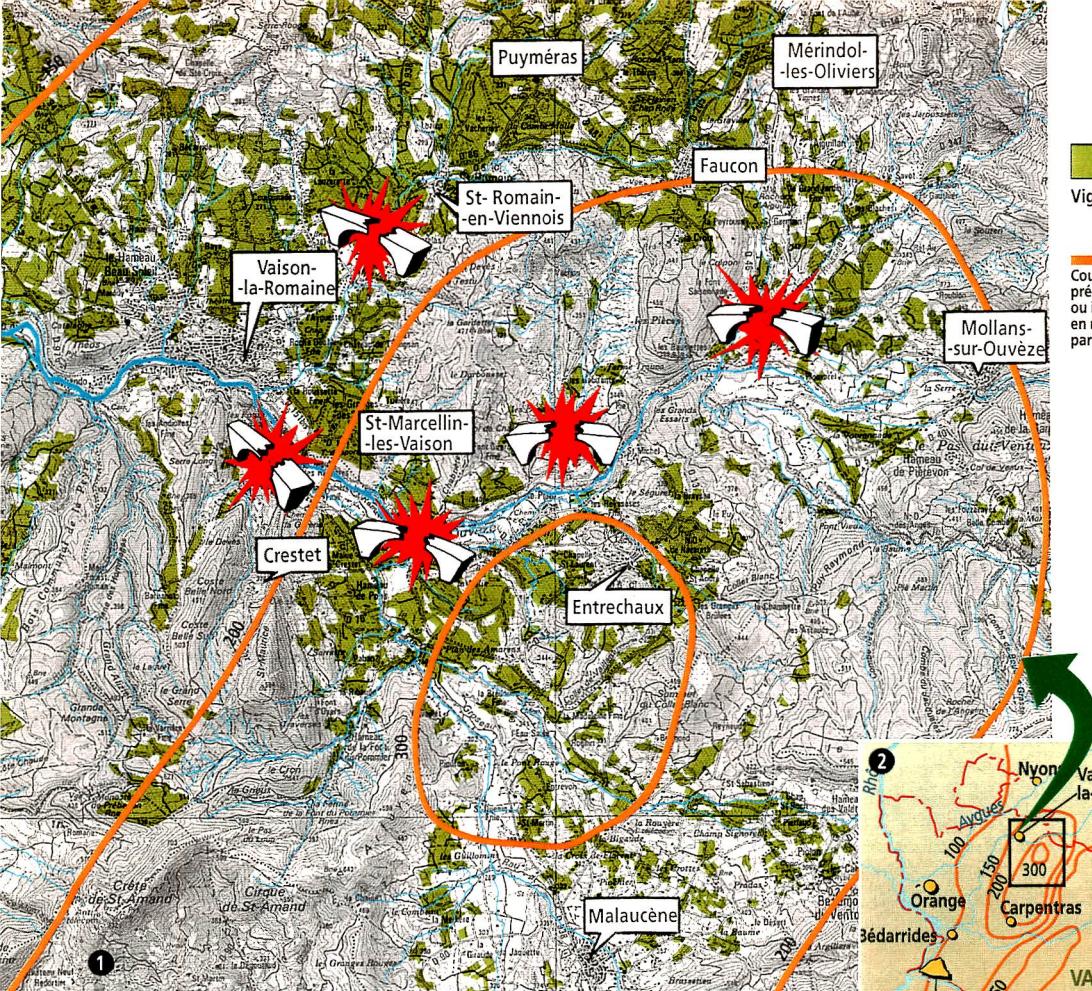
③ Lit majeur : inondé une ou deux fois par siècle

normalement aux riverains. «Les ruisseaux sont devenus des dépotoirs», nous expliquait un agriculteur des environs de Crestet. Les arbres de bordure, qui, avant l'apparition du mazout et du charbon, fournissaient du bois de chauffage et dont les branchages étaient régulièrement taillés pour servir de nourriture aux animaux domestiques, sont maintenant laissés à l'abandon et finissent par tomber dans le lit des cours d'eau. Là, ils côtoient des carcasses de voitures, de vieux restes de machines à laver ou des monceaux de gravats. Autant de matériaux qui s'empresseront, comme on l'a vu, d'aller boucher les bûches ou les ponts à la faveur de la moindre crue... Mais il n'est pas question pour autant de tout passer à la tronçonneuse, car une forêt rivulaire bien entretenue présente aussi l'avantage de stabiliser les berges.

«En règle générale, il ne faut pas laisser les arbres de bordure pousser trop haut. De cette façon, on limite leur prise au vent et s'ils tombent dans le lit, ils risquent moins de se mettre en travers d'un pont pour former un embâcle», explique, pour sa part, Olivier Gilard, hydraulicien au Centre d'études du machinisme agricole, du génie rural et des eaux et forêts (CEMAGREF) à Lyon. Ensuite, il faudrait planter sur les berges des essences à racines pivotantes comme l'aulne ou le saule plutôt que des peupliers qui ont un enracinement trop superficiel et qui sont pour cette raison les premiers à être emportés par les crues. Problème : plus personne n'y trouvant comme autrefois un intérêt économique direct, qui aujourd'hui va se charger d'un tel travail ?

Autre facteur aggravant : la vigne. Cette culture a pris, en l'espace d'un demi-diècle, un essor considérable sur le département du Vaucluse : entre 1942 et 1991, les surfaces classées en Côtes-du-Rhône ont été multipliées par dix, passant, *grossost modo*, de 2 500 à près de 25 000 hectares ! Malheureusement, et surtout si elle est implantée sur de fortes pentes, la vigne est une culture très érosive qui recouvre faiblement le sol et ne le protège donc en rien contre l'impact des gouttes de pluie et le ravinement⁽²⁾. A la différence des cultures de céréales, de luzerne et de sainfoin, qui étaient autrefois très répandues dans la région de Vaison-la-Romaine et qui jouent, elles, un rôle très efficace contre le ruissellement de l'eau.

Or, il faut savoir que le vignoble des Côtes-du-Rhône, lequel produit au demeurant des vins d'excellente qualité, est localisé pour une bonne part sur la vallée de l'Ouvèze. Depuis 1971, la zone d'appellation a même été étendue au-delà de Vaison-la-(2) «Après nous, le déluge», Science & Vie n° 898, p. 6.



Cinq ponts ont sauté en amont de Vaison

Temporairement bouchés par des troncs d'arbres et des débris de toutes sortes, au moins cinq ponts ont été emportés par la crue des petits affluents de l'Ouvèze ①, engendrant la vague destructrice qui a ravagé Vaison. C'est, en effet, dans la partie du bassin versant situé en amont de cette ville, que les précipitations (courbes orange) ont été les plus intenses, notamment au-dessus de la région d'Entrechaux avec un maximum de 300 mm en quatre heures ②. La crue a été aggravée par l'extension considérable du vignoble (en vert) depuis un demi-siècle. Car, contrairement aux céréales et aux prairies qu'elle a remplacées, la vigne ne protège pas le sol contre le ruissellement.

Romaine, très précisément sur les secteurs de Faucon, Saint-Romain-en-Viennois, Puymérás, Saint-Marcellin-les-Vaison, Mollans-sur-Ouvèze et Mérindol-les-Oliviers. Cela ne pouvait pas plus mal tomber ! Car le territoire de ces communes recouvre exactement la partie du bassin versant de l'Ouvèze (voir carte ci-dessus) qui a reçu les plus fortes précipitations le 22 septembre dernier !

Parallèlement, même si peu de remembrements ont été officiellement réalisés sur le secteur, la taille moyenne des parcelles a fortement augmenté, soit par des échanges amiables, soit tout simplement à la faveur de l'exode agricole. Suite à cela, de nombreuses "ribes", ces petits murets de pierre qui divi-

saien les parcelles en terrasses, ont été supprimées pour permettre le passage des engins agricoles, tandis que les haies de peupliers, de cyprés et d'oliviers qui les bordaient étaient presque entièrement arasées. Les oliviers, arbres dont le puissant système racinaire retient très bien le sol, ont été décimés par le gel de 1956 et n'ont jamais été replantés...

Le 22 septembre, toutes ces modifications opérées dans le paysage en amont de Vaison-la-Romaine depuis un bon demi-siècle ont eu pour conséquence d'augmenter de façon considérable les transports de terre, et donc la charge en sédiment des torrents en crue. En se déposant sur les embâcles, ces particules de terre ont colmaté

MÉTÉO : LES FRANÇAIS ONT LA MÉMOIRE COURTE

Certes, il a énormément plu au dessus du Vaucluse en cette terrible après-midi du 22 septembre 1992. Selon Météo-France, il est tombé ce jour-là, entre 11 h et 15 h, plus de 200 mm d'eau (soit 200 litres au mètre carré) sur un secteur d'environ 200 km², entre Carpentras et le nord-est de Vaison-la-Romaine, avec un maximum de 300 mm sur la commune d'Entrechaux (*voir carte p. 102*). «Mais en automne et dans le Sud de la France, un épisode orageux de cette intensité ne constitue pas une anomalie», explique Jean-Jacques Boussios, responsable du service de prévision au centre météorologique inter-régional du Sud-Est, basé à Margnane (Bouches-du-Rhône).

En outre, il y a eu pire en matière de pluviométrie... Personne n'a oublié, par exemple, les dramatiques inondations de Nîmes qui avaient fait neuf morts et un disparu le 3 octobre 1988. Ce jour-là, la capitale gardoise avait été balayée en quelques heures par des précipitations d'environ 300 mm, avec un maximum à 411 mm dans un secteur proche de la ville.

En revanche, qui se souvient que le 30 juillet 1991, il y a peine plus d'un an, il est tombé 130,5 mm d'eau en une heure à Châteauneuf-du-Pape (Vaucluse), à seulement 60 km au sud-ouest de Vaison-la-Romaine ? Oublié aussi, le déluge qui s'est abattu, le 5 août 1989, sur Narbonne et le sud-est du département de l'Aude : les précipitations atteignaient pourtant 250 mm.

Dans la nuit du 26 au 27 septembre dernier – à peine quelques jours après le drame de Vaison-la-Romaine –, des intempéries d'intensité comparable ont fait trois morts et cinq disparus dans l'Aude et les Pyrénées-Orientales : 292 mm d'eau à Narbonne !

Au cours de cette semaine noire, le Sud de la France a d'ailleurs subi une succession d'épisodes météorologiques comparables. Ainsi, le 22 septembre, le département de l'Ardèche a reçu, lui aussi, des précipitations comprises entre 220 et 300 mm d'eau sur une zone qui s'étend du mont Mézenc à la région des Vans. A Aubenas, le débit de la rivière Ardèche est passé de 10 m³ à

plus de 2 000 m³ par seconde, provoquant la mort de quatre personnes ! Par chance, la crue ne s'est pas produite un mois plus tôt, époque où les campings, imprudemment installés dans le lit majeur du cours d'eau, sont remplis de vacanciers...

Enfin, dans la nuit du 21 au 22 septembre, il est tombé entre 200 et 250 mm d'eau à l'ouest du Gard, entre Alès et le Vigan avec un maximum de 448 mm d'eau au Caylar sur le plateau du Larzac, dans le nord de l'Hérault !

Selon André Marlas, chef du bureau de climatologie de Météo-France à Aix-en-Provence, «les statistiques sont formelles : des précipitations d'au moins 200 mm en vingt-quatre heures sur un territoire de 100 à 200 km² se produisent en moyenne une fois par an dans l'Ardèche et le Gard, et une fois tous les vingt ans en un point particulier de ces deux départements».

L'orage de Vaison n'avait donc rien d'exceptionnel, dans la mesure où le Vaucluse se situe sur la même latitude et possède un relief comparable à celui de l'Ardèche et du Gard.

les brèches et renforcé l'étanchéité des "bouchons" qui ont fait sauter les ponts et les ouvrages précédemment cités.

En outre, comme par un effet "boule de neige", plus une eau est boueuse, plus elle est lourde, plus son énergie cinétique est élevée et plus elle va, par conséquent, arracher de terre. Et ainsi de suite... Enfin, lorsque plus aucun obstacle (haies, terrasses, rigoles, etc.) n'est là pour freiner l'eau, celle-ci dévale les pentes de plus en plus vite. D'où une augmentation de sa capacité érosive et une aggravation du débit de pointe (c'est-à-dire le débit maximal enregistré lors de la crue) du cours d'eau dans lequel elle débouche, renforçant du même coup le pouvoir destructeur de ce dernier.

Certes, un meilleur entretien des ruisseaux et la réalisation d'aménagements permettant de limiter l'érosion dans les zones de vignobles (il suffirait déjà de laisser pousser de l'herbe entre les rangs !) n'auraient pas empêché les inondations. Mais cela aurait certainement permis de limiter leurs effets dévastateurs et le nombre des victimes. Comme l'explique Guy Oberlin, directeur de recherches en hydrologie au CEMAGREF à Lyon : «Dans une crue, ce sont toujours les derniers mètres cubes d'eau qui sont les plus meurtriers.» La digue de

Crestet aurait-elle lâché si l'embâcle avait été moins étanche, et si le niveau de l'eau était monté moins vite et surtout moins haut ?

On a construit dans la gueule du loup. Enfin, et pour clore le tout, comment a-t-on pu permettre l'installation, au cours des vingt dernières années, de campings, de lotissements et de zones d'activité dans le lit majeur d'une rivière aussi dangereuse que l'Ouvèze ? Opération d'autant plus risquée que les aménageurs n'ont pas craint, pour ce faire, de rétrécir et de canaliser le lit mineur de cette dernière dans sa traversée de Vaison-la-Romaine. Ce qui a eu pour effet d'accroître encore la vitesse de l'eau... Par ailleurs, à hauteur de Saint-Marcellin-lès-Vaison, les anciennes fondrières (ou "ramières" selon le vocable local) ainsi que plusieurs petits chenaux naturels ont été bouchés ou colmatés, comme le prouve l'examen de la carte au 1/25 000 dressée par l'IGN en 1927. Or, ces zones ont l'avantage de stocker de grands volumes d'eau et donc de contribuer, en laminant l'onde de crue, à réduire le débit de pointe.

Mais, quitte à prendre le risque d'urbaniser le lit majeur de la rivière, on aurait pu croire que les architectes ou les promoteurs avaient au moins pris la précaution de faire construire des habitations so-

lides. Même pas ! Et cette négligence a certainement coûté la vie à de nombreux Vaisonnais... A l'entrée ouest de la ville, la quasi-totalité des maisons du lotissement Théos et surtout des "Jardins de l'Ouvèze", dont il ne reste pratiquement rien, n'avaient pas de fondations et reposaient sur une simple semelle de béton. Construites ces dix dernières années à partir d'éléments préfabriqués, certaines ne disposaient même pas d'armatures en fer pour consolider leurs murs. Résultat : alors que les habitations en pierre de taille ont remarquablement résisté aux assauts de l'Ouvèze, ces maisons faites de bric et de broc ont été emportées comme des coques de noix, avec parfois leurs occupants réfugiés sur le toit...

Fallait-il interdire de telles constructions ? «La vérité est que les lois de décentralisation de 1983 ont été conçues pour s'appliquer à des villes d'au moins 100 000 habitants et non à des petites communes où les maires se sont retrouvés investis de pouvoirs qu'ils n'ont pas les moyens d'assumer», estime André Ponton, l'un des auteurs du fameux rapport qui avait révélé, dès le 23 mars 1989, que Vaison-la-Romaine était menacée de «ruissements torrentiels», ainsi que cinquante-deux autres villes méditerranéennes. «C'est particulièrement vrai dès qu'il s'agit de délivrer ou non un permis de construire. Comment, dans une petite ville où tout le monde se connaît, un maire peut-il refuser une autorisation à l'un de ses administrés sous prétexte qu'il risque d'être inondé une fois tous les cent ans ?», poursuit cet expert.

D'un autre côté, s'il veut accroître les rentrées fiscales de sa commune, le même maire n'a généralement pas d'autre choix que de créer une zone d'activité. Pour inciter des entreprises à s'y installer, il devra forcément leur offrir des conditions plus avantageuses que les communes voisines, et donc leur proposer les terrains les moins chers. Or, à Vaison-la-Romaine, ville très cotée, les terrains constructibles valent environ

400 F le m², contre (seulement) 130 à 180 F dans le lit majeur de l'Ouvèze... On peut se demander, au passage, si cette différence de prix ne constitue pas une reconnaissance implicite de l'inondabilité de ces secteurs. Quoi qu'il en soit, une fois que la ZA est créée, il n'y a plus aucune raison de s'opposer, sauf à paraître injuste, à ce que des particuliers ou des promoteurs viennent s'installer à proximité. Et la boucle est bouclée.

Comment éviter de nouvelles catastrophes ? A

(suite du texte page 179)

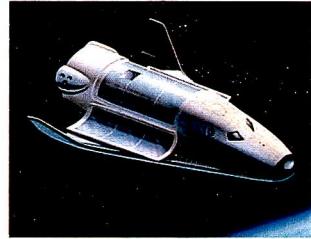
Des habitations meutrières

Avec des constructions plus solides, le bilan en vies humaines aurait été certainement beaucoup moins lourd. Alors que les maisons préfabriquées du lotissement Théos ne sont plus que ruines ①, cette modeste cabane de jardin en pierre de taille ②, située elle aussi au bord de l'Ouvèze, a parfaitement résisté à la violence des flots.

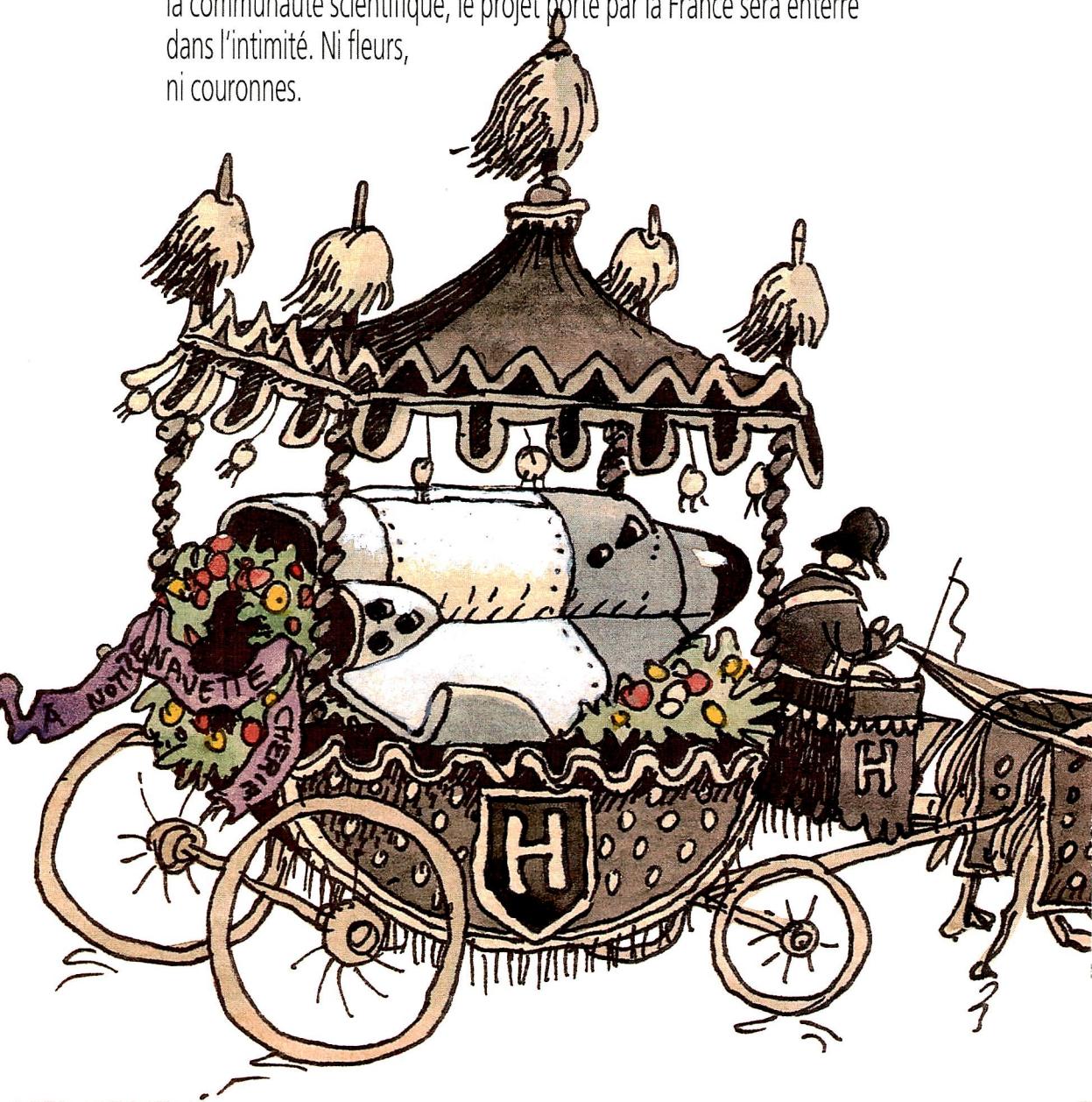


PAR GERMAIN CHAMBOST

L'ENTERREMENT D'HERMÈS



Trop lourde, trop chère, la navette européenne Hermès a vieilli avant d'avoir vécu. En butte à l'hostilité des grands argentiers et de la communauté scientifique, le projet porté par la France sera enterré dans l'intimité. Ni fleurs, ni couronnes.



A lors que le programme *Hermès* venait d'être lancé par les ministres européens, en juillet 1987, *Science & Vie* pressentait, dans son numéro d'octobre de la même année, que la navette ne serait pas menée à terme. Cinq ans plus tard, les événements lui donnent raison : plus aucune date n'est fixée pour le lancement de l'avion spatial *Hermès*. L'European Space Agency (ESA) propose que l'Europe s'accorde trois années de réflexion pour étudier en profondeur la possibilité de réaliser, en commun avec les Russes, un véhicule de transport spatial et certains éléments de desserte des futures stations orbitales.

Hermès était conçu d'abord pour "visiter" le MTFF (*Man Tended Free Flyer*) européen. Ce module pressurisé visitable par l'homme devait faire partie du projet *Columbus*, participation européenne à la station orbitale américaine *Freedom*, à laquelle sont également associés le Japon et le Canada. Voulue par le président Reagan, mais jugée sans intérêt par la National Academy of Sciences, cette station est censée constituer une sorte de symbole de la coopération internationale dans le domaine spatial... sous égide américaine. Le projet *Columbus*, soutenu en premier lieu par les Allemands, regroupe trois éléments distincts : le MTFF, une plate-forme en orbite polaire (EOS, *Earth Observing System*), un module pressurisé attaché au corps central de la station (APM, *Attached Pressurized Module*). Pour l'instant, seul ce dernier figure encore au calendrier de l'ESA ; il devrait être disponible en 1999.

Révision déchirante pour ceux qui, en Europe, prônent depuis une quinzaine d'années la nécessité pour celle-ci de mener à bien un programme indépendant de vols habités.

L'idée initiale d'*Hermès* est sortie des cartons du

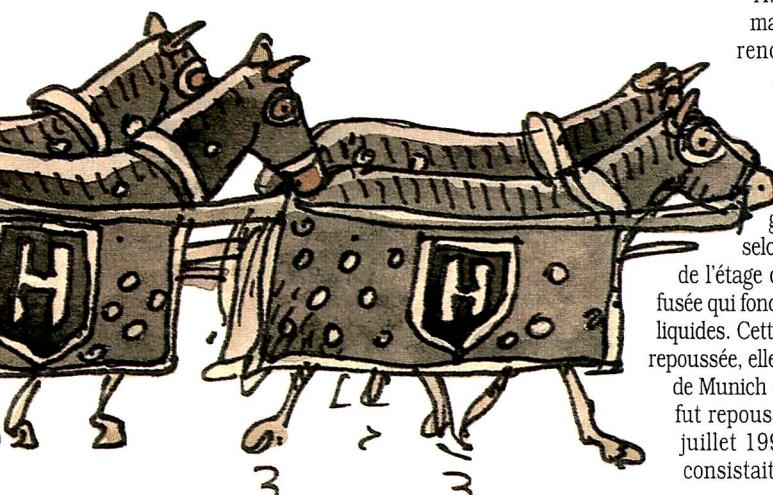
CNES (Centre national d'études spatiales) voici une quinzaine d'années. Ce n'est donc pas un hasard si, par la suite, *Hermès* sera surtout défendu par la France qui assume 43,5 % de son financement, l'Allemagne en prenant 27 % à son compte. Dans l'esprit de ceux qui l'ont conçu, *Hermès* reprend en partie le concept de la navette américaine, sans ses défauts... Contrairement à cette dernière, l'avion spatial européen serait lancé par un lanceur consommable, *Ariane 5*, également lanceur de satellites. La capacité de la navette américaine à décoller par ses propres moyens, grâce à des "boosters", se justifie par le fait qu'elle est censée - ou plutôt était censée - placer et dépanner des satellites en orbite, remplaçant ainsi tous les autres lanceurs. On sait ce qu'il est advenu de ces projets. Le coût total du *shuttle* (navette) atteint quelque 40 milliards de dollars pour un peu plus de quarante vols à ce jour, soit presque 1 milliard de dollars par vol. Alors que le projet initial tablait sur... 33 millions de dollars par vol. Un programme trente fois plus cher que prévu !

Mais, là non plus, *Hermès* n'allait pas copier la navette. Lancé par *Ariane 5*, l'avion proposé lors des réunions ministérielles de Rome en 1985 et de La Haye en 1987 devait avoir une masse relativement faible, 17 tonnes, et un prix "modeste" : 2 milliards d'écus (14 milliards de francs au taux de 1992). A cette dernière date, le projet avait d'ailleurs largement évolué par rapport aux premières études, en 1978, dans lesquelles sa masse n'était que de 10 t. Après une étape à 21 t, on en est aujourd'hui à 24 t pour un prix de 8 milliards d'écus (réunion ministérielle de Munich, en novembre 1991). Soit quelque 56 milliards de francs. Or, ainsi que le souligne le rapport du Comité national d'évaluation de la recherche sur le programme spatial français (CNES),

Ariane 5 ne peut placer une masse de 24 t sur l'orbite de référence, celle de la station spatiale

Freedom. Il faut donc faire appel à une *Ariane 5* plus puissante, *Ariane 5 Mark 2*, avec un surcoût de 1 milliards d'écus.

Ariane 5 Mark 2 permet un gain de performance de 15 %, selon le CNES, grâce à l'amélioration de l'étage cryogénique, étage central de la fusée qui fonctionne à l'hydrogène et l'oxygène liquides. Cette proposition n'en fut pas moins repoussée, elle aussi, à la réunion ministérielle de Munich en novembre 1991. Tout comme fut repoussée par le Conseil de l'ESA, en juillet 1992, une autre proposition qui consistait à réaliser avant l'an 2000 un



avion spatial *Hermès* inhabité et non réutilisable, baptisé X 2000. Cette dernière proposition remet en cause l'idée de faire appel à un lanceur unique pour les lancements commerciaux de satellites et pour les vols d'*Hermès*, avion spatial habité et réutilisable. On verra cependant plus loin que les industriels européens, regroupés au sein du consortium Euro-*Hermès*pace, n'ont pas abandonné ce projet.

L'augmentation à 24 t de la masse au lancement a entraîné en parallèle une modification dans la configuration même d'*Hermès*. En effet, celui-ci ne doit pas dépasser 17 t à l'atterrissement. Cela tient au fait que l'on ne peut augmenter la surface des ailes, ni adopter une vitesse trop élevée, surface des ailes et vitesse étant les deux composantes de la portance, qui équilibre le poids d'un avion en vol. On ne peut augmenter la vitesse d'atterrissement à cause des efforts supportés par les atterriseurs et les pneus, par exemple, ou de la longueur de piste nécessaire (on comprend aisément que plus un avion se pose vite, plus la piste doit être longue). Et l'on ne peut pas non plus accroître la surface portante des ailes, qui est de 85 m², car on se trouverait alors confronté à des problèmes de contrôle dynamique de la fusée et de l'avion lors du lancement. Installé à la proue d'*Ariane* 5, *Hermès* agit comme une sorte de "gouvernail" géant, dont il faut

contrer les effets lorsque l'ensemble atteint des vitesses élevées dans sa phase ascensionnelle.

Pour respecter cette masse maximale de 17 t à l'atterrissement, il a donc fallu diviser *Hermès* en deux parties : le véhicule spatial proprement dit, plus un module de ressources "jetable" de 7 t placé à l'arrière. Ce dernier comprend entre autres le système de propulsion autonome qui sert lors de la phase d'injection en orbite, après séparation d'avec l'étage central de la fusée, et qui fournit, lors de la rentrée dans l'atmosphère, la rétro-impulsion nécessaire au freinage. Il comprend également les réservoirs sphériques de propellants. Tout cela serait donc désormais abandonné dans l'espace. En outre, alors que le projet initial prévoyait six hommes d'équipage et une charge utile de 4,5 t, on en est aujourd'hui à trois hommes d'équipage, à 3 t de charge utile au décollage, et seulement 1,5 t à l'atterrissement.

Retombées de l'accident de Challenger. L'accroissement de la masse totale s'explique par la sous-estimation initiale des problèmes concernant la structure, le contrôle thermique de l'habitacle, la propulsion, entre autres. Mais elle s'explique aussi par la nécessité de reconstruire la sécurité de l'équipage. La catastrophe de la navette américaine *Challenger*, en 1986, a ébranlé les belles certitudes des ingénieurs : les boosters, propulseurs à poudre montés sur la navette, tout comme sur *Ariane* 5, n'avaient donc pas la fiabilité absolue qu'on leur attribuait ? Les Américains ont, malgré tout, décidé de faire l'impasse sur un éventuel système de sauvetage, compte tenu de l'ampleur et du coût des modifications que son installation sur le *shuttle* aurait entraînées. Encore une fois, il était hors de question pour les Européens de les imiter.

L'avant-projet *Hermès* ne comprenait qu'un système de sauvetage léger, utilisable au départ ou à l'arrivée. Le domaine d'utilisation du système actuel est beaucoup plus étendu. Les sièges éjectables installés sur *Hermès* sont censés pouvoir propulser les trois hommes à 700 m au moins du véhicule, en cas d'explosion au départ. Ils doivent pouvoir fonctionner jusqu'à une altitude de 30 km, et à une vitesse de Mach 3 (trois fois la vitesse du son). D'où la nécessité de les stabiliser à l'éjection, sous peine de les voir partir dans des tourbillons mortels, et de doter les cosmonautes de combinaisons capables de résister aux températures induites par l'échauffement aérodynamique et à l'onde de choc. Ces recherches sur les systèmes de sécurité ont été l'occasion de prendre contact avec les Soviétiques (voir encadré p. 106). Pour leur navette *Bourane*, programme d'avion spatial interrompu faute de moyens financiers, les Soviétiques ont mis au point des sièges éjectables dérivés de ceux de l'appareil de combat *Mig 25* et dont le do-

Sänger, la navette du futur ?

Grâce à ses cinq turbo-stato-réacteurs, ce lanceur (*maquette ci-dessous*) peut décoller et atterrir tout seul, emportant sur son dos *Horus*, navette spatiale qu'il largue à 31 km d'altitude. Ce dernier véhicule est capable ensuite de se satelliser par ses propres moyens, puis de revenir, lui aussi, se poser sur une piste. Plus de fusée perdue, ni d'installations de lancement. L'ensemble *Sänger-Horus* appartient à la toute dernière génération de véhicules spatiaux. Les Allemands, pères de ce projet, souhaiteraient le faire financer par l'Europe spatiale.





Hermès, un gros bus pour faire le travail d'un petit taxi

Des 10 tonnes prévues à l'origine ①, la masse de la navette européenne est passée à 24 tonnes dans le projet actuel ②. Parallèlement, elle ne peut plus emporter que trois hommes au lieu de six. Elle a été divisée en deux parties, dont un module jetable (*fliche*) pour lui permettre d'atterrir sans excédent de poids. Et son prix a été multiplié par quatre. Enfin, et surtout, le projet est technologiquement dépassé, et un concurrent plus sérieux (*photo page de gauche*) est déjà sur les rangs.

maine d'utilisation va précisément jusqu'à Mach 3 et 30 km d'altitude.

Les voyages habités, une erreur du passé. Quoi qu'il en soit, l'augmentation parallèle de la masse et du coût du programme pour un projet qui, selon le mot d'un ancien directeur général de l'ESA, se résume à un taxi spatial pour trois cosmonautes et leurs sandwiches, a soulevé au fil des années de plus en plus d'oppositions. Notamment en Allemagne. Dès après la fin de la conférence de La Haye (1987), rapporte Roger Bonnet, directeur scientifique de l'ESA, «Hermès devint une cible privilégiée outre-Rhin. Un climat de suspicion alourdissait les relations entre les deux pays...»¹). Pour les Allemands, *Hermès* apparaissait comme un projet que les Français entendaient imposer à l'Europe. Alors qu'en France, on soupçonnait les Allemands de s'attaquer à *Hermès*

¹ Roger Bonnet, *Les Horizons chimériques*, Dunod.

pour mieux pousser leur propre programme d'avion orbital *Sänger* (voir plus loin). Les autres Etats membres de l'ESA, quant à eux, assistaient impuissants à ces affrontements dans l'ombre entre les deux principaux bailleurs de fonds d'*Hermès* et de *Columbus*. Jusqu'à la réunion ministérielle de Munich de novembre 1991. «Contre toute attente, rapporte Roger Bonnet, les Français, qui s'étaient battus pour maintenir *Hermès*, firent machine arrière à la surprise de tous, acceptant qu'on s'accordât une année supplémentaire de réflexion...» Revirement que le directeur scientifique de l'ESA attribue à la prise en compte, côté français, de l'opposition des cercles scientifiques au programme *Hermès* et, d'une manière générale, à la présence de l'homme dans l'espace.

A ce sujet, le comité de la recherche spatiale de l'Académie des sciences avait, dès 1988, rendu un avis : «La présence de l'homme, non seulement est inutile, mais constituerait une gêne [...] pour la

plupart des activités spatiales, qu'il s'agisse de télécommunications, d'observation de la Terre, d'astronomie, de microgravité, etc. Avis confirmé par le Comité national d'évaluation de la recherche, qui a remis son rapport début septembre au président de la République. Mais ce rapport va beaucoup plus loin qu'une simple condamnation de principe. Il conteste aussi la réalisation du programme *Hermès*. Et préconise de renoncer purement et simplement à ce programme, les phases d'études réalisées jusque-là ayant justement pour but d'éclairer les autorités politiques sur la faisabilité du projet en question. Lequel apparaît aujourd'hui trop ambitieux.

D'autant qu'il a peut-être obéi un autre programme, celui du lanceur *Ariane 5*, selon les affirmations du Comité national d'évaluation de la recherche. *Ariane 5* a été conçue pour lancer les futurs gros satellites commerciaux à partir de la fin du siècle, mais aussi *Hermès*. Ce qui a conduit à écarter des technologies plus rustiques, mais sans doute plus prometteuses : au lieu des boosters à poudre, *Ariane 5* aurait pu être dotée d'un premier étage à ergols stockables, dérivé de celui d'*Ariane 4*. Cette version de la fusée *Ariane 5* aurait eu cependant des performances insuffisantes en orbite basse pour lancer *Hermès*. Elle fut donc écartée au profit d'un lanceur plus puissant. Trop puissant même, estime le Comité, pour lancer certains satellites, ce qui a conduit l'ESA et le CNES à laisser de côté «des pans entiers des besoins de lancement». Entendez pour des satellites technologiques ou scientifiques, mais également des satellites militaires de reconnaissance optique ou radar, ou d'écoute électronique, dont l'Europe entend se doter.

«Nous, nous soutenons à bloc le projet *Hermès*...», n'en a pas moins déclaré le président François Mitterrand, le 29 juillet dernier, en réponse aux interrogations du cosmonaute français Michel Tognini, à propos de l'avenir du programme *Hermès*. C'est d'ailleurs en se référant à ces propos que les industriels européens regroupés au sein d'Euro-Hermèspace, la Société aérospatiale, Dassault Aviation, Deutsche Aerospace, l'italien Alenia, ont relancé l'idée de *Hermès X 2000* qui, lors d'un vol unique, permettrait d'étudier les problèmes de rentrée dans l'atmosphère. Proposition déjà repoussée au mois de juillet 1992, on l'a vu. «L'abandon définitif de ce projet mettrait gravement en péril le programme *Hermès* lui-même», a

QUEL AVENIR POUR LA COOPÉRATION

Avec la navette *Bourane* (photo ci-contre) et leur puissant secteur spatial, les Russes sont riches d'une expérience qui pourrait éventuellement permettre aux Européens de faire des économies sur les recherches et expérimentations. Bruno Revellin-Falcoz, vice-président de Dassault Aviation, estime que certaines souffleries aérodynamiques situées près de Moscou pourraient être très utiles aux recherches sur l'avion spatial européen. «Des souffleries qui sont parmi les meilleures, sinon les meilleures d'Europe...»

Forts de cette idée autorisée par la nouvelle donne internationale, les Européens ont donc commencé à collaborer avec les Russes dès que la décision fut prise – à la suite de l'accident de la navette américaine *Challenger* – de doter *Hermès* de sièges éjectables.

Même son de cloche du côté

de la société française SEP (Société européenne de propulsion). A propos de l'intérêt d'une coopération avec les Russes, M. Marcel Poulinquin, chef du programme de coopération à la SEP, fait deux constats :

Premier constat. En trente années de recherches, les Soviétiques ont accumulé une quantité impressionnante de savoir-faire, de technologies, d'installations d'essai et de fabrication. Ils ont beaucoup investi sur les performances des moteurs en recherchant des niveaux de pression élevés et des schémas thermodynamiques très efficaces, mais tout cela au détriment des coûts de production.

Deuxième constat. Le sous-équipement informatique des Soviétiques les avait conduits à redoubler d'ingéniosité pour développer des méthodes et des schémas numériques très efficaces et y in-

souligné Yves Michot, directeur général d'Aérospatiale. Les industriels s'en tiennent au raisonnement qui a débouché sur le projet *Hermès* : l'Europe doit être présente dans le domaine des vols habités, elle doit se doter des capacités nécessaires pour cela.

Les membres d'Euro-Hermèspace, c'est évident, craignent de voir se produire ce que tout le monde pressent : l'adoption du programme actuel de l'ESA par les ministres, les 9 et 10 novembre prochains à Grenade, en Espagne, ne constituerait que l'épisode ultime de l'agonie du projet *Hermès* (2). Et les trois ans de délai de réflexion, avec recherche d'une coopération euro-russe, seraient une manière de donner du temps au temps. François Mitterrand peut affirmer défendre *Hermès*, Hubert Curien, ministre de la Recherche et de l'Espace, proclamer qu'il n'en sera pas le fossoyeur, bien des choses peuvent se passer en trois années.

Y compris l'émergence d'autres projets. On pense en premier lieu, bien entendu, au *Sänger* allemand. Les Allemands n'en font pas mystère et la question sera certainement évoquée lors de la réunion de Grenade (2) Voir *Science & Vie* n° 841, p. 102.

EURO-RUSSE ?

clure des bases de données expérimentales très riches.»

Rappelons que la SEP a signé avec le MAI, l'institut d'aviation de Moscou (6 000 chercheurs et 18 000 étudiants), un accord de coopération en avril 1991 concernant la propulsion liquide et les matériaux avancés. Et qu'en juin dernier, vingt-six contrats d'études et d'achats avaient d'ores et déjà été signés avec les firmes NPO Energomash (Moscou), Che-miautomatics (Voronej) et NPO Fakel (Kalininograd).

Parmi ces contrats, certains portent sur les matériaux avancés (composites à matrice céramique ou métallique, alliages nouveaux) et des procédures de fabrication (métallurgie des poudres, soudage, traitement et protection de surface), pour lesquels, indique encore Marcel Poulinquen, la CEL possède une avance importante sur l'Occident.

Des discussions ont également lieu en matière de propulsion combinée hypersonique.

Débouchera-t-on sur des projets valables ? Tout d'abord, en matière de lanceurs, l'Europe est déjà poursuivie, avec Ariane 5, pour au moins vingt ans.

Ensuite, du côté des industriels, on semble souhaiter que les contacts s'établissent entre industriels, plutôt que par l'intermédiaire des grandes agences étatiques, dont on redoute le manque d'efficacité.

Enfin, si l'on exclut les questions décisives du financement (nous n'avons pas d'argent, et ils n'en ont pas non plus), les actions de coopération se heurtent à des obstacles qui tiennent aux mentalités mêmes, comme le souligne Yves Michot, directeur général d'Aérospatiale : «Ces gens-là ne raisonnent pas comme nous, dit-il. Or, nous avons mis dix ans pour définir



les caractéristiques d'*Hermès* entre Européens. Alors, si l'on veut vraiment que nous coopérons avec les Russes sur des pro-

jets spatiaux, les trois années im-parties par l'ESA pour mettre sur pied des projets valables nous semblent bien courts...»

nade : ils espèrent bien "européaniser" leur projet. Ils arguent du fait que si *Hermès* fait appel à des technologies déjà anciennes, qu'il représente en quelque sorte un engin du passé, un simple planeur spatial dont l'utilité est pour le moins contestable, *Sänger* est beaucoup plus porteur d'avenir, car il utilise des technologies nouvelles, notamment dans le domaine de la propulsion. Le Comité national d'évaluation de la recherche français le reconnaît lui-même.

Il s'agit d'un lanceur capable de décoller d'un aérodrome conventionnel et de se reposer sur un aérodrome de même type. Pas besoin, donc, d'installations spécialisées comme avec les fusées actuelles. Le *Sänger* est un véhicule à deux "étages" (voir photo p. 106), dont la masse totale au décollage avoisine les 366 t. Le premier étage emporte 98 t d'hydrogène liquide. Il est propulsé par cinq turbo-statoréacteurs : le turboréacteur comprime l'air avec son compresseur avant combustion de l'hydrogène, puis, à partir de Mach 2 ou 3, la vitesse est suffisante pour mettre en marche le statoréacteur (3). *Sänger* accélère ainsi jusqu'à Mach 6,8 et 31 km d'altitude. Placé sur le dos du premier étage (qui retourne se poser au sol), le se-

cond étage se sépare alors. Dénommé *Horus* (*Hyper-sonic Orbital Reusable Upper Stage*), ce dernier possède une configuration extérieure assez similaire à celle d'*Hermès*, mais il emporte 81 t d'oxygène et d'hydrogène liquides, avec un système de propulsion autonome lui permettant d'atteindre des orbites de 400 km d'altitude. Deux missions peuvent être im-parties à *Sänger* : vol habité avec trois ou quatre cosmonautes ; opération de mise en orbite ou de récupération de satellites. Le second étage, comme le premier, est bien entendu récupérable.

Sänger constitue la première étape d'un programme défini entre 1988 et 1992. La seconde phase prévoit la réalisation d'un avion expérimental capable d'atteindre Mach 5,5 et ce, avant la fin du siècle. C'est cette phase-là que les Allemands espèrent voir prise en compte par l'ESA. Mais, rendus prudents par les déboires d'*Hermès*, les gouvernements européens feront certainement montrer de beaucoup plus de circonspection avant de se lancer dans cette nouvelle aventure. **Germain Chambost**

(3) Sur les différents modes de propulsion aéro-spatiale, voir *Science & Vie* n° 826, p. 74.

PAR RENAUD DE LA TAILLE

L'ÉLECTRICITÉ SOLAIRE À MOITIÉ PRIX



des panneaux solaires est courante dans l'espace et rare sur terre.

Mais l'amélioration constante du rendement, avec les nouveaux types de cellules, peut faire changer les choses, à condition d'avoir une production de masse automatisée.

La lumière du Soleil est totalement naturelle et ne coûte rien ; la transformer en électricité serait donc la manière la plus simple d'avoir une énergie dépourvue de toute pollution, et en principe gratuite, tant qu'un quelconque ministre ne vient pas taxer la lueur du jour. Depuis un siècle, on sait que la conversion est possible, et le seul ennui vient de ce que le convertisseur reste cher et prend de la place. Pour un satellite en orbite autour de la Terre, ce sont là des inconvénients mineurs : l'espace est vaste et les prix n'y sont pas trop mesurés ; d'ailleurs on imagine mal un engin interplanétaire sans les immenses panneaux solaires qui lui fourniront l'électricité dont il a besoin. Sur terre, en revanche, un sou reste un sou et les hectares disponibles ne sont pas légion.

Or, sur chacun de ces hectares, le Soleil déverse tout le jour des milliers de kilowatts dont il serait tout de même intéressant de distraire une petite

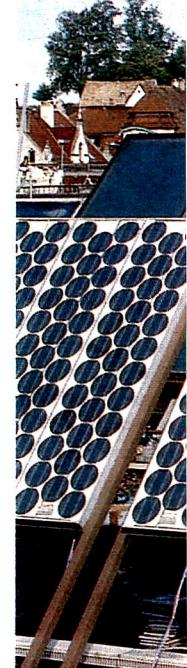
Energie propre par définition, mais chère par construction, l'électricité

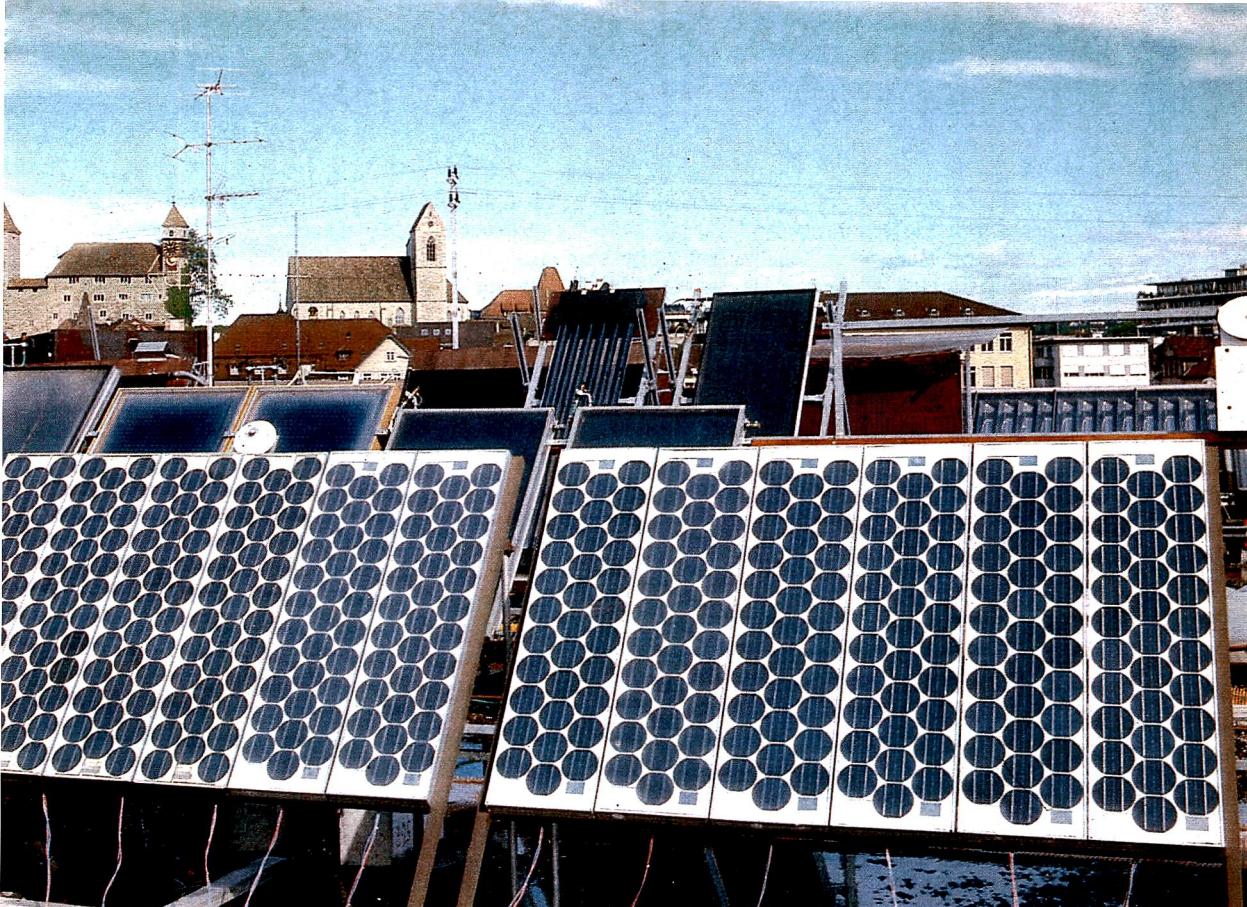
partie pour l'énergie de la maison : l'eau chaude, la cuisinière, les machines à laver, le magnétoscope, la perceuse et la moulinette à légumes – mais l'éclairage la nuit pose un tout autre problème : stocker l'électricité recueillie le jour.

Convertir le soleil en électricité apparut comme une chose éventuellement possible le jour où, en 1888, l'Allemand Hallwachs découvrit que la lumière pouvait charger négativement une plaque de zinc, ou la décharger si elle était positive. Il s'agissait là d'une découverte fondamentale qui montrait que la lumière peut agir sur les charges électriques, ce que nul n'avait soupçonné. Mais, après avoir découvert le phénomène, il restait à en trouver les lois et à le mettre en formules.

Ce fut là chose excessivement difficile car la lumière, qui est une onde, s'avéra avoir aussi des propriétés corpusculaires ; cela conduit Max Planck à introduire les quanta en 1900, puis Albert Einstein à poser la notion de photon, le corpuscule d'énergie lumineuse, en 1905. En 1913, Niels Bohr propose le modèle de l'atome constitué d'un noyau de protons et neutrons (particules positives et neutres) autour duquel tournent des électrons de charge électrique négative. Plus tard, en 1923, Louis de Broglie montre, avec la mécanique ondulatoire, que particules et ondes sont complémentaires.

En 1930, l'interaction lumière-matière commence à être bien cernée et les cellules photoélectriques sortent peu à peu du laboratoire. Bien que le processus qui est à la base soit le même – les photons





de la lumière déplacent les électrons des atomes –, les cellules apparaissent sous deux variantes : les photoconductrices, dont la résistance électrique varie avec l'éclairage, et les photovoltaïques où la lumière fait circuler un courant.

Bien que la lumière ait toujours une action sur les électrons d'un corps – la découverte de l'effet photoélectrique, nous l'avons vu, a été faite avec des plaques de zinc –, cette action ne mène à la création d'un courant qu'à la condition d'utiliser des jonctions de matériaux semi-conducteurs, sinon le phénomène reste du domaine de l'électrostatique.

Dans un métal, qui est parfaitement conducteur, il y a toujours quantité d'électrons libres, et ceux déplacés par la lumière ne restent en excès que si le métal est isolé. S'il ne l'est pas, ils circulent au sein de celui-ci sans qu'il y ait un sens d'écoulement privilégié, autrement dit sans qu'il y ait création d'un courant. La lumière agit sur un circuit métallique homogène comme un coup de vent sur un lac : l'agitation moyenne augmente, mais cela ne crée pas une rivière. Pour qu'il y ait un écoulement, il faudrait une succession de petits lacs en escalier : là, le vent ferait descendre l'eau marche par marche parce qu'il y a, dès le départ, une direction privilégiée ; la vague qui déborde retombe en majeure partie dans le bassin du dessous et seule une mince fraction re-

jaillira assez fort pour monter plus haut.

On ne peut pas créer cette dissymétrie avec un isolant à travers lequel les charges ne peuvent pas circuler – celles libérées par la lumière restent en surface –, mais on sait fort bien la réaliser aujourd'hui avec un "sandwich" de semi-conducteurs. Ceux-ci sont des corps qui, sans être bons conducteurs, ne sont pas non plus de vrais isolants. Le courant y circule un peu, et toute sollicitation extérieure améliore nettement cette circulation.

Ces semi-conducteurs sont en général des cristaux covalents de corps simples comme le sélénium, le germanium, le silicium, bien que certains oxydes, tel l'oxyde de cuivre, présentent aussi cette propriété. Dans ces cristaux, les atomes sont liés de manière électriquement neutre par une paire d'électrons. Si on leur apporte de l'énergie, soit par une augmentation de température, soit par un rayonnement, l'un des deux électrons est arraché à la liai-

Kilowatts-heure sans compteur

Aujourd'hui, des voitures et des motos roulent, des avions volent sans une goutte de carburant, des maisons s'éclairent sans compteur EDF. Ces prototypes existent grâce au grand pas franchi par les scientifiques, qui ont doublé le rendement des photopiles et divisé par deux leur prix. Pour les mettre sur le marché, on attend les industriels.

son et peut alors se mouvoir plus ou moins librement à travers le réseau cristallin.

La liaison, quant à elle, primitivement neutre, se retrouve maintenant avec un vide électrique, dû à l'absence de l'électron de charge négative qui s'y trouvait auparavant. Ce vide, appelé trou ou lacune, réagit comme une charge positive, bien que celle-ci soit en réalité due aux protons du noyau de l'atome. Si on chauffe le corps, ce qui augmente l'agitation des molécules, et donc des atomes, un électron provenant d'une liaison voisine neutre peut maintenant tomber dans le trou dont nous avons parlé. Mais son départ laisse à son tour un nouveau trou dans le voisinage de la liaison, lequel va attirer un autre électron, et ainsi se suite. Il en découle que, dans un semi-conducteur, les trous sont mobiles ; qui plus est, la genèse de ce mouvement montre que quand les électrons négatifs vont dans un sens, les trous positifs vont dans l'autre. De ce fait, une charge électrique peut être transportée sous l'influence d'un champ électrique – en pratique, en établissant une différence de potentiel avec une batterie entre les deux côtés du semi-conducteur.

Les trous et les électrons sont des porteurs de charge. Si maintenant on introduit des atomes étrangers dans le semi-conducteur, lequel est un cristal très pur fait d'atomes tous identiques d'un même élément, on va modifier localement les liaisons du réseau cristallin – en général on ajoute des traces de bore ou de phosphore. Les liaisons entre silicium et phosphore, ou silicium et bore, ont un électron de plus ou un électron de moins par rapport à la paire normale qui assure la

neutralité électrique. Il y a donc au sein du réseau atomique un excès ou un défaut de charges, et on parle alors de semi-conducteur dopé type n (négatif) ou type p (positif) ; ces deux variétés renferment donc des électrons ou des trous qui sont déjà mobiles sans qu'il y ait besoin de leur apporter beaucoup d'énergie.

Dans ces conditions, si l'on met en contact un semi-conducteur p, un semi-conducteur intrinsèque i pur non dopé et un semi-conducteur n dans l'ordre p-i-n, les porteurs de charge mobiles diffusent dans le film i à partir des zones dopées – on entend ici par diffusion le mouvement des porteurs de charge dans un semi-conducteur sous l'influence de différences locales dans la densité de ceux-ci. Dans un premier stade, les charges se déplacent jusqu'à ce que s'établisse dans le film i un champ électrique qui arrête la diffusion.

Mais si un apport d'énergie – qui peut être celle des photons de la lumière – vient produire des électrons et des trous supplémentaires, ceux-ci se trou-

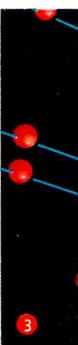
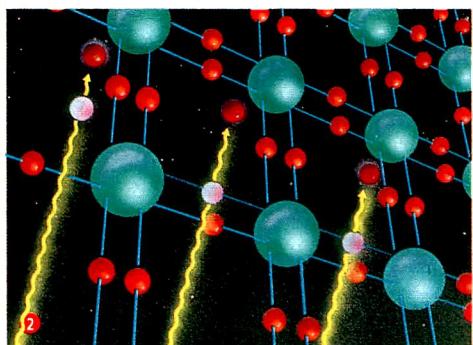
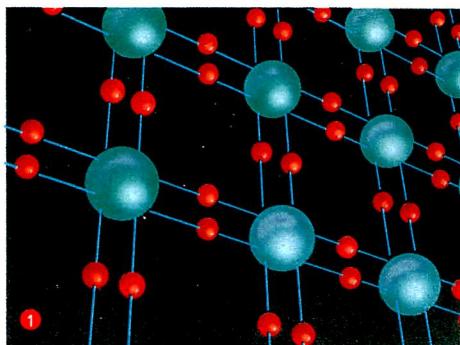
COMMENT LES SEMI-CONDUCTEURS FONT

Les semi-conducteurs, qui sont en général des cristaux covalents, sont dotés de propriétés telles qu'ils transforment l'énergie lumineuse du Soleil en courant électrique.

1. Liaisons covalentes : un échange de partenaires. Dans les cristaux covalents, comme le silicium, la liaison entre atomes (**en vert sur les dessins**) est assurée par deux électrons (**en rouge**), chacun d'eux provenant de l'un de ces atomes. Leur mise en commun est une propriété fondamentale de la covalence, mais la mobilité de ces

électrons est faible : le silicium n'est qu'un semi-conducteur, intermédiaire entre un isolant (aucune mobilité) et un conducteur (grande mobilité).

2. La vague lumineuse secoue les électrons. L'énergie apportée par un rayonnement – la lumière, par exemple – est suffisante pour déloger quelques électrons (**en mauve**) de la place qu'ils occupent normalement dans la liaison covalente. Ils deviennent alors libres de se promener au sein du réseau cristallin et constituent des charges négatives mobiles ; dans le même temps, ils lais-



vent séparés dans le champ électrique qui s'est créé au départ. Un courant électrique va donc circuler si on ferme le circuit comportant la jonction p-i-n éclairée. C'est ainsi que la lumière se trouve en partie transformée en électricité. La structure des semi-conducteurs décrite est celle d'une cellule photovoltaïque, souvent appelée cellule solaire.

Pour utiliser de manière efficace cette conversion d'énergie, le sandwich p-i-n est muni d'électrodes sous forme de films minces. Du côté éclairé, on met une électrode qui laisse passer la lumière – en général un film d'un oxyde conducteur transparent –, alors qu'on peut se contenter d'une feuille métallique sur la face arrière. La plupart des cellules solaires qui transforment la lumière du jour en électricité utilisable sont réalisées de cette manière.

Le seul problème, c'est qu'elles n'en transforment qu'une faible partie. Pour commencer, une bonne fraction du rayonnement est purement et simplement réfléchie par la cellule – un capteur parfaitement absorbant apparaîtrait d'un noir mat absolu,

alors que les cellules solaires habituelles sont bleutées. Une autre partie de l'énergie apportée par la lumière pénètre bien, mais ne sert qu'à augmenter l'agitation des atomes – agitation thermique – et donc la température.

La fraction qui compte, bien sûr, est celle qui déplace des charges dans la jonction ; dans les meilleures conditions de laboratoire, cette fraction est de 23 %. C'est donc à peine le quart de la lumière qui est converti en courant par des prototypes dont le prix compte beaucoup de zéros. Les cellules de production industrielle, disponibles sur le marché commercial, ont un rendement deux fois moindre, de l'ordre de 12 %.

Par ailleurs, le coût du silicium très pur qui est nécessaire pour faire des cellules entraîne un prix de revient au mètre carré qui reste fort élevé. Il en découle que l'électricité solaire revient trois fois plus cher que celle des centrales atomiques, ce qui a entravé la diffusion des panneaux solaires malgré leur immense intérêt théorique. En effet, le Soleil au zé-

DE L'ÉLECTRICITÉ AVEC LE SOLEIL

sent un vide là où ils étaient, un trou assimilable à une charge positive, capable elle aussi de se déplacer.

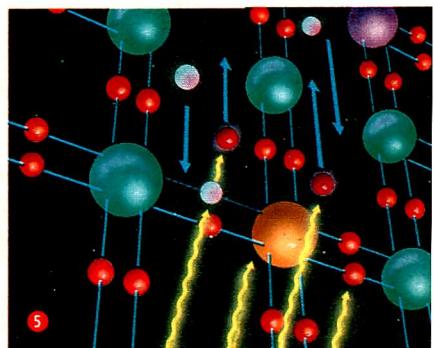
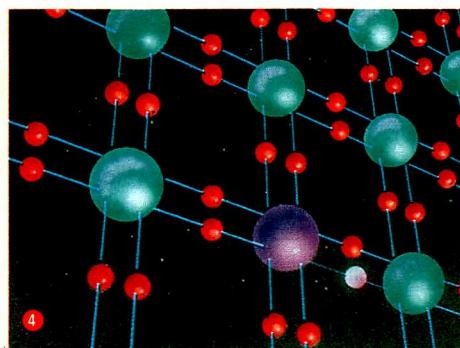
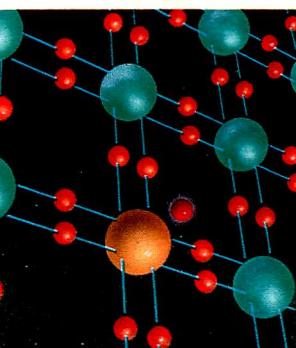
3. Silicium n : un partenaire en excès. Si l'on introduit (dopage) dans le réseau cristallin un atome (**en jaune**) ayant un électron de valence de plus que le silicium, par exemple du phosphore ou de l'arsenic, on se trouve avec un électron de trop qui peut se promener librement à travers les mailles du réseau d'atomes. On a donc une charge négative mobile qui, sous l'influence d'un champ électrique – différence de potentiel – va se

déplacer dans un seul sens pour donner un courant électrique.

4. Silicium p : un partenaire de moins. Si maintenant l'on introduit un atome (**en violet**) ayant un électron de valence de moins que le silicium, il manque une charge négative dans le lien normal : la charge positive totale du noyau atomique n'est plus équilibrée, et le vide laissé par l'électron manquant peut être considéré comme une charge positive mobile. Un électron voisin peut alors venir combler ce vide ; ce faisant, il laisse à sa place un autre trou qui viendra rem-

plir un autre électron, et ainsi de suite.

5. La lumière fait courir les porteurs de charge. Quand la lumière tombe sur un sandwich silicium n/silicium intrinsèque i (non dopé)/silicium p, son énergie libère d'autres électrons baladeurs dans la couche n qui en possédait déjà ; grâce à cet accroissement de potentiel, l'ensemble traverse alors la couche i ; dans le même temps, les trous de la couche p remontent vers ces électrons. Ce double mouvement de charges est un courant électrique dû à la lumière.



nith fournit 1400 W/m², quantité connue sous le nom de constante solaire ; bien que le Soleil ne soit à la verticale qu'à midi dans les régions tropicales, on peut tabler sur une moyenne de 700 à 1000 W/m², selon l'heure et les latitudes.

Avec un rendement de 20 %, cela représente encore de 14 à 20 kW pour un panneau de 10 x 10 m. C'est là une quantité appréciable d'énergie, et on conçoit que les fabricants cherchent à augmenter le rendement des cellules photovoltaïques. Faire baisser le coût de production relève, en revanche, plus de mécanismes économiques que de procédés techniques, une diffusion en grande série permettant seule de diminuer les prix de façon appréciable.

A partir de 1980, l'industrie des cellules solaires a connu une progression annuelle supérieure à 30 %, ce qui est tout de même considérable. Quant à la production, elle a été multipliée par 45 depuis 1978. Le rendement a suivi une pente moins spectaculaire, mais il est quand même passé de 7 % à 12 % durant cette période, alors que la durée de vie des cellules a doublé et atteint maintenant vingt ans. Mais il s'agit toujours de cellules classiques, celles dont nous avons décrit le principe plus haut. Aujourd'hui, les chercheurs s'attaquent à des variantes qui permettent soit d'abaisser le prix de fabrication, soit d'augmenter le rendement.

Les cellules classiques sont faites à partir de silicium pur cristallisé qui revient fort cher, mais on peut aussi utiliser le silicium polycristal ou alors le silicium amorphe. Le premier est au cristal brut ce que le granit est au bloc de quartz : un agglomérat de microcristaux. Le second n'a plus de cristaux du tout et n'est qu'un liquide en surfusion très refroidi auquel son énorme viscosité finit par donner toutes les caractéristiques d'un solide ; l'exemple le plus courant est celui du verre, verre à vitres ou verre à bouteilles : l'arrangement des atomes est celui d'un liquide, alors que dans un cristal il suit un ordre géométrique rigoureux.

Le silicium polycristal est beaucoup moins cher que le silicium monocristal et c'est lui qui équipe les calculatrices solaires, les ventilateurs de voitures ou les panneaux montés sur les petits bateaux. Il a l'avantage d'être sensible aux faibles éclairements, et l'inconvénient d'avoir un rendement de conver-

NOUVELLES PILES POUR UN SOLAIRE

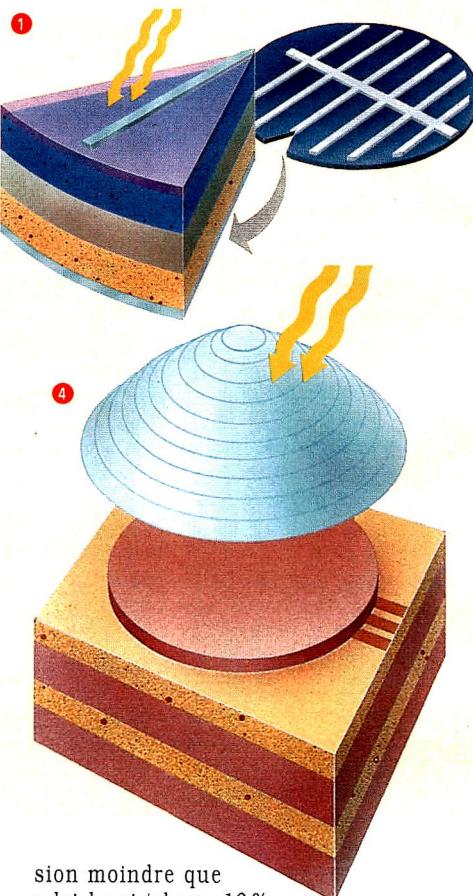
La photopile classique, en cristal de silicium très pur, coûte cher à fabriquer – mais son rendement peut atteindre 20 %. Les chercheurs tentent de mettre au point de nouvelles cellules, moins chères ou d'un rendement supérieur.

La cellule cristal (1)...

C'est la photopile classique, faite de 3 couches de silicium monocristallin (Si n, en bleu,

Si i, en vert et Si p, en jaune – voir détail dans encadré p.112), fort cher. Le courant est recueilli sur la face d'entrée par une électrode transparente (en violet) sur laquelle court une grille métallique, et sur la face de sortie par une simple feuille de métal (en bleu).

... ou polycristal (2). Pour réduire le prix de revient, on remplace le silicium monocristallin par



sion moindre que celui du cristal pur : 16 %

en laboratoire, mais guère plus de 10 % dans les applications courantes. Grâce au faible prix du matériau, le kWh produit reste malgré tout moins cher que celui donné par le silicium monocristallin.

Mais c'est la variété amorphe qui semble donner les meilleurs résultats ; il n'y a plus de fron-

PLUS RENTABLE

du silicium polycristal (*en jaune, beige et bleu*) – agglomérat de microcristaux. Le rendement est moindre, mais le courant débité revient moins cher. Cette photopile est maintenant très utilisée.

Une photopile à film mince (3)... En mettant à la place du silicium des semiconducteurs à base de cadmium en films minces (*en jaune et bleu*), on conserve un rende-

ment acceptable tout en abaissant le prix de fabrication. Ces cellules ne sont encore produites qu'en petite quantité par un laboratoire américain.

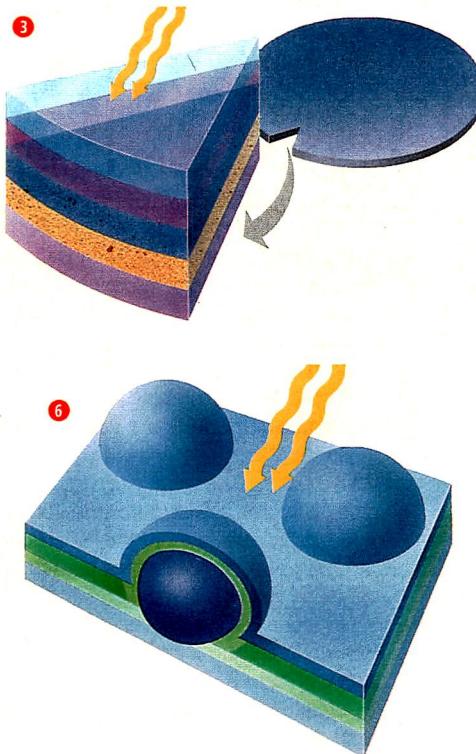
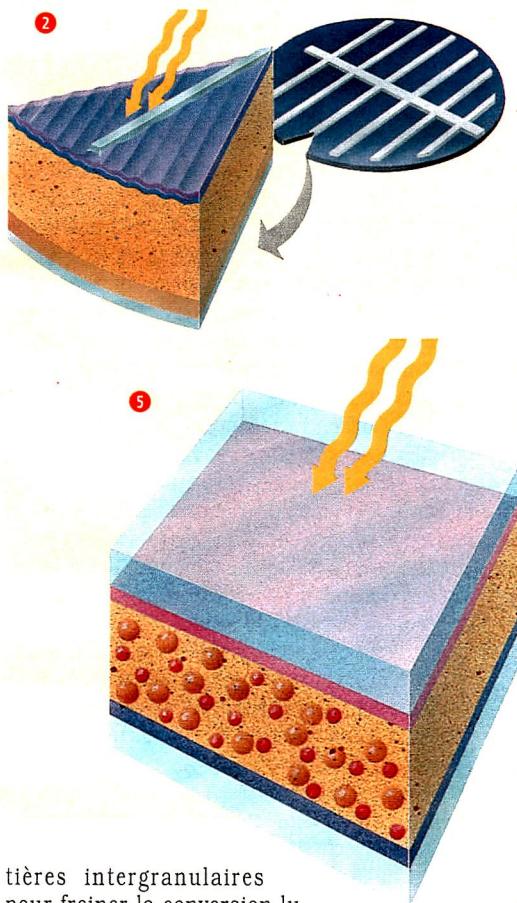
...Et une autre à minilentille (4). En utilisant une lentille de Fresnel (*en bleu*) pour concentrer la lumière et de l'arsénure de gallium comme semi-conducteur (*en marron*), on arrive à des rendements élevés

(37 %), mais cela au détriment du prix de revient. Pour le moment, ces photopiles sont encore réservées aux satellites.

Des vitres génératrices de courant (5). Convertir en électricité la lumière filtrée par une vitre teintée est une idée étudiée en Allemagne et en Suisse. La version illustrée ici, à base d'iode (*en beige*) et d'oxyde de titane (*en jaune*), est celle proposée

par l'institut fédéral de Lausanne ; son rendement est de 12 %.

Du silicium en billes (6). Coincé entre deux feuilles d'aluminium (*en bleu*), le silicium en microbilles (*en violet*) convertit la lumière en courant avec un rendement de seulement 10 %. Mais ces photopiles, fabriquées en feuilles de plusieurs mètres, reviennent très peu cher, d'où leur intérêt.



tières intergranulaires pour freiner la conversion lumière-électricité et, en fait, l'arrangement des atomes dans le silicium amorphé se traduit par un plus haut degré d'absorption de la lumière que dans le silicium cristallin. Il en découle qu'un film bien plus mince peut absorber la même quantité de rayonnements.

Le silicium amorphé est surtout utilisé en film mince déposé sur un substrat de verre, lequel peut servir ensuite à couvrir une façade : le mur devient fournisseur d'énergie. Cette technique a été poussée fort loin en Allemagne par la firme Photronics Solartechnik de Putzbrunn, et aux Etats-Unis par la société ECD de Detroit. Cette dernière utilise d'ailleurs des rouleaux d'acier inoxydable (150 m de bande

fine) comme base, et non plus des dalles de verre comme les Allemands. Sur cette bande en inox sont déposés une demi douzaine de couches si minces que l'épaisseur totale du revêtement photovoltaïque ne dépasse pas le millième de millimètre ; on y trouve bien sûr du silicium amorphe, mais aussi un alliage vitreux de silicium et de germanium, de l'oxyde de zinc (qui est photosensible) et de l'argent. Le rendement est proche de 14 % grâce à la structure en couches multiples qui permet de piéger une vaste gamme de fréquences, autrement dit de couleurs.

Cette formule devrait permettre, d'ici à dix ans, de ramener le prix du kWh solaire à celui du kWh des centrales habituelles. Il existe d'ailleurs d'autres cellules en films minces, mais où le silicium est remplacé par un composé semi-conducteur de cadmium et de tellure. Le prix de revient est bas et le rendement, avec 14 %, reste du même ordre que celui des films à base de silicium.

En Suisse, l'Institut fédéral de technologie, à Lausanne, a réalisé des vitrages photovoltaïques qui convertissent 12 % de la lumière en électricité et laissent passer le reste ; ces vitrages pourraient donc convenir pour équiper des fenêtres qui apparaîtraient seulement légèrement teintées. Le film qui assure la conversion lumière-électricité est liquide et comporte de l'oxyde de titane, un mélange fluide photosensible et de l'iode dont les atomes assurent le transport d'électrons entre les deux électrodes transparentes.

Aux Etats-Unis, la firme Texas, associée à S.C. Edison, a suivi une voie qui peut paraître curieuse dans la mesure où on a négligé le rendement au profit d'un prix de fabrication aussi bas que possible. Le matériau photosensible est encore le silicium, mais sous forme de très petites billes de 0,8 mm – la pointe d'un stylo à bille standard donne une juste idée de cette taille. Au départ, on prend du silicium ordinaire, qui coûte 80 % de moins que le silicium très pur utilisé pour les circuits intégrés. Il est ensuite fondu et, au cours de la fusion, les impuretés sont éliminées par le processus qui mène aux billes minuscules. Ces billes sont ensuite emprisonnées entre deux feuilles d'aluminium, qui constitueront les deux électrodes de la cellule solaire. Le rendement ne dépasse guère 10 %, mais ce procédé de fabrication ne requiert qu'un four bien réglé et n'a aucun besoin des lasers, chambres à vide et autres faisceaux d'ions qui sont nécessaires aux semi-conducteurs.

Le prix de revient est, de ce fait, fort bas. Mais on peut aussi considérer le point de vue opposé : rester dans les prix habituels, mais en relevant de beaucoup le rendement. C'est la voie qu'ont choisie les

chercheurs de Boeing en réalisant une cellule à base de gallium, arsenic et antimoine : un petit carré épais d'un demi-millimètre surmonté d'une pastille ronde et coiffé d'une petite lentille à échelons (lentille de Fresnel). En fait, il y a deux couches de composés chimiques semi-conducteurs (gallium/arsenic et gallium/antimoine) qui sont sensibles à des portions différentes du spectre solaire, ce qui permet de convertir une plus large fraction du rayonnement en électricité. De plus, ce rayonnement est concentré par la lentille et au total le rendement atteint 37 %, ce qui est un record. Mais ces cellules solaires, conçues pour l'utilisation spatiale, reviennent encore fort cher.

L'idée de concentrer la lumière avec des lentilles à échelons, mais cette fois cylindriques, a d'ailleurs été proposée par la firme américaine 3M dans le but de réduire le nombre d'éléments photosensibles ; en effet, une lentille de 10 cm éclairant une cellule de 2 cm restitue à peu près la même énergie qu'une cellule de 10 cm. Or une grande lentille – qu'on peut faire en plastique – et une petite cellule coûtent environ 20 fois moins cher qu'une grande cellule. Le rendement est de l'ordre de 16 %, mais le système requiert évidemment un système de rotation horaire pour suivre le Soleil dans sa course diurne – faute d'un pointage de ce type asservi à une horloge, l'image du Soleil donnée par la lentille se déplacerait à mesure que l'astre monte dans le ciel et ne tomberait plus sur la ligne de photocapteurs.

A ce système, comme aux autres, il ne manque qu'une chose pour être rentable : la fabrication en grande série. Si la NASA n'avait pas eu besoin, pour la course à la Lune, de calculatrices miniatures et performantes, les circuits intégrés seraient peut-être encore aujourd'hui des prototypes de laboratoire. Mais elle avait d'immenses crédits, et un immense besoin de circuits minuscules. Ceux-ci ont donc été fabriqués en petite série et leur prix a baissé, ce qui les a mis à la portée d'autres utilisateurs. Pour répondre à la demande, on est passé de la petite série à la grande série, et les circuits intégrés sont devenus vraiment abordables, ce qui leur a ouvert de nouveaux marchés, et cet effet boule de neige a assuré leur diffusion mondiale au moindre coût. Pour que l'électricité solaire sorte d'un cercle restreint d'utilisateurs et devienne un peu générale, il lui faut suivre la même voie.

Les chercheurs ont déjà fait le premier pas puisque, en dix ans, ils ont doublé le rendement et découvert des solutions moitié moins chères. Reste maintenant à trouver le premier commanditaire, ce qui ne relève plus des lois de la physique, mais de celles du marché.

Renaud de La Taille

Tous les matins
Europe 2
réveille!!!!
les neurones!!!!
entre 7h et 9h avec
Les Nuls
les infos, la musique, la musique
Philippe **Aubert**
et les infos et la musique



PAR RENAUD DE LA TAILLE

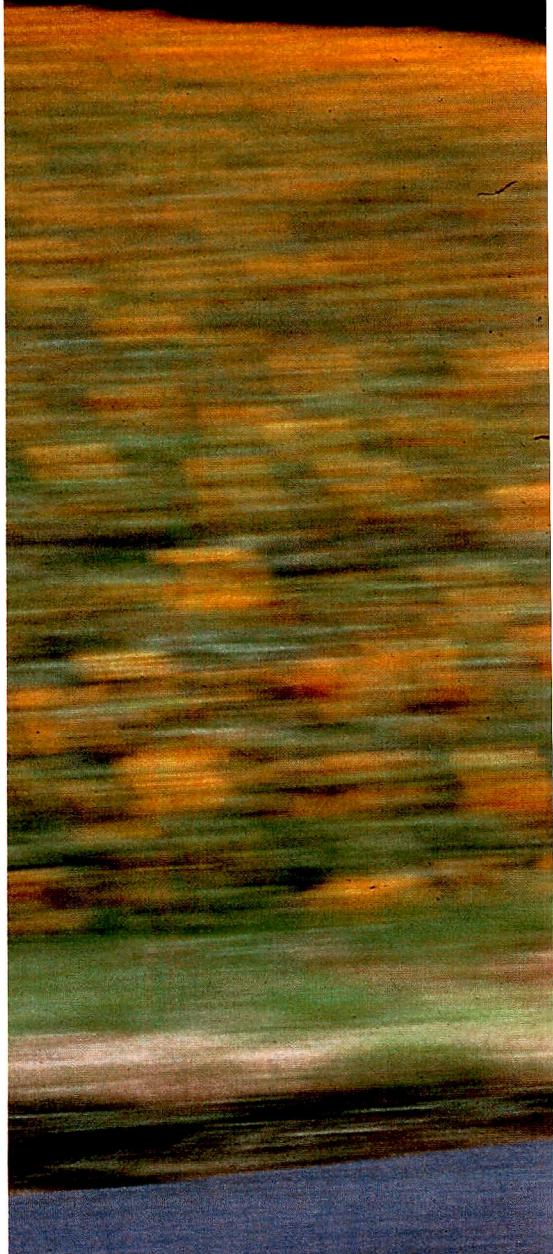
VÉLO : TOUJOURS PLUS VITE

Juillet 1992, le Tour de France descend les Champs-Elysées et l'un des suiveurs de la télévision a ce commentaire : «Si le meneur du peloton était un conducteur, il aurait déjà perdu 2 des 6 points du nouveau permis car il roule à 70 km/h au lieu des 50 km/h prescrits.» Mais pouvoir rouler à 70 km/h en vélo découle, on s'en doute, d'une longue évolution technique soigneusement calculée.

En sport, un record est toujours fait pour être battu ; il peut tenir des années, mais un jour vient où quelqu'un fait mieux. C'est vrai pour le saut en hauteur, pour le tir à 300 mètres, pour la nage, la course ou la descente en slalom. Or, l'athlète d'aujourd'hui ne dispose pas d'une puissance musculaire supérieure à celle du gladiateur romain ou du bâtsisseur de cathédrales ; mais, grâce à l'étude scientifique du corps humain et du matériel sportif, il utilise infiniment mieux cette puissance.

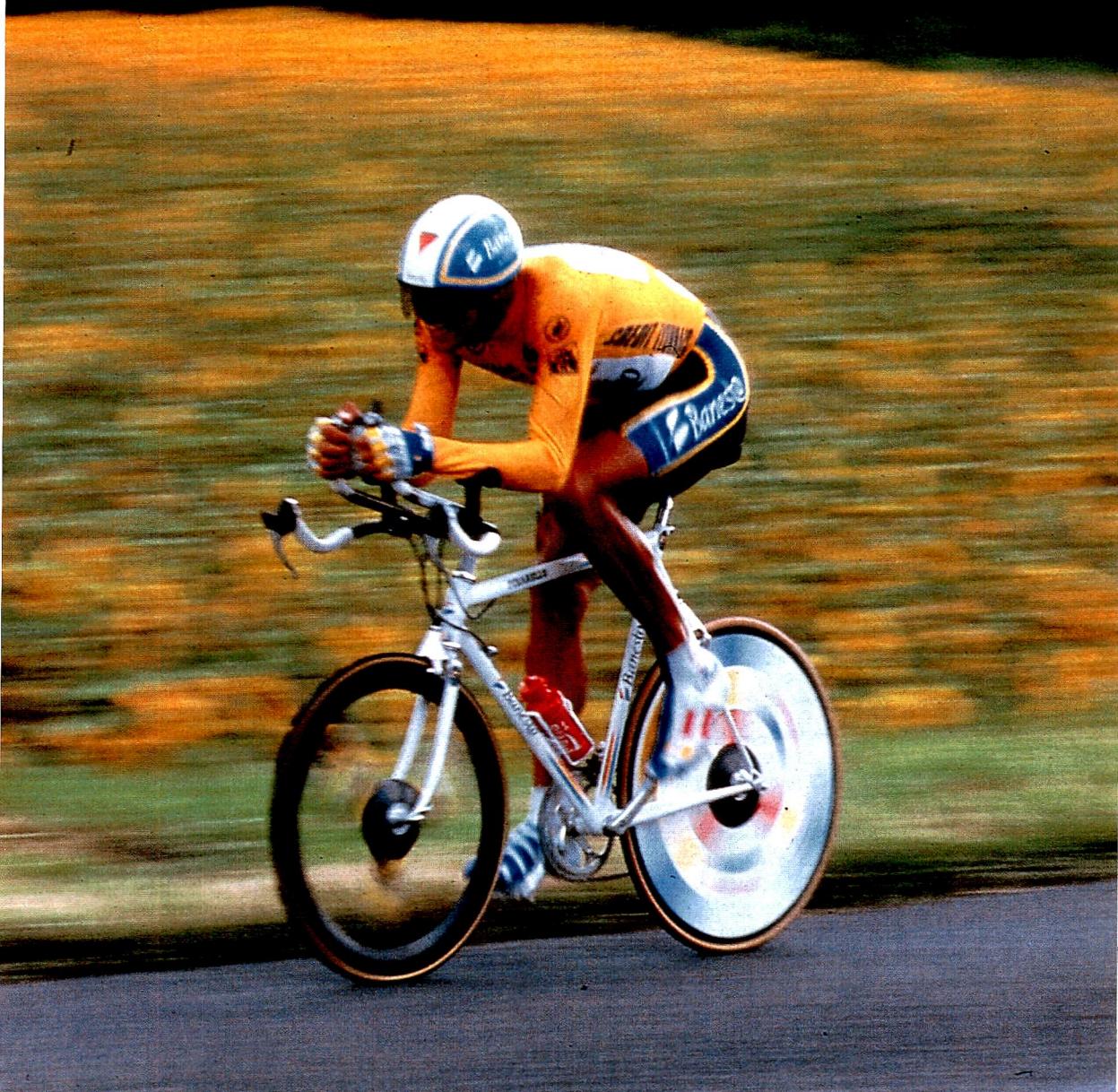
Et c'est ainsi qu'on grignote des centimètres au saut en longueur, des secondes au slalom ou des km/h sur une bicyclette. Le saut en hauteur ou le slalom ne sont pas de pratique courante, mais tout le monde a fait de la bicyclette, ce qui permet de cerner plus facilement les performances atteintes aujourd'hui. Le promeneur qui pédale sur la route des dimanches va nettement plus vite qu'à pied, mais il fait tout au plus une quinzaine de kilomètres dans l'heure.

Plus jeune, il a sans doute fait la course avec



quelques amis et, s'il a disposé d'un compteur, il a noté qu'il pouvait sans trop de mal rouler à 30 km/h pour peu que ce ne soit ni en côte ni par vent de face. Mais soutenir cette allure suppose déjà de l'entraînement et du goût pour le cyclisme. En se donnant plus de mal, on atteint 40 km/h, surtout si le chemin descend ou qu'on a un petit vent dans le dos.

Tenir cette même vitesse sur des kilomètres demande un entraînement vraiment solide. Quant à aller au-delà, cela relève du sprint très bref : en tricotant des pattes à la cadence d'un scarabée tombé sur le dos dans une soucoupe, on parvient à soutenir les 50 km/h sur une dizaine de mètres, après quoi on peut reprendre son souffle en roue libre sur une bonne centaine de mètres.



En revanche, en juillet dernier, dans la 19^e étape du Tour de France, l'Espagnol Miguel Indurain a parcouru les 64 kilomètres de Tours à Blois à 52,35 km/h de moyenne ; ajoutons qu'il s'agissait de l'étape dite contre la montre, où le coureur est seul sur la route et ne bénéficie pas de l'effet d'aspiration propre à la course en peloton – un cycliste, lorsqu'il est "dans la roue" d'un autre, consomme deux fois moins d'énergie que s'il était seul.

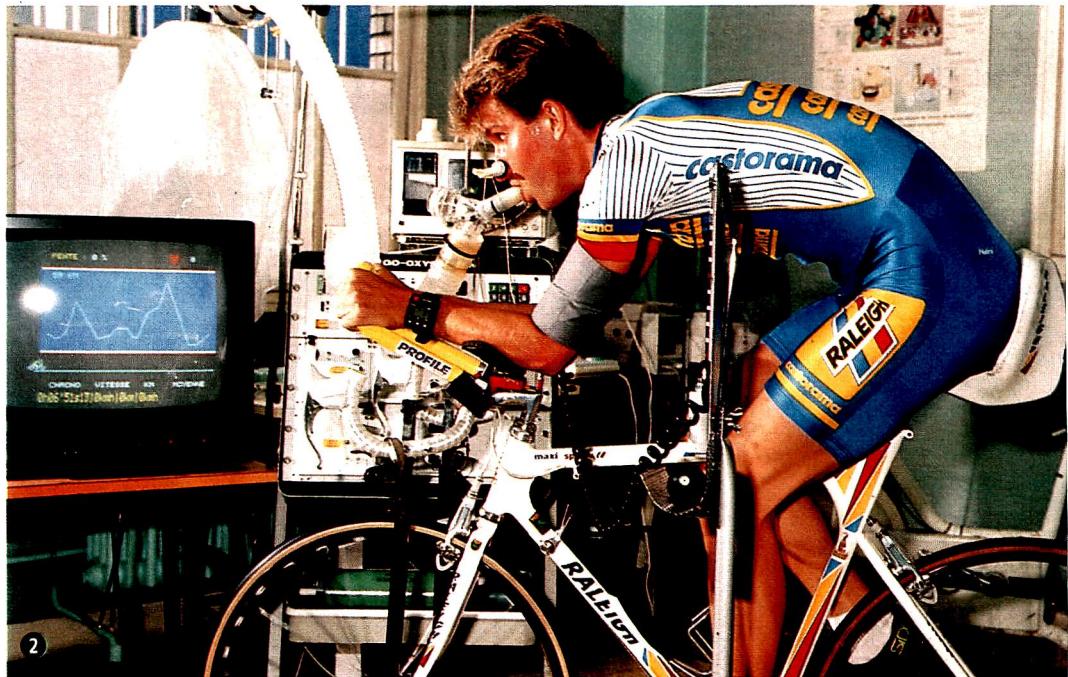
Pour faire 64 km à plus de 52 km/h de moyenne, il faut rouler la plupart du temps à plus de 55 km/h, car il y a toujours sur un trajet de cette longueur des côtes ou des faux plats où l'allure tombe bien en dessous de 50 km/h. Ceux qui ont tenté de soutenir seulement les 40 km/h sur plu-

64 kilomètres à 52,35 km/h de moyenne

C'est l'exploit réalisé par le coureur espagnol Miguel Indurain, entre Tours et Blois, pendant le Tour de France 92.

sieurs kilomètres – en plat et sans vent arrière – mesureront aisément l'exploit réalisé ce jour-là.

Il est de même vrai que, lors d'échappées en fin d'étape où le peloton roule à plus de 50 km/h, un coureur est aujourd'hui capable de se détacher du groupe pour le sprint final en pédalant vers la ligne d'arrivée à 70 km/h – sur le plat, bien sûr ; il est évident que dans une descente en montagne, la plus modeste bécane montée par un cycliste un peu lourd peut dépasser en roue libre les 80 km/h (mais il n'est pas sûr



qu'elle reste sur la route). En roulant à 70 km/h, on arrive à des allures qui relèvent plus de celles de l'engin motorisé que de la mécanique humaine.

C'est pourtant en étudiant scientifiquement cette mécanique et en lui donnant un outil sur mesure qu'on peut maintenant atteindre des vitesses qui étaient impossibles il y a seulement une dizaine d'années. Au départ, il y a la puissance musculaire du cycliste ; à l'arrivée, il y a une ligne à franchir après avoir parcouru la route dans le temps le plus court. Et entre les deux, il y a la machine avec un cadre, deux roues, une selle et un guidon. Tout le problème scientifique est d'adapter cette machine au coureur, afin d'exploiter au mieux la puissance de celui-ci.

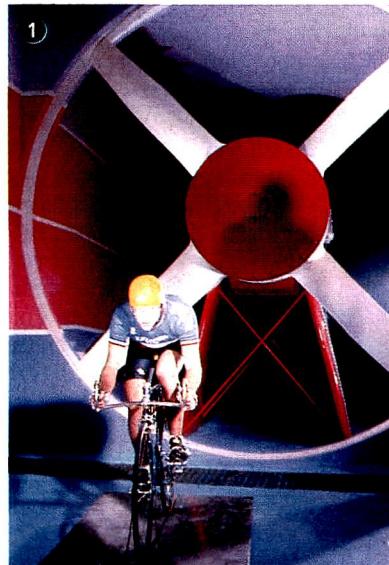
Or, cette puissance vient de deux jambes qui pèsent alternativement vers le bas, et dont il va falloir transformer le mouvement alternatif en rotation avec un rendement aussi proche que possible de 100 %. C'est d'ailleurs là que commencent les difficultés, dans la mesure où une jambe n'est pas une bielle de piston avec

un axe en haut et un axe en bas, mais un jeu de leviers avec trois articulations principales : la hanche, le genou et la cheville.

Transmettre au pédalier la force exercée par ce jeu de leviers de telle manière qu'il n'y ait pas la moindre énergie gaspillée est loin d'être simple, et s'est longtemps fait de manière empirique. L'expérience ainsi accumulée au fil des années mena à des vitesses déjà impressionnantes, mais seule une approche scientifique de la question pouvait permettre d'aller plus loin encore.

Il y a une douzaine d'années, un Français spécialiste de la biomécanique, Armel André, commença à se pencher sur le problème. Après avoir travaillé une vingtaine d'années au laboratoire d'ergonomie de Renault, il mit son savoir au service de la firme Maxi Sports qui fabrique les vélos des coureurs professionnels - c'est lui qui a conçu les machines de Bernard Hinault, Greg LeMond, Laurent Fignon, Jeannie Longo et autres champions.

Ajoutant à ses acquis en



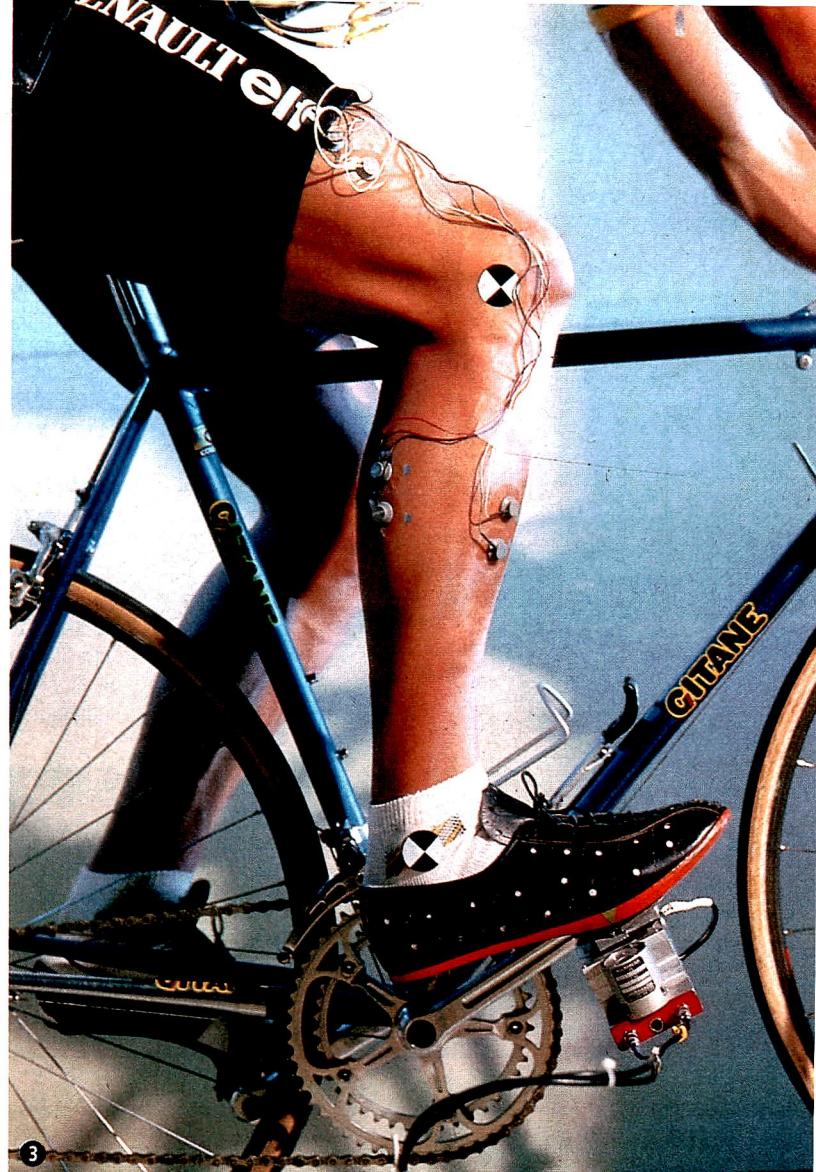
biomécanique des connaissances étendues en morphologie, en physiologie et en psychologie, il repensa le problème à partir d'une donnée élémentaire de la mécanique générale : quand une force s'exerce sur un point mobile à partir d'un point d'appui fixe, le rendement du travail exercé par cette force dépend de la position réciproque de ces points.

En ce qui concerne la bicyclette, cela lui permit de dégager un repère géométrique essentiel : le triangle formé par les trois points d'appui dont dispose le cycliste, à savoir le pédalier, la selle et le guidon. Il s'agit de disposer ces points d'appui dans l'espace en fonction du centre de gravité de la personne, et selon la configuration qui permettra d'exercer les efforts dans les conditions optimales. Du même coup on aura le meilleur rendement, et également la meilleure stabilité.

Cela impose de bâtir la machine autour du sujet dont on aura d'abord pris toutes les mesures : la taille, bien sûr, mais surtout la longueur du buste, de la jambe, de la cuisse, du bras, de l'avant-bras... A partir de là, selon un modèle étudié sur ordinateur, on peut dessiner un cadre qui permettra au coureur d'avoir le meilleur rendement physiologique et mécanique.

Il y a eu deux phases d'essais qui ont mené à un modèle informatique sûr. Tout d'abord un ensemble de mesures physiologiques menées sur un vélo fixe, totalement réglable dans tous les sens : longueur, hauteur, écarts entre selle et guidon et entre selle et pédalier, longueur des pédales, etc. Des coureurs entraînés pédalaient sur ce gabarit et on mesurait alors la puissance à la roue en même temps que le rythme cardiaque, la consommation d'oxygène, la dépense calorique et le potentiel des groupes musculaires les plus sollicités.

Toutes ces mesures physiologiques permirent déjà une première approche du triangle des points d'appui. Il restait ensuite à affiner le dessin en faisant la mesure des paramètres mécaniques : la force exercée sur les pédales, la variation du couple résultant

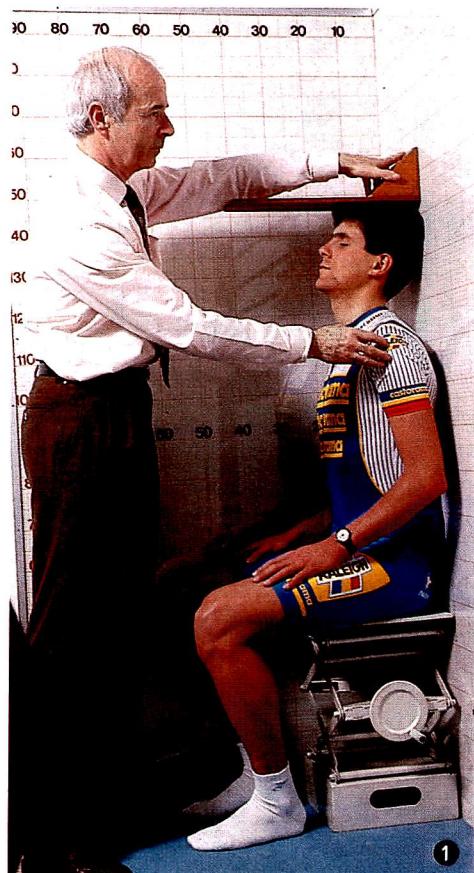


Ne rien perdre de la puissance

Après le passage en soufflerie ① qui constitua la première étape scientifique vers la haute vitesse sur bicyclette, il restait à mesurer la dépense énergétique faite par le coureur pour une vitesse donnée et selon une position modifiable en tous sens – ici, Yvon Ledanois au laboratoire de physiologie de La Pitié-Salpêtrière ②. Pour affiner encore ces mesures de rendement, on utilise ensuite une pédale dynamométrique qui permet de contrôler l'effort musculaire fourni et la force effectivement transmise à la roue selon l'orientation du pied et de la jambe, et en fonction de la cadence de pédalage ③.

selon la position du pied sur la pédale ou son inclinaison par rapport à celle-ci, le rendement en fonction de la vitesse de pédalage, etc.

Le traitement informatique de ces deux groupes de relevés, physiologiques et mécaniques, permit alors de connaître le triangle des points d'appui qui convient le mieux selon les mensurations du sujet. Autrement dit, ce modèle informatique permet de dessiner



1

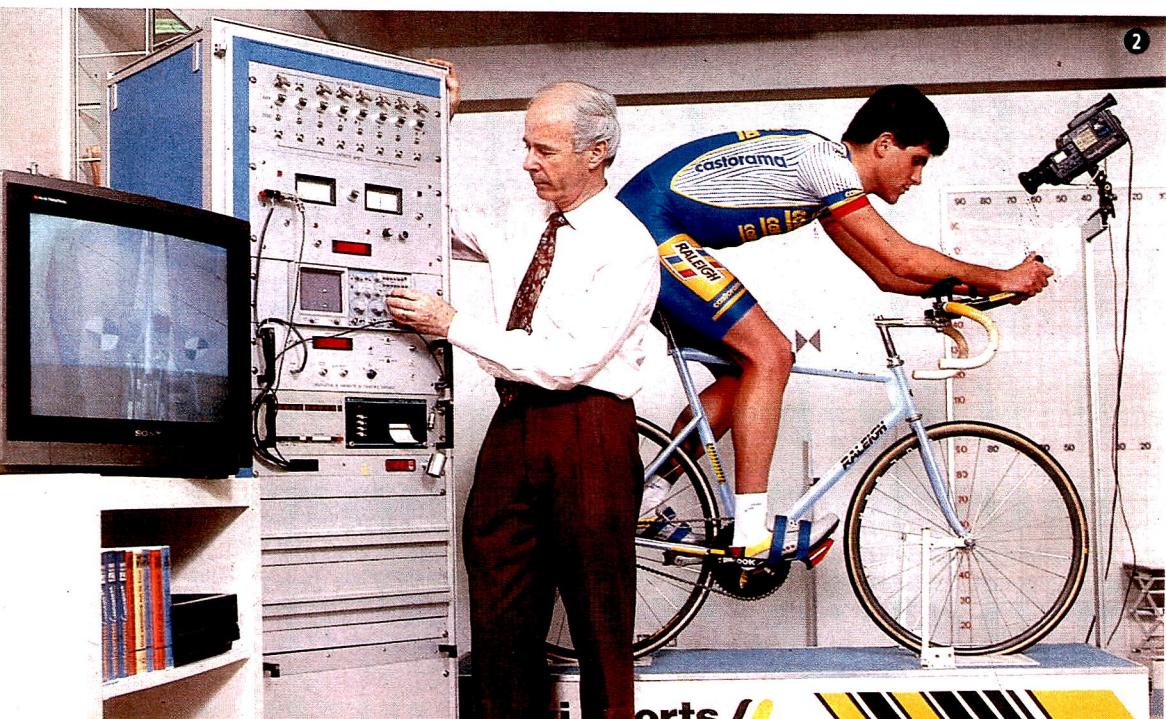
le cadre qui donnera le meilleur rendement pour un coureur dont on a pris toutes les mensurations. Le premier à bénéficier de cette étude fut Bernard Hinault, il y a une douzaine d'années.

En pratique, le gain apporté par cette méthode explique déjà en partie l'augmentation des vitesses atteintes lors des compétitions – du jour où l'idée a été lancée, elle a été suivie, de plus ou moins près, par les autres constructeurs. Un autre apport décisif a été, pour le vélo mais aussi d'autres sports comme le tennis ou le saut à la perche, l'analyse au ralenti des mouvements filmés au caméscope.

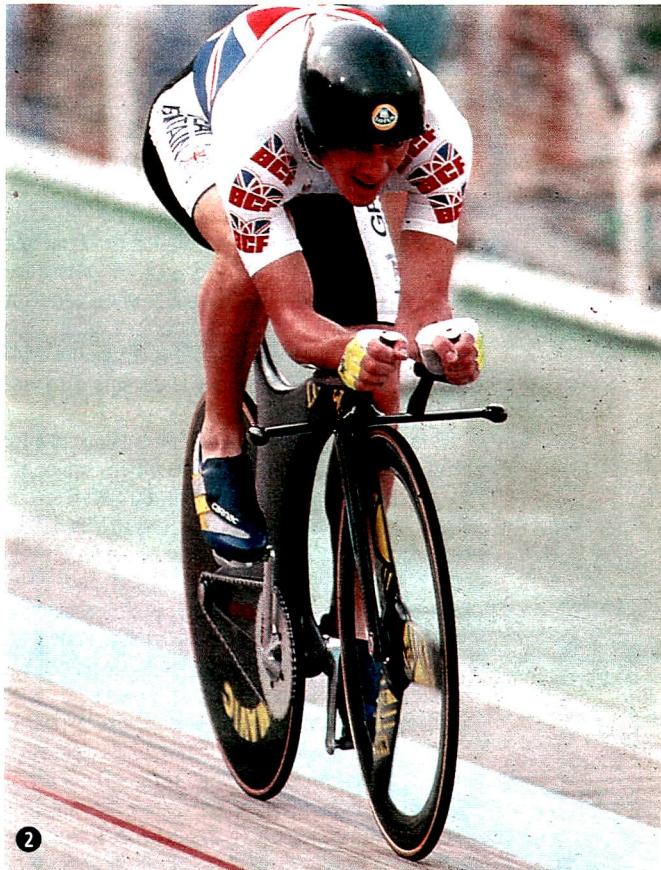
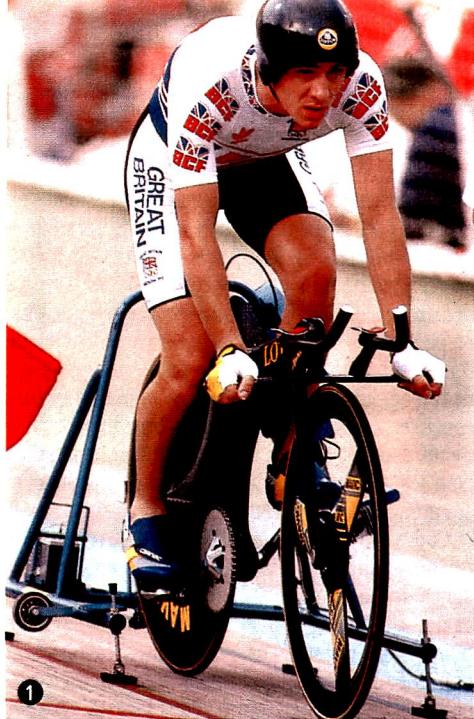
Pour situer l'amélioration ainsi apportée par un engin fait sur mesure en fonction de critères scientifiques, on peut dire qu'un promeneur qui fait ses 25 km dans l'heure avec un vélo du commerce en fera 30 pour la même dépense d'énergie avec une machine dessinée pour lui – ou fera ses 25 km en se fatiguant moins. Un cycliste déjà entraîné qui par-

Adapter la machine à l'homme

Après avoir pris toutes les mensurations du coureur 1, l'ingénieur Armel André note son rendement en fonction de la position des trois points d'appui guidon-selle-pédalier ; dans le même temps, les mouvements du cycliste sont filmés 2 et analysés ensuite au ralenti. Ceci permettra de dessiner le cadre qui convient le mieux à la morphologie de ce coureur et qui lui assurera le meilleur confort, donc une plus grande vitesse pour un moindre effort.



2



La formule 1 du vélo

En cyclisme, la poursuite est une épreuve très spéciale courue sur piste et dans laquelle on utilise des vélos conçus uniquement pour aller le plus vite possible sur 4 km. Au départ ①, l'Anglais Chris Boardman prend appui sur deux petits leviers de direction mais, dès qu'il est un peu lancé ②, il avance les bras sur un guidon très particulier, dit de triathlon, qui lui permet de diminuer encore la surface qu'il offre à la résistance de l'air. Il gagnera cette épreuve à 54 km/h de moyenne.

court 35 km en une heure peut espérer lui aussi un gain absolu du même ordre (4 ou 5 km de plus).

Il en va différemment pour un coureur professionnel qui a déjà une machine taillée "en gros" à sa mesure, et pour qui les 45 km/h de moyenne sont chose courante. Toutefois, le gain apporté par un vélo ajusté à sa morphologie selon les critères ergonomiques calculés par Armel André peut se chiffrer par un ou deux kilomètres de plus dans l'heure. Ce qui, en course, fait la différence entre le peloton de tête et les attardés – mais, comme dans tout autre sport, la technique ne gommera jamais l'écart entre un grand champion et un second couteau.

Cela étant, une fois trouvé le cadre qui correspond au meilleur rendement du moteur humain, il restait encore à se pencher sur la machine elle-même pour que ce rendement ne soit pas gaspillé à déplacer plus d'air qu'il ne faudrait. De fait, ce qui empêche un cycliste de rouler sans peine à 100 km/h, c'est la résistance de l'air – il suffit de faire une vingtaine de kilomètres par vent de face pour le savoir.

Il y a longtemps déjà que le cycliste en position sur

sa machine est passé en soufflerie au même titre qu'une aile d'avion ou un carénage de moto ; on peut citer en particulier, pour la France, les recherches menées à l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr par le Pr Ménard. L'intérêt de ces études est de faire apparaître l'énergie absorbée par la résistance de l'air selon la vitesse atteinte ; mais leur point faible vient de ce que le sujet est obligatoirement immobile sur la bicyclette. Les mesures sont en effet relevées par des jauge de contrainte très sensibles qu'il est déjà difficile de calibrer ; le moindre mouvement du cycliste sur la machine fait entrer en jeu d'autres forces que la seule résistance aérodynamique et les mesures s'en trouvent immédiatement perturbées. C'est donc l'énergie prise par un cycliste immobile – comme en roue libre – qui est relevée, mais elle apporte quand même des chiffres importants.

Ainsi, un cycliste de taille standard doit débiter de 500 à 600 watts pour rouler à 50 km/h ; à 60 km/h (kilomètre lancé sur piste), il faut fournir plus de 700 W. Et quand un coureur a profité de l'aspiration du peloton et déboîte en vue de la ligne d'arrivée pour

filer à 70 km/h, il dépense un court moment de 850 à 900 W. On peut d'ailleurs ici s'étonner de voir un cycliste atteindre ou dépasser les fatidiques 736 W attribués au cheval-vapeur, et qui étaient censés représenter la puissance d'un cheval de trait.

Bien que les rubriques automobiles donnent encore couramment des puissances en chevaux (ch), il faut bien relever qu'un percheron de 750 kilos grimpe allégrement une dénivellation de 10 mètres en 10 secondes, ce qui correspond à une puissance de 7 360 W : autrement dit, un cheval au petit trot en vaut dix. Rien d'étonnant alors à ce qu'un coureur cycliste puisse dépasser le mythique cheval-vapeur qui ne vaut même pas le dixième d'un vrai cheval à quatre pattes.

Cela dit, les mesures en soufflerie ont donc montré qu'un coureur à 50 km/h absorbe par résistance aérodynamique une puissance de 600 W. Sur ces 600 W, 400 sont à mettre au compte du cycliste ; il en reste donc 200 dûs au vélo lui-même – pour un vélo normal d'étape, et non un modèle spécial pour piste. Il est très difficile de réduire la traînée aérodynamique du coureur, lequel roule déjà tête baissée et ne peut modifier sa position sans compromettre le rendement physiologique dont nous avons parlé plus haut.

En revanche, on peut tenter de réduire les 200 W absorbés par le vélo en profilant tous les éléments : cadre, guidon, roues, freins et autres. Dans le but d'avoir une moindre masse à emporter avec soi dans les côtes, on va chercher en même temps à réduire le poids de la machine. *A priori*, un vélo vu de face ne semble pas offrir une grande surface à la pénétration de l'air ; en pratique, les études en soufflerie ont prouvé que cette surface largement irrégulière présentait quand même une forte prise au vent à cause des tourbillons qui prennent naissance autour du cadre, des pédales et des roues.

La bicyclette ordinaire comporte un cadre fait de tubes cylindriques, et le cylindre n'a rien de très aérodynamique. Le meilleur profil, on le sait depuis longtemps, est celui en goutte d'eau, ou en aile d'avion, à condition que l'air arrive droit dessus, ce qui n'est pas toujours le cas en vélo où le vent latéral est souvent présent. Il fallait donc trouver un compromis entre le tube cylindrique, qui est le plus mauvais pour la pénétration dans l'air, et le profil en aile d'avion qui n'est valable que sur piste.

Finalement, c'est le profil elliptique qui s'est avéré le plus satisfaisant en toutes circonstances pour les tubes du cadre, bien qu'on ait gardé le profil en goutte d'eau pour le tube de direction avant et pour les jambes de la fourche. Le guidon lui-même a été profondément modifié pour les étapes contre la montre : le prolongement utilisé par les spécialistes du triath-

lon est devenu courant depuis que Greg LeMond s'en est servi pour gagner la dernière étape du Tour 89.

Une étude récente faite par le Pr Perez, à la Salpêtrière, a pourtant montré que cette position – avec les deux bras allongés vers l'avant – provoquait une gêne respiratoire importante, mais le gain aérodynamique l'emporte sur la dépense physiologique dès qu'il s'agit de vitesse pure. La firme française Corima a d'ailleurs conçu, en association avec Maxi Sports, un ensemble moulé d'une pièce, avec profil en aile d'avion et appui pour les bras, qui remplace le guidon traditionnel et ses prolongateurs de triathlon.

Cadre profilé et guidon affiné permettent déjà de grignoter quelques dizaines de watts sur la puissance dépensée pour vaincre la résistance de l'air, et donc de gagner plusieurs km/h en vitesse de pointe. Mais il restait encore les roues à rayons dont la traînée aérodynamique est loin d'être négligeable, ce qui explique l'arrivée des roues pleines il y a six ans. Ces roues lenticulaires permettent de gagner plus d'une dizaine de watts par rapport aux rayons, mais elles ont l'inconvénient d'augmenter la traînée par vent de travers avant.

Inversement, par vent de travers arrière, elles jouent le même rôle qu'une voile sur un bateau et apportent une poussée supplémentaire. Mais comme il est à peu près impossible de prévoir le vent au départ d'une longue étape, elles ne sont utilisées que lors des prologues ou des contre la montre à petit kilométrage. On leur préfère souvent aujourd'hui les roues à bâtons, encore très bonnes du point de vue aérodynamique et surtout très légères – par rapport à une roue ordinaire à rayons, le moment d'inertie est divisé par deux.

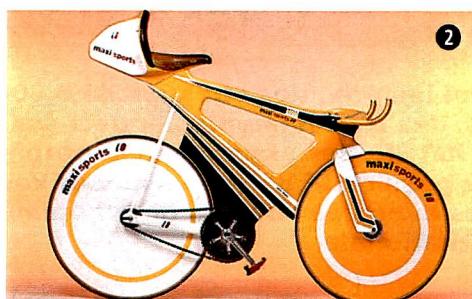
Pour ce qui est de la partie mécanique, la transmission a peu changé et fait toujours appel à la chaîne et aux dérailleurs. La pédale automatique – qui nécessite une chaussure équipée d'une cale spéciale – a sans doute apporté une meilleure liaison entre la jambe et la manivelle, mais le rendement de l'effort transmis a surtout été relevé par l'appui lombaire, sorte de mini-dosseret prolongeant la selle vers le haut imaginé par Armel André.

De fait, l'effort exercé sur les pédales tend à faire reculer le coureur sur sa selle, ce qu'il compense en tirant sur les bras (en voiture, sans le dossier, il serait difficile d'appuyer fort sur le frein). L'appui lombaire évite ces efforts et donne un point d'appui pour peser sur les pédales, d'où, là encore, un rendement physique amélioré par un meilleur confort. Côté mécanique pure, le pédalier ovale, fort séduisant du point de vue technique, a disparu de la compétition car en fait il augmente la consommation d'énergie.

Une fois dessiné ce vélo affiné et ergonomique, res-



1



2

Un record absolu

Le Britannique Chris Boardman en pleine vitesse sur son vélo Lotus fait d'un voile de résine armée de fibres carbone et verre sur une structure de titane 1. Il n'y a plus ni freins ni vitesses ; on notera la roue à bâtons à l'avant et la roue paraculaire (deux disques minces parallèles) à l'arrière. De telles machines de record existent depuis plusieurs années, comme celle concue en 1986 par Maxi Sports pour Laurent Fignon en vue du record de l'heure 2, mais elles étaient jusqu'à cette année interdites en course.

tait à l'alléger, et là, on peut dire que tous les matériaux ont été essayés sans que se dégage une solution idéale. Les plastiques composites à base de fibres de carbone sont en régression dans les grandes compétitions car ils donnent des cadres trop rigides et les efforts latéraux se reportent sur les roues au détriment du rendement global. De plus, en cas de chute, là où le métal se tord, le plastique fibré casse comme du verre avec des éclats acérés.

Le titane, qui offre en principe le grand avantage d'être aussi résistant que l'acier tout en pesant 45 % de moins, reste pourtant rare dans le cyclisme – problème de prix, et peut-être aussi de soudage des tubes. En revanche, les alliages d'aluminium sont

très répandus, sans pour autant avoir détrôné l'acier – le vainqueur du Tour cette année, Miguel Indurain, roulait d'ailleurs sur un cadre en acier.

Toutefois, si l'on recherche la vitesse pure sur piste – record de l'heure ou poursuite – où il n'y ni vent, ni côtes, ni ondulations de revêtement, on fait une machine qui est au vélo normal ce qu'une formule 1 est à une voiture ordinaire. Il n'y a plus ni freins, ni dérailleur : juste un support idéalement profilé pour que le coureur aille le plus vite possible ; la puissance absorbée par la résistance de l'air, de 200 W à 50 km/h pour un vélo d'étape, tombe alors à 35 W seulement.

C'est ainsi qu'on a pu voir, aux Jeux olympiques de Barcelone, l'Anglais Chris Boardman s'adjuger la mé-

(suite du texte page 177)



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 : _____

ECHOS DE L'INDUSTRIE



TELECOMMUNICATIONS

Le plus vieil autocommutateur français prend sa retraite

Trois cents mètres carrés de surface au sol, des entrelacs de câbles, un standard tout en bois : le plus vieil autocommutateur français, celui de l'université Paris-Dauphine, conçu selon des principes brevetés il y a cent ans, vient, après trente-six ans de bons et loyaux services, de prendre sa retraite.

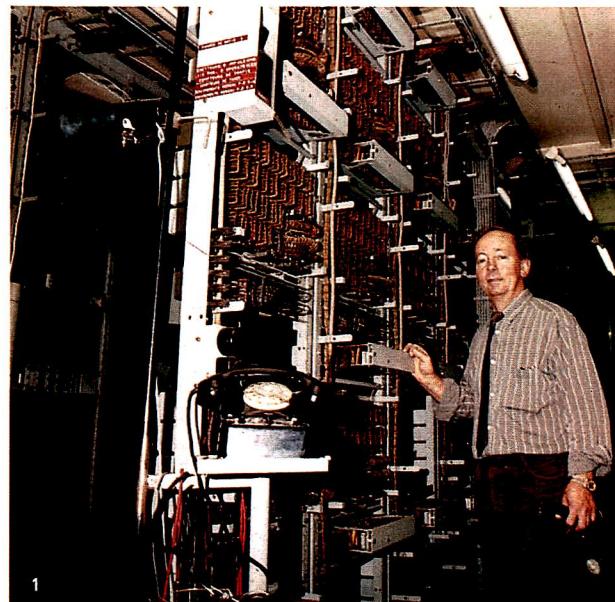
Il rejoindra la collection historique de France-Télécom qui sera bientôt réunie dans un musée à Paris. Non pas que cet autocommutateur soit au bout du rouleau. Les anciens mécanismes sont encore très sûrs – ils l'ont prouvé lors d'une récente coupure EDF, où les batteries, vieilles de plus de trente ans, ont parfaitement pris le relais du secteur. En outre, une provision de pièces de rechange aurait permis de tenir facilement encore vingt ans au moins. La réforme de l'autocommutateur n'est donc pas un problème de fiabilité ; simplement l'installation, mise en service en 1956, était devenue insuffisante pour écouter le flot des appels. Les innombrables travées sur lesquelles était implanté l'autocommutateur ①, et qui crépitaient et clignotaient au rythme des communications, sont aujourd'hui remplacées par un autocommutateur qui a certes moins de charme, mais est infinitiment plus puissant et occupe une surface limitée à... 2 x 2 m ②.

Une révolution, cette nouvel-

le installation, conçue selon le dernier cri de la technologie ? Non : une évolution. Robert Ferrero, qui appartient au Centre de construction et d'entretien des ministères et services publics de France-Télécom, et qui était depuis dix ans affecté à l'entretien et à la maintenance du "dinosau" de Paris-Dauphine, connaissait si bien les rouages de "sa" machine qu'il pouvait, dit-il, «écouter le bruit des travées pour savoir ce qu'il s'y passait».

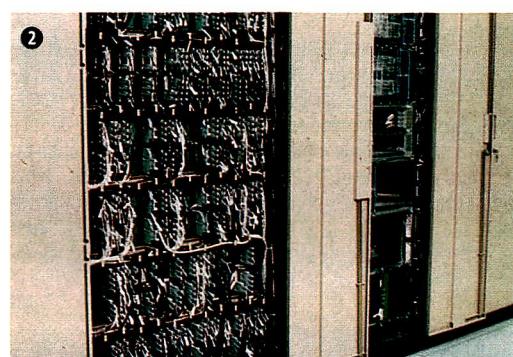
La belle mécanique Strowger, aujourd'hui mise à la retraite anticipée, fonctionnait selon des principes brevetés en 1891. C'est l'occasion pour notre frère *Messages*, édité par le ministère des Télécommunications, de raconter pourquoi et comment ils furent mis au point. Car l'histoire des "brevets du croque-mort" est véritablement savoureuse.

En 1880, Alvin Strowger est entrepreneur de pompes funèbres dans une petite ville des Etats-Unis. Tout aurait été, pour lui, pour le mieux dans le meilleur des mondes possibles, s'il n'avait subi la concurrence



déloyale du second croquemort de l'agglomération. Ce dernier lui rafait toute sa clientèle. Comment ? Grâce à la complicité de sa femme qui était "demoiselle du téléphone". Cette opératrice peu scrupuleuse n'hésitait pas, lorsque la famille d'un défunt cherchait à joindre une entreprise de

pompes funèbres, à diriger systématiquement la communication sur l'entreprise de son mari. C'est alors en cherchant à éviter la ruine qu'Alvin Strowger trouva la fortune. En 1891, il eut en effet l'idée de construire un système d'aiguillage des communications pour remplacer le système manuel qui existait. Ce système fonctionnait en automatique. Le premier autocommutateur était né. La même année, Strowger déposa les brevets des premiers centraux publics et fonda sa compagnie pour les produire et les commercialiser. Ce fut le point de départ d'une formidable réussite – et d'une gigantesque fortune.





TRAITEMENT DE L'EAU

Deux désinfectants en un

Durant la campagne des Indes d'Alexandre de Macédoine, une grave épidémie décima les troupes. Les troupes seulement, pas les officiers. L'explication généralement admise de ce mystère est que les premières buvaient dans des gobelets de bronze ou de céramique, tandis que les seconds utilisaient des coupes en argent. L'argent (Ag) est en effet connu comme un puissant agent désinfectant, donnant des résultats supérieurs au chlore (inefficace contre les biofilms, ces particules qui se constituent sur les surfaces) ou à l'ozone. On l'utilise depuis 1928 pour purifier l'eau dans de très faibles dilutions (0,01 ml/l) algicides et bactéricides. Plus près de nous, on trouve fréquemment dans la pharmacopée des composés à base d'argent pour soigner les inflammations de la peau et des muqueuses, ainsi que les maux d'estomac.

Revenons à l'eau. Des produits couramment utilisés de nos jours, comme l'ammonium ou le glutaraldéhyde, favorisent la fermentation des biofilms. Cette mince couche formée de résidus d'oxydation ou de matières organiques inertes constitue un milieu nutritionnel et de protection pour nombre de micro-organismes

et se reforme dès que la teneur en désinfectant s'atténue.

Il existe, en revanche, un désinfectant et oxydant puissant, actif sur la matière organique, c'est le peroxyde d'hydrogène, H_2O_2 , qui, lors de son action, se transforme en $H_2O + O_2$ (eau + oxygène). Son spectre d'action est très large. Il est actif sur les eaux industrielles, les eaux usées, etc. Mais il présente un inconvénient majeur : il manque de stabilité. Une stabilité qui est, précisément, l'une des qualités essentielles de l'argent.

D'où l'idée, réalisée par la société Sodifra (31 rue des Hautes-Pâtures, 92000 Nanterre. Tél. : 1 46 13 76 88), d'associer les qualités des deux désinfectants en constituant un nouveau principe actif H_2O_2 (peroxyde d'hydrogène) + Ag (argent), poétiquement baptisé Dream Water, eau de rêve en bon français. Dans cette molécule, H_2O_2 oxyde la matière organique et les impuretés, Ag assure la persistance du combiné et stabilise sa partie H_2O_2 . Avec, on s'en aperçut lors des tests, un effet de synergie ; c'est-à-dire que l'action globale des deux principes associés est supérieure à l'addition de leurs deux effets lorsqu'ils sont séparés. Dream

Water, d'une innocuité totale vis-à-vis de l'environnement, même lors d'utilisations répétées, du fait de la quantité infinitésimale d'argent, peut être manipulée sans précautions particulières ; elle est parfaitement tolérée par le corps humain, ne provoque pas d'irritations et n'a aucune de ces odeurs désagréables de certains autres désinfectants, qui vont jusqu'à susciter des migraines.

L'une des premières applications de la nouvelle molécule est d'ailleurs la désinfection de l'eau des piscines. Mais il en est bien d'autres actuellement développées par la Sodifra, comme la transformation d'eau polluée en eau potable, la désinfection des réservoirs ou encore la désinfection dans le milieu hospitalier (instruments chirurgicaux, endoscopes, désinfection des blocs). On sait que ce dernier secteur, où l'hygiène est loin d'être parfaite, attend toujours une alternative, ne présentant pas d'effets secondaires indésirables, aux désinfectants usuels.

On le voit, H_2O_2 + Ag ne manque pas d'ambition. Ses "inventeurs" pensent même qu'elle pourra être utilisée en pharmacie, notamment pour le traitement du psoriasis, de l'herpès et des eczémas.

FORMATION CONTINUE

Un prix d'excellence

Le 15 décembre, à l'occasion du 20^e anniversaire de la Délégation à la formation continue, la chambre de commerce et d'industrie de Paris lance le Prix d'excellence de la formation continue. Il récompensera tous les ans les entreprises qui s'attachent, par leurs investissements en formation, à améliorer leur compétitivité en enrichissant leur capital humain.

Originalité de ce prix : le jury ne se prononcera pas sur les dossiers d'après le nombre d'"heures-stagiaires", ou le volume des dépenses engagées pour la formation ; il s'attachera plutôt à mettre le projecteur sur les actions à long terme. Il privilégiera les stratégies d'entreprises visant à développer la qualité des produits et à mieux pénétrer les marchés, par le maintien, l'évolution et l'adaptation permanente de leurs compétences. Pour concourir : Délégation à la formation continue, 47 rue de Tocqueville, 75017 Paris. Tél. : 1 47 54 66 00, contact : Mme Marty, poste 6605.



ESPIONNAGE

Un mur très secret

Un bruit ne peut la traverser, elle ne craint aucun système d'écoute électronique et il est impossible de la percer ; cette cloison anti-espionnage, préfabriquée, isole intégralement du reste du monde n'importe quel bureau. Il suffit pour cela de la

plaquer sur les murs existants.

Le Secrecy Wall, le mur secret, a été développé par Eurowand, une firme suédoise, en liaison avec la filiale locale de Saint-Gobain et avec l'appui actif et attentif de la police suédoise.

Il est constitué de quatre

couche formant une épaisseur totale de 200 millimètres : plâtre, laine minérale, acier et verre trempé. Dans ce sandwich, dont la cohésion est assurée par des joints "labyrinthe", des alarmes électriques sont disposées ; elles hurleraient au cas, bien impro-

bable, où l'on aurait réussi à percer la cloison à la foreuse.

Le Secrecy Wall se monte rapidement, comme n'importe quel autre panneau : il peut ainsi équiper une pièce en quelques instants, et assurer le secret absolu des conversations qui s'y tiennent.



BOTANIQUE

La végétation sur ordinateur

Philippe Larère est pharmaciens, Alain Poitou chimiste, physicien et informaticien. Tous deux sont passionnés par la végétation de leur région. Philippe Larère a d'ailleurs soutenu, en 1990, une thèse de doctorat en pharmacie sur... la végétation de la forêt de Cöye, dans l'Oise. Alain Poitou n'est pas en reste, puisqu'il étudie depuis une vingtaine d'années le massif des "trois forêts" : Chantilly, Halatte et Ermenonville. A eux deux, ils organisent de nombreuses activités : sorties sur le terrain, séances de diaporamas, expositions, identifications de plantes, etc. Ils ont également publié des guides de promenades.

Et puis, Alain Poitou, fort des connaissances qu'il a accumulées au cours des années sur la région du sud-ouest de l'Oise et de sa qualité d'informaticien, a créé une banque de données botaniques

entièrement informatisée. Ses compétences s'affirment tant et si bien que l'Office national des forêts (ONF) lui a commandé l'étude des groupements forestiers du domaine de Chantilly.

Pour faire face à la demande, nos deux compères viennent de fonder une société : c'est Ecohème, sollicitée d'emblée pour deux études d'impact sur l'environnement, l'une concernant le projet de doublement de l'autoroute A1 dans l'Oise, l'autre la création d'un parc "écologique" à Saint-Quentin (Aisne).

Ecohème entend privilégier trois axes : la pédagogie, la recherche et l'application. La pédagogie a, pour l'instant, la priorité. Sous la forme de stages - séjours d'une semaine d'initiation et de perfectionnement à la botanique dans le Roussillon, en Aubrac ou encore à Chamonix.

Les domaines abordés ne se limitent pas à la botanique : la découverte de la nature dans son ensemble (géologie, etc.), la photographie, des soirées diapos ou vidéo sont également au programme.

En ce qui concerne la recherche, la banque de données répertorie 35 000 observations de terrain portant sur des espèces présentes en France (pour les trois quarts dans l'Oise, cependant, pour l'instant). Elle est d'un accès aisément et d'un usage très souple, et n'importe quel botaniste peut y apporter sa contribution. Réciproquement, elle peut être installée rapidement sur un micro-ordinateur dans n'importe quelle région. Ecohème est en contact avec des partenaires pour enrichir cette banque.

Enfin, côté application, la société a réalisé la cartographie précise des points sensibles du

massif des "trois forêts" et elle étudie la création de sentiers et jardins botaniques.

Pour tout renseignement : Ecohème, 13 rue de l'Appartement-Pain, 60300 Senlis. Tél. : 16 44 53 16 68.

■ Partenariat grandes écoles/entreprises : quelle place pour la recherche ?

C'est le thème qui sera traité à l'occasion de la III^e Convention Télécom-Bretagne entreprises, organisée le 25 novembre sur le site de la technopole de Brest-Iroise, par l'Ecole nationale supérieure des télécommunications de Bretagne. Principaux sujets de réflexion : quelle place donner à la recherche dans un établissement supérieur ? Quelles entreprises pour quelles coopérations ? Quelles dimensions donner à ces coopérations scientifiques ? Contact : Mme Horinneau. Tél. : 16 98 00 10 15.



PARCS INDUSTRIELS

Les Chinois débarquent à Saint-Nazaire...

Deux groupes de Hong-Kong créent sur le nouveau site technologique de Saint-Nazaire, Oceanus, un parc industriel de 13 000 m² avec 7 500 m² d'ateliers et de bureaux pour lequel ils investissent 35 millions de francs. Tel est le résultat des multiples actions de prospection économique et des longues négociations menées par la délégation au développement de la région nazairenne dans le Sud-Est asiatique, et en particulier à Hong-Kong, en Chine du Sud et à Taiwan : dans les cinq ans à venir devraient encore être achetés 15 000 m², puis à nouveau 7 500 m², pour créer l'espace "Europasia".

Europasia accueillera des petites entreprises industrielles (PME) non seulement de Hong-Kong, mais aussi de

Taiwan et de la province de Canton, dans la Chine du Sud, avec la bénédiction de Pékin, qui se "frotte" ainsi pour la première fois à l'économie de marché, et pour qui cette opération s'inscrit dans un programme de modernisation de ses PME.

Ce sont les deux groupes industriels et financiers de Hong-Kong qui démarcheront les entreprises pour les amener à Saint-Nazaire, en mettant à la disposition de chacune des modules industriels de 400 m².

Leur intention est de créer une complémentarité économique entre la France et l'Asie en faisant jouer la synergie main-d'œuvre bon marché en Chine et technologie occidentale à Saint-Nazaire.

Les pièces seront fabriquées par les mêmes entreprises en

Chine, dans l'île de Hainan, au large de Canton, que Pékin a finalement accepté de transformer en zone franche.

Elles seront montées à Saint-Nazaire, avec les outils les plus sophistiqués fabriqués en France et exclusivement par du personnel français, les entreprises chinoises s'étant engagées à ne venir qu'avec leurs cadres. Les produits fabriqués seront donc *made in France*, grâce à quoi ils pourront être vendus dans les pays de la Communauté européenne aussi bien qu'en Chine.

Premières fabrications envisagées : vêtements, bicyclettes, lampes, meubles, matériel ménager.

Le démarrage de l'opération se fera simultanément à Hainan et à Saint-Nazaire, à la fin de l'année 1993.

■ **Le marché des bâtiments industriels et de stockage** représente plus du quart de la construction neuve non résidentielle, indique le Salon Bâtiment-Industrie (28 et 29 janvier 1993), selon lequel la forme la plus aboutie de l'usine, conçue comme un "espace-outils", intègre quatre critères majeurs : la productivité, la flexibilité (capacité évolutive), l'image de marque et la préservation de l'environnement.

■ **Améliorer la production et les performances** de leurs ateliers, c'est l'une des principales préoccupations des entreprises, selon une enquête effectuée auprès de quatre cents d'entre elles par le CETIM, le Centre technique des industries mécaniques. Ce thème a donc été retenu pour les X^e Journées robotique et productive qui se tiendront à Saint-Etienne les 25 et 26 novembre. Le sujet sera traité par des exposés de synthèse et des présentations de produits. Deux métiers de base des mécaniciens seront particulièrement abordés : l'usage et le travail des métaux en feuilles. Contact : J.-P. Devimeux, CETIM-Saint-Etienne. Tél. : 16 77 43 19 16.

■ **Du perçage au micro-perçage.** Electro-érosion, perçage mécanique, ultrasons, faisceau d'électrons, faisceau laser, jet d'eau, les nouvelles technologies repoussent, pour les matériaux les plus divers, les limites du perçage jusqu'aux frontières extrêmes du micro-perçage. Un symposium organisé début octobre, au Creusot, par le Club Laser avec la participation du Centre technique des industries mécaniques, vient d'en apporter les preuves concrètes. Pour tout renseignement : Jean-François Chaussier, CETIM-Senlis. Tél. : 1 44 58 34 36.

TRAVAUX PUBLICS

La "signature" des ponts sous haute surveillance

John T. DeWolf, professeur d'ingénierie civile à l'université du Connecticut, a découvert que, de la même manière que change l'écriture d'une personne sérieusement malade, un pont qui risque de s'affondrer, ou dont certaines structures vieillissent mal et faiblissent dangereusement, voit se modifier sa "signature". Cette dernière est constituée par les vibrations plus ou moins intenses que crée, en divers endroits du pont, le passage des véhicules. Chaque pont a ainsi sa "signature" spécifique, composée d'un ensemble d'éléments distincts, dont chacun peut être analysé et surveillé.

DeWolf a ainsi conçu un système non destructif, puisqu'il est constitué de petits capteurs

fixés sur les ponts, dont les données sont recueillies sur ordinateur et comparées d'abord à la façon dont doit vibrer un pont "normal", en "bonne santé", et ensuite à la manière dont réagit le pont habituellement. Et s'il y a anomalie, on sait immédiatement où.

Un des principaux intérêts du nouveau système est qu'il est le premier au monde à permettre de surveiller à grande distance d'importantes installations de travaux publics – des ponts mais aussi, pourquoi pas, des barrages ou des tunnels. Il suffit pour cela de se connecter à l'ordinateur local.

DeWolf a trouvé un industriel pour mettre son invention sur le marché des travaux publics, la firme Vibra Metrics, qui s'est livrée à six ans de

tests et de mise au point. Si l'on en croit l'inventeur, son innovation a de beaux jours devant elle : de l'Atlantique au Pacifique, les Etats-Unis comptent 500 000 ponts et DeWolf assure que 230 000 – presque un sur deux ! – d'entre eux présentent des déficiences structurelles, ou ne sont plus adaptés aux charges qu'on leur fait supporter. Les remettre en état avec les méthodes traditionnelles, c'est-à-dire, dans bien des cas, les reconstruire, coûterait 53 milliards de dollars. Alors que son invention permet des réparations très ponctuelles, donc beaucoup plus économiques. Inquiétant, tout de même, pour les automobilistes américains... Mais connaît-on l'état des ponts chez nous ?

ÉLEVAGE

Les poules tiennent la ligne

À près une sélection sur 15 générations, les chercheurs de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique) ont "fabriqué" une lignée de poules mangeant moins (alimentation réduite de 35 % chez les coqs, et de 17 % chez les poules) qu'une autre lignée "vorace" de la même souche – la Rhode Island Red.

Les "économes" et les "voraces" ont le même poids et pondent la même quantité d'œufs. Elles se distinguent essentiellement par une réduction de la crête et des barbillons chez les "économes",



qui ont aussi un plumage doré clair, alors qu'il est rouge foncé chez les voraces. Ce qui confirme une précédente constatation inexpliquée : les gènes qui éclaircissent la couleur du plumage entraînent une économie d'alimentation de 1 à 4 %.

Deux chiffres justifient les travaux menés par l'INRA : une réduction de la consommation alimentaire de 5 g/poule/jour se traduirait par une économie de 90 000 tonnes d'aliments. Or, l'alimentation de la poule pondeuse représente 60 à 70 % de son coût de production.

Produire autant, consommer moins : les poules devront se plier aux impératifs de la productivité...

TÉLÉCOMMUNICATIONS

Du soleil pour le téléphone...

Perché sur la cime du Sistron à 2 600 m d'altitude, le dernier relais "Radiocom 2000" implanté dans les Alpes-Maritimes est un "hybride". Son émetteur-récepteur pour téléphones mobiles est alimenté par un groupe électrogène et par... des panneaux solaires. Ceux-ci occupent une superficie de 96 m² avec une inclinaison verticale de plus de 70 degrés pour éviter les accumulations de neige.

En période d'ensoleillement normal, les panneaux fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement du système et à la charge d'une batterie. La nuit, et en période de mauvais temps, celle-ci prend le relais. Ses réserves lui permettent de faire face à sept jours de grisaille, ce qui est assez rare dans cette région. Au-delà, un groupe électrogène se met en marche. Il se déclenche automatiquement, commandé par les cap-

teurs de tension de la batterie.

Le choix de cette hybridation répond à des raisons à la fois esthétiques et pratiques. Les panneaux sont plus discrets qu'un câble aérien et plus faciles à installer qu'un câble souterrain. Mais, seuls, ils auraient occupé une surface trop importante sur le sommet du Sistron. Quant au moteur diesel, en hiver, son alimentation en carburant n'aurait pu être garantie du fait de l'enneigement.

ESPIONNAGE INDUSTRIEL

Un audit de protection pour les informations stratégiques

L'espionnage ne concerne que pour 10 % des cibles politiques et sociales, pour 20 % des cibles militaires, mais pour 70 % des cibles industrielles ; 90 % de ces affaires d'espionnage industriel sont dues à l'imprudence et à l'ignorance des risques. La contrefaçon coûte, estime-t-on, plus de 3 milliards de francs par an aux entreprises victimes. Pour toutes ces raisons, deux spécialistes de la sécurité, Cerberus Guinard et

la société CMA, se sont rapprochées pour créer un service original en France : l'audit de protection des informations des entreprises.

Cet audit, les deux firmes s'y engagent, garantit le patrimoine intellectuel et stratégique de l'entreprise contre les atteintes, intérieures aussi bien qu'extérieures. Et il apporte la sécurité sans pour autant tomber dans l'excès et la paralysie, c'est-à-dire que les solutions préconisées sont

toujours simples à appliquer et ne perturbent pas, c'est la moindre des choses, la bonne marche de l'entreprise.

Cet audit apporte ainsi le complément indispensable à la sécurité du contrôle des accès et des dispositifs de détection d'intrusion. Cerberus Guinard (ZI, 617 rue Fourny, BP 20, 78531 Buc Cedex. Tél. : 1 30 84 66 00) estime que le marché français pour ce type de protection s'élève à 10 millions de francs par an.

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" d'*Science & Vie*, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75015 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

LA "GOLF BOX" : UN COFFRE À BASCULE SUR LE TOIT DE VOTRE VOITURE ET À PORTÉE DE VOTRE MAIN



Quoi ?

Un conteneur aérodynamique de grande capacité fixé sur les rails d'une galerie de voiture et qui peut, à volonté, basculer latéralement. Ce système permet à l'utilisateur de le remplir au maximum et de le vider en toute facilité, sans avoir à grimper sur le toit de son véhicule ni se salir.

Comment ?

Non seulement son profil est

aérodynamique, mais, avec la vitesse, la Golf Box contribue à diriger la pression de l'air vers le bas, aidant le véhicule à coller à la route. La galerie, en aluminium anodisé, pèse 12,5 kg, la Golf Box elle-même seulement 19 kg. Cette dernière, ainsi adaptable à tout véhicule, grand ou petit, est en plastique ABS recouvert d'une surface acrylique de 6 mm, ce qui lui permet de résister à des

températures très élevées. On peut aisément (au pistolet) assortir sa couleur à celle de la voiture. Elle est longue de 2,22 m et large de 0,45 m, et sa capacité atteint 280 litres. Cela permet d'y loger facilement deux sacs de golf ou des skis. Mais elle peut aussi être d'une grande utilité pour les artisans qui ont à transporter des outils, ou pour des représentants de commerce.

Pour qui ?

Fabriquée en Suède, la Golf Box est diffusée dans le monde entier par l'une des plus grandes maisons de commerce japonaises.

Celle-ci est présente dans quatre-vingts pays et réalise un chiffre d'affaires de quelque 150 milliards de dollars. Elle souhaite installer un réseau de distribution en France.

UNE POIGNÉE POUR ALLÉGER LE FARDEAU DES COURSES

Quoi ?

Il est terriblement désagréable de faire la queue aux caisses des supermarchés, et stressant d'entasser à la hâte, poussé par le tapis roulant, la caissière et le client suivant, ses provisions dans des sacs. Si, une fois remplis, ces derniers répandent leur contenu dès qu'on les pose à terre pour payer, si leurs poignées scient les mains, voire se déchirent au transport sous le poids des provisions, alors c'est l'exaspéra-

tion, le coup de sang, la mauvaise humeur assurés... Voici une petite invention – mais à quelle aune mesurer les "petites" et les "grandes" innovations ? – qui règle au moins la

deuxième partie du problème.

Comment ?

Cette solide et ergonomique poignée en plastique thermoformé se fixe rapidement sur les sacs en plastique ou en pa-

pier. Elle offre une prise agréable et maintient fermés les bords supérieurs des sacs, si bien que les provisions ne peuvent plus s'en échapper. Elle ne pèse que 32 g et est suffisamment solide pour résister à 50 kg de marchandises – beaucoup plus que le corps du sac plastique ne peut lui-même supporter...

Pour qui ?

La société qui a mis au point cette invention recherche des agents en France.



SIMULATION

Une catapulte pour l'université de Valenciennes

Ce sera une installation unique au monde : une catapulte pour les essais de crash des "véhicules de transports guidés" – roulant sur des rails – est construite par le laboratoire de génie mécanique de l'université de Valenciennes, dont l'un des grands thèmes de recherche est la dynamique des transports guidés.

Cette installation, qui représente un investissement de 5,2 millions de francs, permettra de projeter un véhicule de 2 tonnes à 60 km/h contre un mur rigide. Toutes les consé-



quences du choc seront mesurées par une multitude de capteurs et filmées. L'originalité de cette installation sera de permettre des simulations avec des véhicules à l'échelle 1/4 ou 1/2.

Les forts coûteux essais réels, tels que celui qu'on peut voir sur notre photo, ne

seront donc plus indispensables. Cette photo représente la pénétration d'une voiture tamponnant à 30 km/h un convoi arrêté. Le mécanisme de soulèvement de la voiture qui tamponne ("l'enchevuchure") entraîne sa profonde pénétration dans la voiture

tamponnée. C'est ce type de choc qui s'est produit dans l'accident survenu à la gare de Lyon à Paris. Accident ici reproduit et financé, pour les besoins de l'enquête, par le constructeur de wagons CGE Alsthom et le département transport de la SNCF.

CONTREFAÇON

Les produits industriels aussi

La contrefaçon ne s'attaque pas qu'aux marques de luxe et aux produits de grande consommation (1). Elle gangrène aussi les produits industriels : plaques d'égout, clefs à molette ou machines-outils. Avec une outrecuidance et des conséquences potentiellement dramatiques pour l'industriel comme pour le consommateur.

Le p.-d.g. d'une fonderie française, rapporte ainsi notre confrère *l'Usine nouvelle*, se rendant en Pologne avec l'ambition de procéder éventuellement à une acquisition pour conquérir les marchés de l'Est, découvert avec stupéfaction que l'usine qu'il visitait fabriquait des répliques exactes de ses propres produits. «Tout était copié : ma marque, mes numéros de références, ainsi que l'estampille prouvant la conformité aux normes euro-

pénnes.» Et le responsable de la fonderie polonaise lui montra, en toute bonne foi, si l'on peut dire, des bons de commande en bonne et due forme émanant d'un importateur français et portant sur la fourniture de 250 tonnes de ces produits par mois.

Ces produits portant le label de conformité aux normes européennes sont en fait fabriqués sans aucun contrôle. Si l'un d'entre eux était la cause d'un accident, ce serait l'entreprise française qui serait tenue pour responsable.

Toujours selon notre confrère, les exemples de ce type se multiplient actuellement : la

Chine populaire fabrique des clefs similaires à celles de l'entreprise Facom, portant sa marque et qui sont également importées en France.

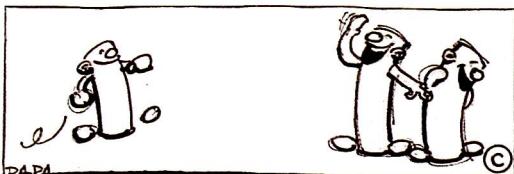
Lors de la dernière exposition mondiale de la machine-outil, le p.-d.g. de la firme Automator, qui fabrique des machines de marquage, est averti par l'un de ses clients : une société italienne, qui n'a pas hésité à se baptiser Automator Italia, non seulement utilise son logo mais fabrique en plus des machines qui ressemblent aux siennes comme des copies parfaites, ce qu'elles sont d'ailleurs.

Repérer les contrefacteurs

est souvent terriblement difficile. Le plus souvent, comme dans le dernier cas, ce sont les clients des industriels qui les préviennent. Des industriels qui se doutent qu'il se passe quelque chose d'anormal en constatant une baisse inexplicable de leur chiffre d'affaires et une tension sur les prix.

Dans ces conditions, saisir la justice en contrefaçon n'est pas évident. D'autant que cela est long et terriblement coûteux. Jean Gachot, p.-d.g. de la société de robinetterie qui porte son nom, n'a obtenu gain de cause contre l'un de ses concurrents français, parfaitement identifié, qui utilisait illégalement ses brevets, qu'après dix ans de procédure, rapporte encore *l'Usine nouvelle*. Alors s'attaquer à une fonderie polonaise ou à un fabricant d'outillage chinois !...

(1) Voir *Science & Vie* n° 889 d'octobre 1991, p. 104.



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

CYEZ

FORMULE N° 1
LE PANORAMA
DE LA SCIENCE

333 F
SEULEMENT

soit
une économie de
111 F*

CYEZ

FORMULE N° 2
LE MAXI PANORAMA
DE LA SCIENCE

398 F
SEULEMENT

soit
une économie de
149 F*

* Prix de vente chez votre marchand de journaux

NOM _____

PRÉNOM _____

ADRESSE _____

CODE POSTAL _____

VILLE _____

SIGNATURE

S & V 902

Vous déposez 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

RC PARIS 8 572 134 723
OFFRE VALABLE JUSQU'AU 31X 1992 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE MÉTROPOLITAINE, ÉTRANGER : NOUS CONSULTER.

QUAND LES FICHIERS JOUENT LA TRANSPARENCE

Créés pour faciliter l'accès à l'information, les fichiers s'écartent de plus en plus de leur vocation première. Si actuellement ils savent à peu près tout sur tout, les consulter tourne au cauchemar. Deux nouveaux logiciels, *Mapinfo* et *Cartes et Bases*, devraient rendre aux fichiers leur souplesse originelle.

Aujourd'hui, les ordinateurs savent pratiquement tout ce qu'il y a d'intéressant à retenir sur chaque mètre carré de notre territoire et sur chacun d'entre nous. Mais, si l'on souhaite exploiter simultanément plusieurs de ces fichiers, les informations étant souvent regroupées sous forme de tableaux et d'histogrammes, ce n'est pas simple !

La société française ADDE a trouvé une solution originale et efficace. Grâce à deux logiciels, *Cartes et Bases* et *Mapinfo*, l'information n'est plus présentée sous forme de tableaux mais de cartes. Une mémoire cartographique constitue en effet la trame de ces logiciels. On pourra, par exemple, étudier sur site une évolution démographique, la modernisation d'une infrastructure, les éventuels points chauds de la délinquance, etc., avec, pour chaque cas, le suivi de son évolution.

Mémorisée sous forme vectorielle, c'est-à-dire non plus pixel par pixel, mais reconstituée à partir de points de référence et de tangentes caractérisant chaque courbe de son tracé (voir encadré p.136), une carte peut être grossie ou réduite en fonction des besoins de l'étude. La machine pourra fournir l'image d'une ville entiè-

re puis, pour affiner un emplacement précis, il sera possible de "zoomer" sur une zone jusqu'à obtenir les détails d'un carrefour ou les plus infimes ramifications d'un réseau, par exemple, sans détérioration de la résolution de l'image.

Sur ces cartes de base, les fichiers informatiques viennent afficher leur contenu en surimpression. Tout se passe exactement comme si l'on ajoutait, sur une carte routière, un calque portant les informations recherchées. L'avantage de l'informatique, dans le cas qui nous intéresse, est que, d'une part, il est possible de superposer autant de calques qu'il est nécessaire et que, d'autre part, une fois cette phase de présentation terminée,

ALORS
MES GAILLARDS
ON S'EN VA
SANS ME
RENDE MON
LOGICIEL !



née, on peut consulter avec plus de précisions leurs informations. En effet, si seuls certains éléments de chaque fichier sont pris en compte pour l'affichage, l'ensemble de leur contenu n'en est pas moins présent dans la machine. Pour illustrer ce fonctionnement, prenons deux exemples.

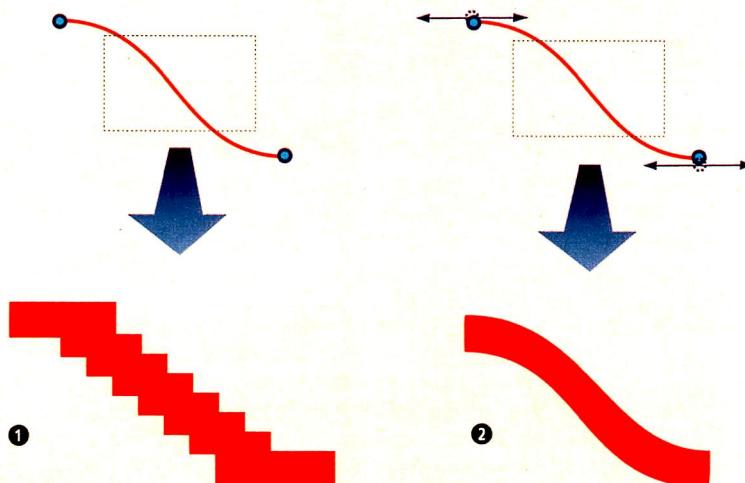
Dans une commune de la proche banlieue pari-

sienne, la municipalité souhaite rénover son réseau d'écoulement des eaux usées.

Première chose à faire : sortir l'ensemble des documents concernant l'infrastructure existante. Déjà des montagnes de dossiers font leur apparition. Heureusement, leur mise sur informatique permet de dégrossir la tâche. Cependant, comme dans toute commune, le sous-sol est un véritable gruyère où s'enchevêtrent câbles électriques, conduites de gaz, distribution en eau potable et même une ligne de métro. Si toutes les données concernant ces divers éléments sont informatisées, chaque service les a archivées sous la forme qui lui semblait la mieux adaptée et, même si les tableaux de chiffres sont proches dans leur structure, les comparer directement reste fastidieux et délicat. La solution la plus simple consiste donc à faire "digérer" l'ensemble des fichiers par un ordinateur, et à présenter l'ensemble des réseaux superposés sur une même carte de la commune, déjà présente dans la machine.

Chaque fichier correspondant à un "calque informatique", il sera possible, lors de la consultation, d'attribuer des ordres de priorité dans leur représentation, de différencier chaque réseau par une couleur, voire d'éliminer temporairement certains d'entre eux. Enfin, comme nous l'avons vu plus haut, l'ensemble des paramètres de chaque réseau étant présent

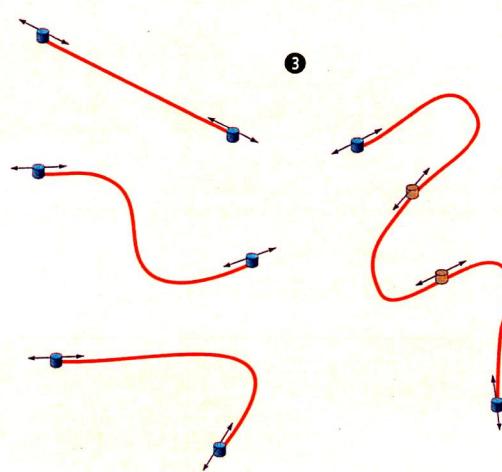
LES AVANTAGES DU VECTORIEL



Pour enregistrer une carte dans la mémoire d'un ordinateur, on peut procéder point par point, mais, lorsque le grossissement devient important, tous les points, de forme carrée, étant agrandis, les tracés prendront des allures d'escalier (dessin 1). Le procédé est également gourmand en mémoire. Mieux vaut mémoriser la carte sous forme vectorielle. Chaque courbe est alors simplement définie par son point de départ et son point d'arrivée ainsi que par la tangente en chacun de ces deux points 2. Pour une droite, les tangentes sont colinéaires. Dès que ce n'est plus le cas, l'ordinateur calcule la seule solution qui permette de relier les deux points tout en respectant les tangentes. Pour le réseau routier, ces points de base seront le plus souvent les carrefours. Lorsqu'il s'agira d'un iti-

néraire en lacets ou du cours d'un fleuve, lors de la saisie cartographique, des points intermédiaires (et leurs tangentes), invisibles pour l'utilisateur, seront ajoutés pour reconstituer les méandres 3. Cette forme

de mémorisation demande évidemment beaucoup moins de mémoire, et tout agrandissement d'une partie de la carte n'altérera en rien sa qualité, puisque l'ordinateur recalculera le tracé des courbes.



IMPLANTATION USINE DECHETS

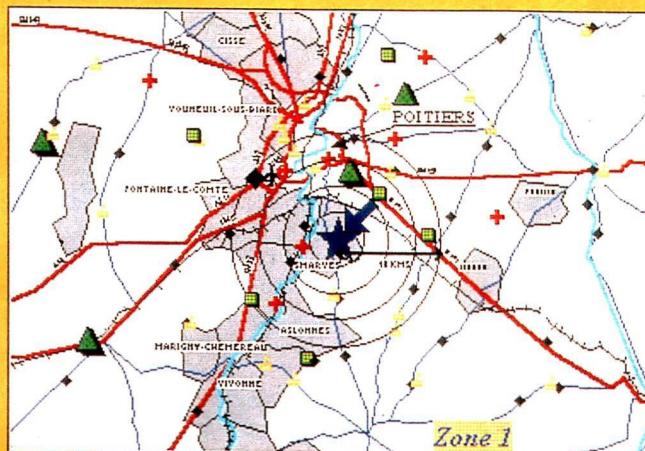
Légende

- Départementales
 - Axes routier principaux
 - Fluves
 - Voies ferrées
 - Communes de plus de 2 500 habitants
- Echelle: 1/20 000



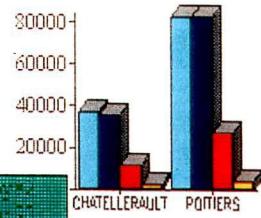
LIEU PROBABLE DE NOUVEAU FUTUR INSTALLATION

- Décharges domestiques
- Décharges industrielles
- Entreprises de plus de 150 employés
- Centre de secours
- Ecoles et lycées
- Aéroport



Département: LA VIENNE

Démographie et Travail



A.D.D.E

dans la machine, il sera possible d'accéder rapidement à des renseignements, avec une précision identique à celle des fichiers d'origine, sur un emplacement critique, par exemple une zone où canalisations et câbles s'enchevêtrent.

Si, jusqu'ici, nous n'avons considéré que des applications proches de celles de la cartographie conventionnelle, le logiciel *Cartes et Bases* peut fonctionner sur des données totalement différentes. Supposons maintenant qu'un groupe d'investisseurs souhaite implanter un centre commercial dans une banlieue en pleine phase d'urbanisation. Afin de cerner au mieux les besoins, et donc d'investir dans les commerces les plus rentables, on recoupera des fichiers concernant l'âge de la population, les revenus, les activités type, la taille moyenne des familles, le coût du terrain et, cela peut être utile pour un centre commercial, l'estimation de la petite délinquance commune par commune.

De ces points, il sera possible d'extraire une carte où les zones correspondant à chaque paramètre seront tracées dans une gamme de couleurs

La carte à la carte

Pour déterminer le site d'implantation de cette usine de retraitement des déchets, de très nombreux paramètres étaient à prendre en compte : urbanisation, taille des entreprises, décharges existantes, zones sensibles en cas d'incidents, etc. Si tous ces éléments étaient déjà disponibles sous forme de fichiers informatiques, leur synthèse était longue et fastidieuse. Le logiciel Mapinfo facilite grandement ce travail. Les données issues des différents fichiers ont été "digérées" par la machine pour apparaître superposées à la carte géographique déjà mémorisée dans l'ordinateur. Chaque fichier devient un "calque" qu'il est possible d'ajouter ou non à l'image de base. Enfin, l'ensemble des éléments restant disponibles sous forme chiffrée, il est possible de questionner chaque couche du calque et d'en extraire des informations avec une précision identique à celle des fichiers d'origine.

donnée dont l'intensité sera fonction d'une échelle fixée. Comme dans le cas précédent, des informations affinées seront disponibles.

Enfin, signalons que les logiciels proposés par ADDE sont relativement peu gourmands en informatique. De simples PC sont suffisants pour leur exploitation. Toute PME de conseil, voire même les sociétés souhaitant mieux cibler leur clientèle, peuvent parfaitement les utiliser sur un équipement conventionnel de base sans avoir à se lancer dans de nouveaux investissements. Enfin, les tarifs de vente pratiqués le mettent quasiment à la portée d'un particulier.

Henri-Pierre Pennel

PAR HENRI-PIERRE PENEL

TÉLÉPHONES SANS FIL : LES PIRATES ENVAHISSENT LES LIGNES

Le téléphone sans fil que vous avez acquis à bas prix peut vous coûter très cher : grâce à lui, votre ligne risque de devenir publique.

Pratique de téléphoner de son jardin, de sa terrasse ou confortablement installé dans un fauteuil alors que l'agent des PTT a eu la malencontreuse idée de loger la prise téléphonique à l'autre extrémité de la maison ; d'où le succès des téléphones sans fil. Cependant, le prix de tels appareils, si l'on choisit un modèle agréé France Télécom, fait hésiter plus d'un utilisateur. Parallèlement, comme c'est d'ailleurs le cas pour les combinés conventionnels, il est facile de se procurer des appareils en provenance de l'Asie du Sud-Est, beaucoup moins chers et souvent d'une esthétique plus originale. Il faut bien reconnaître que, dans 99 % des cas,

ce matériel fonctionne parfaitement dès sa mise en service et procure une qualité d'écoute tout à fait comparable à celle d'un appareil agréé. Parfois même la portée du matériel non homologué est bien supérieure à celle des appareils sélectionnés par France Télécom. Cependant, sur un téléphone sans fil, la qualité ou la portée de la liaison ne constituent que des atouts mineurs et, si certains appa-

reils ne franchissent pas le cap de l'homologation, c'est parce que leur "sécurité d'utilisation" est jugée insuffisante par la DRG (Direction de la réglementation générale), chargée de passer au crible les modèles présents sur le marché. La récente affaire des pirates du téléphone sans fil - certains abonnés eurent le privilège de recevoir des factures atteignant 60 000 F ! - semble donner raison à cet organisme.

Voyons donc en quoi consiste la différence entre appareils agréés et non agréés, et pourquoi il y a un risque réel, quoiqu'uniquement pécuniaire, à acquérir un équipement hors normes. Le problème réside dans la reconnaissance du combiné par la base (l'élément connecté au réseau téléphonique et au

secteur) de l'appareil. En effet, sur les téléphones sans fil, le fait de "décrocher" - ce qui revient à déplier l'antenne ou à commuter un bouton, par exemple - ne provoque pas la prise de ligne de manière aussi systématique que sur un combiné de bureau.

Dans le cas qui nous intéresse, le combiné communique avec la base par une liaison radio dont la bande de fréquences est relativement étroite. Comme il s'agit de matériel à grande diffusion, il est fréquent de trouver plusieurs téléphones sans fil utilisant la même fréquence dans un secteur donné. En l'absence d'identification du combiné par la base, il n'est donc pas exclu que le fait de "décrocher", dans un immeuble par exemple, provoque une prise de ligne sur trois ou quatre autres installations voisines. Pour résoudre ce problème, lors de sa mise en route et de chaque appel envoyé ou reçu, le combiné émet un code qui lui est propre. Ce dernier est comparé par la base à celui qu'elle possède en mémoire. La prise de ligne ne peut se faire que si les deux codes sont identiques ; dans le cas contraire, la base ignore la liaison. Théoriquement, il devrait être impossible à un appareil d'envoyer ou de recevoir une communication sur, ou depuis, une base qui n'est pas la sienne et, par voie de conséquence, sur la ligne d'un voisin.

Pour les appareils agréés, libre choix est laissé au constructeur pour le mode de codage, pourvu qu'il fournit au moins 10 000 codes différents. Cela afin de minimiser les risques que deux appareils possédant la même combinaison se retrouvent dans le même secteur. Plusieurs procédés sont en mesure de répondre à ce critère. Il s'agit souvent (chez Matra, par exemple) d'une liaison numérique entre la base et le combiné offrant 64 000 combinaisons différentes. En aucun cas l'utilisateur n'a accès au

F
lânez,
combiné en
main,
et prenez
la ligne



Homologué ou pas, telle est la question !

code ; seul l'appareil le "connaît". Généralement, il est mémorisé dans la base, qui le transmet au combiné. Cela pour une raison simple : rien n'interdit à un utilisateur de disposer de plusieurs combinés sans fil sur une seule ligne téléphonique et, donc, sur une base unique. Lorsque le combiné est posé sur la base, pour recharger ses batteries par exemple, cette dernière en profite pour lui communiquer son code qu'il mémorise à son tour. Dans de très nombreux cas le code est variable : à intervalles réguliers, la base tire au hasard un nombre qu'elle transmet au combiné.

Sur les appareils non agréés, ce procédé de reconnaissance du combiné par sa base est beaucoup moins élaboré, voire inexistant sur les modèles bas de gamme. Le plus souvent, ils se contentent d'utiliser des canaux différents de la bande de fréquences allouée en France aux téléphones sans fil et comportant dix canaux. Donc, la probabilité de trouver deux combinés, appartenant à des utilisateurs différents, capables d'établir une communication sur une même base est loin d'être nulle, surtout dans une grande ville.

Comment les pirates s'y prennent-ils ? C'est très simple. Il leur suffit de se procurer un téléphone sans fil et de flâner, combiné en poche, dans des lieux *a priori* propices à l'usage de tels appareils : zones pavillonnaires, immeubles comportant de vastes appartements, etc. A Paris, par exemple, l'importante densité de population et le nombre croissant de téléphones sans fil augmentent considérablement la probabilité de trouver une base utilisant le même canal de travail que le combiné des pirates. C'est un jeu qui ne demande qu'un peu de patience : le pirate "décroche" régulièrement son combiné et, dès qu'il obtient la tonalité, le tour est joué. Même s'il existe un embryon d'échange de codes, il se limite à la liaison base-combiné. Ce protocole n'est en rien transmis vers le central téléphonique, ce dernier ne faisant d'ailleurs, techniquement parlant, aucune distinction entre un téléphone sans fil et un appareil conventionnel. Il est donc extrêmement difficile de découvrir la supercherie et le pirate peut alors agir en toute impunité. Au pire, si le propriétaire légitime de la ligne constate qu'elle est occupée, la seule chose qu'il puisse faire est de couper la communication. Mais, pour peu que le téléphone sans fil porte assez loin, démasquer le pirate relève du miracle.

Que faire après avoir constaté le délit ? France Télécom a beau jeu. En effet, un long chapitre du texte d'agrément traite des protocoles de reconnaissance base-combiné que doivent impérativement comporter les appareils et conclut par la mise en garde suivante : «Les utilisateurs de téléphones sans fil non agréés s'exposent également au risque d'erreurs d'imputation de taxes téléphoniques en raison d'un mauvais système de sécurité pour la prise de ligne.» En clair, les communications d'un abonné équipé d'un poste non agréé peuvent "emprunter" la ligne téléphonique d'un voisin, si celui-ci est également doté d'un terminal non agréé... avec tous les problèmes de facturation que cela peut entraîner !

Le matériel mis en cause étant donc d'utilisation illégale, le plaignant ne peut s'en prendre qu'à lui-même. Jusqu'à présent, sauf jurisprudence suscitée ultérieurement par l'ampleur du phénomène, il est au plus possible de négocier... des délais de paiement !

Henri-Pierre Penel

PAR ROGER BELLONE

LE PREMIER REFLEX OBÉISSANT À L'ŒIL

Avec son modèle EOS-5, Canon engage une nouvelle bataille contre la complexité d'utilisation des appareils photos : un simple regard dans le viseur commande les réglages essentiels.

Si, comme on le dit parfois, l'appareil photo est l'œil du photographe, cela ne signifie pas pour autant qu'il y ait de véritables similitudes entre eux, notamment sur la façon de percevoir un sujet ou de le voir avec netteté. En effet, l'angle de vision de l'appareil est global, étant tantôt large, tantôt étroit selon l'objectif en service. Alors que le mécanisme de la vision humaine n'utilise qu'un champ étroit. L'acuité visuelle de l'œil est limitée par le nombre des axones formant le nerf optique et elle est maximale sur l'axe optique, au niveau de la fovéa. Pratiquement, le champ de l'œil ne couvre que 25 cm² à 2,50 m. Pour compenser cette limitation, le globe oculaire bouge constamment afin d'explorer le champ et faire en sorte que le sujet principal regardé forme son image sur la fovéa. Cela revient à faire la mise au point sur ce sujet.

Ainsi, lorsqu'il regarde dans le viseur d'un appareil conventionnel procurant une grande image claire, essentiellement celui d'un reflex, l'œil en explore naturellement le champ pour voir nettement. Mais l'appareil n'en tire aucune conséquence puisque son système autofocus n'est pas couplé à l'œil : il fait la mise au point en fonction d'un programme autonome, préalablement mémorisé dans ses circuits. Entre son cerveau électronique et le cerveau du photographe, il n'y a aucune communication.

Aujourd'hui, avec l'arrivée de l'EOS-5, le nouveau reflex 24 x 36 de Canon, une liaison a été établie entre ces deux cerveaux, permettant d'asservir celui de l'autofocus à celui de l'homme. Le mécanisme du système conçu par Canon est véritablement fabuleux. Imaginez l'anniversaire de votre fille ou de votre fils de 4 ans. Autour de la table, la famille et les amis le regardent souffler les bougies dressées sur un gâteau. Vous cadrez "large" et déclenchez pour faire la photo souvenir et, bien sûr, sans y penser, vous regardez l'enfant dans le viseur : instantanément le cerveau de l'appareil règle la distance et l'exposition sur ce per-



sonnage, calculant même le diaphragme qui lui permettra d'être net sur l'image en même temps que les personnes situées immédiatement derrière. Et cela fonctionne, que l'enfant soit à droite, au centre ou à gauche du cadrage. Aussitôt après, vous avez envie de photographier le gâteau dont les bougies sont en train de s'éteindre sous le souffle de l'enfant : vous cadrez et déclenchez, en plus gros plan, en regardant ces bougies dans le viseur : l'appareil obéit à votre œil, réglant distance et exposition en conséquence, allant cette fois jusqu'à doser la profondeur de champ pour que le sujet soit net sur un fond flou.

Disons-le d'emblée : si les choses se passent bien ainsi, encore faudra-t-il que l'utilisateur perde une partie des réflexes du photographe classique pour acquérir ceux que va lui imposer son nouveau viseur. Ce qui devrait tout de même être beaucoup plus simple que pour l'élève conducteur qui, au volant d'une voiture, cherche à acquérir les bons réflexes de la conduite automobile. En effet, il existe dans le viseur de l'EOS-5 cinq petits carrés disposés en ligne. C'est en regardant l'un de ces carrés, celui qui doit être sur le sujet principal (l'enfant ou les bougies dans notre exemple), que la mise au point se fait. Il existe aussi un sixième carré dans l'angle du haut à gauche : en le regardant, le photographe peut contrôler la profondeur de champ car, aussitôt, le diaphragme se ferme à sa valeur sélectionnée par l'ordinateur, ce qui donne sur le dépoli l'image qui sera photographiée.

A l'évidence donc, le photographe devra exploiter le champ pour cadrer son image (réflexe habituel), puis fixer le petit carré se trouvant sur le sujet principal (réflexe à acquérir) pour que les réglages se fassent correctement. De même, s'il souhaite contrôler la profondeur de champ, il devra, après mémorisation de la mise au point, regarder le carré du haut pour obtenir la fermeture automatique du diaphragme.

Cela dit, voyons comment fonctionne cet extraordinaire système assurant un couplage œil-autofocus mais qui, précisons-le, peut aussi être débrayé pour permettre un réglage manuel conventionnel.

Le viseur de l'EOS-5, tout d'abord, comporte un capteur en forme de croix à plusieurs zones de détection, qui commande le calcul des distances du sujet à l'objectif. Le viseur dispose aussi de 16 plages de mesures constituées par 16 cellules (ou capteurs) autonomes. L'ordinateur reçoit donc les informations de luminosité et de contraste provenant de 16 plages de l'image.

Lorsque le sujet est décentré, le système réagit en fonction du capteur autofocus se trouvant sous le petit carré sélectionné par l'œil. En effet, ces capteurs sont associés à 5 collimateurs dont la fonction est de détecter la position de la pupille de l'œil du photographe. A cet effet, un micro-générateur émet un rayon infrarouge qui explore la surface de l'œil et localise cette position.

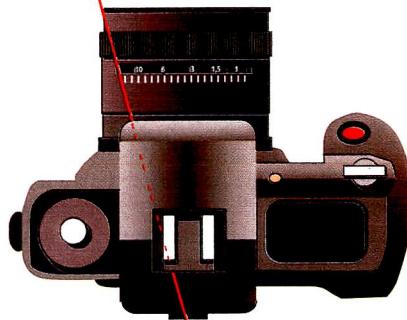
Pour que cela fonctionne correctement, il est né-

cessaire, dans un premier temps, de demander au système de mémoriser l'œil de l'utilisateur. A cet effet, un bouton sur le boîtier est réglé sur "CAL" ("calibrage") et le photographe, l'œil au viseur, regarde successivement les capteurs de gauche à droite. L'EOS-5 est aussitôt calibré et ce, une fois pour toutes. Plusieurs opérateurs peuvent être appelés à se servir de l'appareil : à cet effet, celui-ci comporte 5 calibrages numérotés de 1 à 5. Cinq personnes peuvent ainsi mémoriser leur œil et chacune d'elles peut donc utiliser le boîtier en affichant son numéro personnel de calibrage. Bien entendu, chaque calibrage peut être annulé et recommencé.

Pour un sujet en mouvement, un circuit dit Autofocus AI Servo anticipe son déplacement : l'appareil capte le regard du photographe qui suit le mouvement du sujet dans le viseur et règle l'objectif pour la position qu'il aura à l'instant de l'exposition, éliminant ainsi l'effet du temps mort existant entre le moment du déclenchement et celui de l'ouverture de l'obturateur. Ajoutons que le senseur

L'appareil qui sait où le photographe regarde

Pour réaliser la photo ci-contre, l'opérateur a concentré son regard sur la vasque fleurie, décentrée sur la gauche. L'un des 5 capteurs (en jaune) répartis sur le viseur a localisé ce regard grâce à un rayon infrarouge qui, explorant la surface de l'œil, détecte la position de la pupille. Cette information est transmise au "cerveau" de l'appareil. Grâce à 16 cellules réparties sur le viseur, qui l'informent de la luminosité et des contrastes en tout point de l'image, et d'un senser qui évalue les distances, l'appareil déduit l'éclairage et la mise au point sur cette partie du cadre. La photo est donc nette là où le photographe a concentré son regard. Sur le cliché ci-dessous, il a fixé les bâtiments du Sénat, sur lesquels s'est donc effectuée la mise au point.



LA FICHE TECHNIQUE D'EOS-5

● **Les objectifs** : interchangeables, avec baïonnette EF et transmission électronique. Moteur intégré USM sur les longues focales.

● **Le viseur** : reflex avec pentaprisme et miroir mobile. Verres de visée interchangeables. Verre de base dépoli au laser comportant 5 collimateurs autofocus.

● **L'obturateur** : électrique à rideaux se déplaçant verticalement. 1/8 000 à 30 s et pose. Synchronisation flash au 1/200 s.

● **La mise au point** : automatique et manuelle. En automatisme : commande à l'œil par 5 collimateurs. Autofocus fonctionnant de 0 à 100 ISO. Emission d'un éclair auxiliaire facilitant la mise au point si nécessaire.

● **Le posemètre** : cellules au silicium. 16 zones de mesure avec détecteur de cadrage vertical. Mesures à travers l'objectif (TTL). Trois modes : évaluatif, spot sur 3,5 % au centre de l'image, intégral (sur tout le champ) avec prépon-

dérance centrale. Plage de mesure (avec 1,4/50 mm et pour 100 ISO) : indices de lumination 1 à 20.

● **L'exposition** : automatique ou à réglage manuel. En automatique : 1. programme ; 2. priorité vitesse ; 3. priorité diaphragme ; 4. priorité zone de netteté ; 5. automatisme intégral ; 6. programmes en fonction de l'image (portrait, paysage, gros plan, sport) ; 7. programmes flash (mesure de l'éclair sur le film dit TTL, avec ou sans autofocus, avec flash intégré ou avec flash autonome Canon Speedlite).

● **Les corrections** : programmation possible d'une correction d'exposition par demi-valeur dans la limite de +/- 2 IL (indice de lumination). Encadrement d'exposition (programmation de trois vues : une à la valeur normale d'exposition, une surexposée d'un diaphragme, et une sous-exposée d'un diaphragme). Avertisseur de risque de bougé (signal sonore de 2 Hz

en vitesses lentes).

● **Les sensibilités** : 25 à 5000 ISO (affichage automatique dit "DX") et 6 à 6400 ISO (en affichage manuel).

● **Le flash intégré** : rétractable logé dans le prisme. Nombre-guide pour 100 ISO : 10 en 28 mm à 15 en 80 mm (zoom de 28 à 80 mm). Automatique. Déclenchement automatique en pénombre ou en contre-jour.

● **L'entraînement** : par moteur intégré, automatique. Rebobinage automatique. Vue par vue, continu ultra-silencieux (maximum de 3,5 im/s) et continu grande vitesse (jusqu'à 5 im/s). Alimentation par pile lithium 6 V.

● **Les informations** : dans le viseur et sur écran à cristaux liquides.

● **Les commandes** : touches sur le boîtier et au dos. Contrôle rapide des paramètres par molette dorsale. Retardateur de 10 secondes.

● **L'encombrement** : 15 x 12 x 7,5 cm ; 675 g nu.

● **Et le prix** : 5 500 F nu.

gueur du format si l'on cadre horizontalement et sur sa largeur si l'on cadre verticalement. L'ordinateur le sait, car les informations qu'il reçoit en provenance du viseur lui permettent de le détecter. Les mesures basculent donc sur de nouvelles données de calcul.

Avec ces nouveaux systèmes autofocus et d'exposition automatique, le Canon EOS-5 a été doté de caractéristiques professionnelles. Pour le fabricant, ce reflex se classe immédiatement derrière le modèle professionnel EOS-1 dont il possède la plupart des qualités, reprises ici dans notre fiche technique. Parmi les caractéristiques nouvelles, il faut encore mentionner le mécanisme d'entraînement et de rebobinage du film totalement silencieux.

Au point qu'après la

36^e vue, le film revient dans sa cartouche en quelques secondes sans que l'utilisateur s'en aperçoive.

Pour obtenir ce silence, l'entraînement de l'EOS-5 n'est plus assuré par des engrenages mais par une courroie crantée placée dans un sous-ensemble reposant sur des silent blocs en caoutchouc mousse et acrylique. Ainsi est évité tout contact direct du mécanisme d'entraînement avec le corps du boîtier, ce qui élimine les vibrations et les résonances.

En définitive, on ne saurait considérer l'EOS-5 simplement comme un nouveau modèle EOS. Il s'agit en fait du début d'une technologie dont les développements futurs aboutiront à transformer la conception même des multi-automatismes des reflex actuels. Il sera de moins en moins demandé à l'utilisateur de sélectionner un programme d'automatisme (parmi les 10 ou 15 que comporte l'appareil), cette sélection pouvant résulter de l'analyse de certains comportements du photographe. Libéré des problèmes techniques, aujourd'hui par l'analyse de son regard, demain peut-être par celle de sa voix, le photographe pourra se concentrer davantage sur le contenu de son image...

Roger Bellone

central rend la mise au point aussi efficace que le cadrage soit horizontal ou vertical.

Nous avons vu que le système autofocus comporte 16 plages de mesures dans le champ de visée. Ces mêmes plages permettent aussi les mesures de la lumière en vue des réglages d'exposition. Comme pour l'autofocus, chaque plage est autonome et les informations recueillies sont utilisées par le microprocesseur pour assurer la meilleure exposition. L'utilisateur dispose d'un système de mesure intégrale (sur tout le champ) avec prépondérance centrale, et d'un système de mesure sélective. Mais si le sujet est décentré et que l'œil, en le regardant, a provoqué la mise au point sur lui, l'exposition se trouve aussi calculée pour ce sujet. Il y a donc corrélation entre l'autofocus et la commande d'exposition.

Les algorithmes de calcul tiennent compte des modifications de répartition de la lumière procédant du seul changement de cadrage. En effet, pour un même sujet, la couverture des 16 plages ne se fait pas de la même façon selon qu'on cadre le sujet horizontalement ou verticalement. Un ciel très lumineux, par exemple, s'inscrit sur la lon-

N° 180 SEPT 1992

SCIENCE & VIE

HORS SÉRIE

180 FR. - 7.95 - ICAIN 4.50 - ISSN 4.50 - 650 050 - 34 041 - 3.250 071 - 650 050 - USA NYC 16.05 - FL 11 - 0.000 L

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. 112)

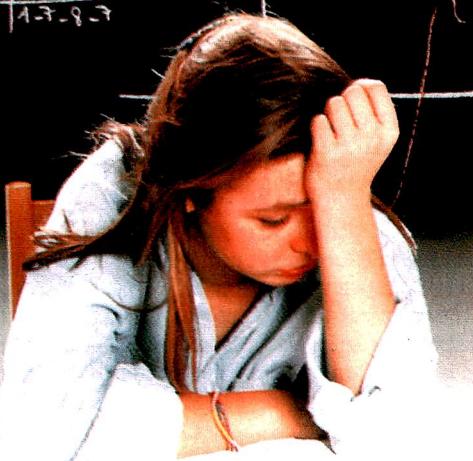
ENQUÊTE

COMMENT FURENT
CONCUS LES
NOUVEAUX
PROGRAMMES ?
(P. 132)

M 2579 - 180 - 25.00 F - RD



Sciences à l'école : les raisons du malaise



Ce numéro hors série de **SCIENCE & VIE** dresse un bilan critique de l'enseignement des sciences en France et vous dit tout sur les nouveaux programmes. Quelles solutions pour une formation réellement moderne ?

SCIENCE
& VIE
HORS SÉRIE

EN VENTE PARTOUT

EMBALLAGE :

DE LA MISE EN FORME
À LA MISE EN BOÎTE !

Jusqu'à présent épargnée par la crise économique actuelle, la croissance du secteur de l'emballage se ralentit quelque peu. Les entreprises embaucheront donc un peu moins cette année que l'an dernier et resteront fidèles à leurs habitudes : industrie de main-d'œuvre avant tout, l'emballage recrute davantage de CAP, de BEP et de bacs que de bacs + 2 ou d'ingénieurs.

Comme le définit l'Institut français de l'emballage et du conditionnement, l'emballage remplit aujourd'hui quatre fonctions essentielles. La première, et aussi la plus ancienne, est utilitaire ; elle répond à la nécessité de conserver et, éventuellement, de transporter un produit quelconque. La deuxième est commerciale : grossièrement, telle couleur aide à la vente de tel article. Plus subtile, la fonction suivante est qualifiée de "médiatique" : dépassant sa vocation utilitaire, l'emballage peut servir à renforcer l'identité d'un produit banal grâce aux talents des spécialistes du marketing et du design (*voir encadré p. 146*). Enfin, le dernier rôle de l'emballage a une portée plus générale lorsque celui-ci signale par exemple qu'une partie du prix de l'article sera reversée à une œuvre humanitaire ou, plus généralement aujourd'hui, que son contenu est inoffensif pour l'environnement.

Les trois premières fonctions sont essentiellement le reflet des exigences formulées par les clients des 3 000 entreprises françaises spécialisées dans l'emballage. Avec 120 000 salariés et un chiffre d'affaires de plus de 100 millions de francs en 1990, l'industrie de l'emballage se classe au huitième rang de l'économie nationale : à égalité avec l'aéronautique. Elle consomme chaque année plus de 10 millions de tonnes de matériaux divers, essentiellement du verre (3,6 Mt) et du papier-carton (3,5 Mt), mais aussi du bois (1,6 Mt), des matières plastiques (1,25 Mt) et des métaux (0,8 Mt). Plus de la moitié de ce tonnage est utilisé par les industries agro-alimentaires (IAA) (1).

Pour satisfaire leurs exigences ainsi que celles de la

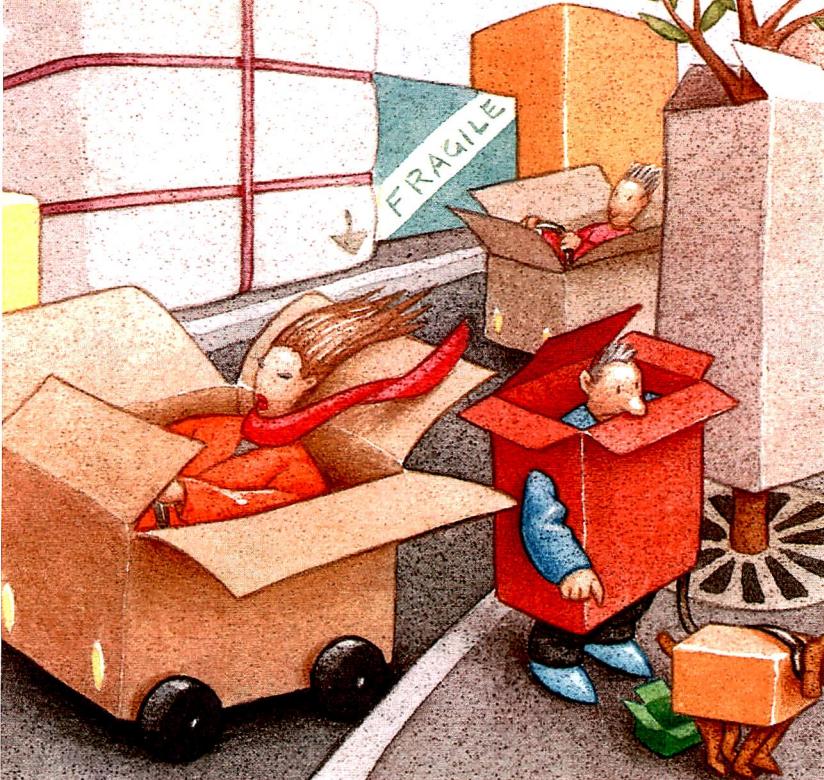
grande distribution, les professionnels de l'emballage ont souvent dû adapter leurs outils de production à des séries de plus en plus courtes ainsi qu'au fractionnement des conditionnements (*voir encadré ci-contre*). Leurs efforts ont également largement porté sur l'allongement de la durée de conservation des aliments, par une meilleure résistance aux bactéries. Conservés dans un mélange de gaz inertes qui dispense d'employer le moindre additif, viandes et légumes préemballés sont aussi protégés des effets néfastes de l'air ambiant par un "matériau-barrière" : un film plastique totalement étanche. Mieux : Carnaud-metalbox travaille à stopper l'oxydation des aliments à l'intérieur même de leurs emballages. Pour cela, le fabricant mélange aux composants du film une infime quantité de sels de cobalt qui a pour fonction de piéger l'oxygène présent à l'intérieur. Cela dit, malgré une réglementation stricte, des problèmes peuvent toujours survenir... Plusieurs chargements de camemberts se sont ainsi vu refuser l'entrée en territoire allemand parce qu'ils portaient des traces de solvants (2) utilisés dans les encres de leurs emballages. Ce "dérapage" ne saurait malgré tout éclipser les progrès considérables accomplis dans le domaine de l'impression et du codage des emballages des produits agro-alimentaires ; progrès qui ont également bénéficié aux autres industries utilisatrices.

«A mesure que nos clients deviennent plus exigeants, la valeur ajoutée à nos produits s'accroît», ex-

(1) Viennent ensuite les produits industriels manufacturés (20 %) et le secteur de la parfumerie-cosmétologie (15 %).

(2) La nocivité de ces résidus n'a pourtant pas pu être établie.





plique Francis Depernet, directeur des ressources humaines du groupe Socar (3 750 personnes), spécialiste de l'emballage en carton ondulé et filiale de Saint-Gobain. «En dehors du matériau lui-même, la qualité du pliage ou de l'impression, la résistance à la perforation (à poids égal) justifient des recherches constantes», poursuit-il. En dépit de la survie du berlingot d'eau de Javel si peu commode à utiliser, cette recherche a souvent pour objet de faciliter la consommation du produit. A cet égard, l'élargissement de la languette d'ouverture des petits cubes de fromage pour l'apéritif ne peut avoir échappé à leurs aficionados. Mais, en revanche, qui a remarqué que l'épaisseur de certaines boîtes de conserve était passée de 16/100 à 14/100 de millimètres ? Ou que le poids des bouteilles de verre de 75 cl avait diminué de 50 grammes en deux ans ? Outre l'économie de matériau réalisée, l'allégement des contenants est surtout facteur d'économies indirectes (sur les frais de transport notamment) auxquelles les professionnels sont très sensibles. Ce qui justifie d'ailleurs le recours à tel matériau plutôt qu'un autre : le poids des bouteilles de plastique composant un

chargement d'eau minérale ne représente ainsi que 3 % du poids total de ce chargement, contre 43 % avec des bouteilles de verre... Comment résister à un tel argument, même si le coût d'une bouteille de plastique dépasse celui de l'eau minérale qu'elle contient et que le coût de son recyclage oscille entre 2,50 F et 4 F du kilogramme⁽³⁾ ?

De ce strict point de vue, les polymères sont en situation d'infériorité par rapport au verre. Plus coûteux à recycler (le kilo de verre recyclé coûte 0,50 F) ils sont également plus nocifs pour l'environnement... dans lequel ils finissent généralement par aboutir, sous une forme ou sous une autre. Encore trop peu répandue (*voir encadré p. 147*), la collecte sélective ne suffit pas en effet à empêcher un important volume de matériaux divers – même parfaitement recyclables – de s'envoler en fumée... C'est ainsi le lot de millions de canettes d'aluminium incinérées pèle-mêle avec les autres détritus domestiques. La fabrication de ces boîtes correspond à un marché évalué à 12 milliards de francs en Europe, en progression de 8 % par an – notamment dans les pays méditerranéens. Pourtant, en

(3) La législation française interdit en effet de réaffecter au conditionnement alimentaire le plastique ayant déjà rempli cet office.

LA STÉRÉOLITHOGRAPHIE

Le principe de cette technique apparue tout récemment est simple : définie en trois dimensions par un ordinateur, une image de synthèse est découpée en tranches qui correspondent à autant de coulées successives de plastique acrylate⁽¹⁾. Si la complexité de la forme n'a aucune incidence sur la qualité du résultat, en revanche la taille de l'objet

ainsi réalisé ne peut pour l'instant excéder une cinquantaine de centimètres. Cela dit, il reste toujours possible de fractionner un volume plus important... La rapidité de la réalisation (une vingtaine d'heures environ) surpasse évidemment la technique habituelle (le fraîsage d'un bloc d'altuglas). En outre, par rapport à celle-ci, la stéréolithographie permet de

produire directement des modèles creux ! On imagine sans peine l'intérêt du procédé pour les fabricants de flacons de parfum qui, du coup, peuvent présenter à leur client une ébauche quasiment identique au produit final. L'ébauche ainsi réalisée permettant ensuite la fabrication d'un moule et le démarrage d'une pré-série.

(1) Voir *Science & Vie* n° 892, p. 46.

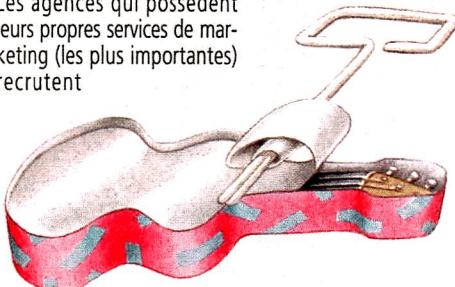
MARKETING, PACKAGING ET EMBALLAGE

Schématiquement, le rôle du marketing est de définir ce qu'il faut vendre, à quel type de client, de quelle façon et à quel prix. Cette tâche revient à des spécialistes qui, le plus souvent, travaillent chez le fabricant du produit lui-même. A un moment donné, intervient le choix de la forme à donner à son emballage, à partir de maquettes en deux ou trois dimensions présentées par une ou plusieurs agences de création (voir encadrés p. 145 et 147). Sans travailler exclusivement pour le "packaging" (terme qui recouvre à la fois le graphisme et la forme d'un emballage), ces dernières font ainsi office d'intermédiaire entre le service marketing du fabricant du produit et le fabricant de l'emballage correspondant.

Fort d'un marché animé d'une croissance annuelle de 30 % qui s'est maintenue pendant plusieurs années consécutives, le nombre des agences de création a rapidement atteint plusieurs centaines. Fondées le plus souvent par un pu-

blicitaire et un designer, ou un directeur de marketing et un graphiste, ces agences ont connu une période faste grâce au développement des marques de distributeurs et, paradoxalement, au poids des contraintes législatives pesant sur la présentation et la publicité des tabacs et alcools. Toutefois, depuis 1990, cette activité s'est quelque peu ralentie et, aux dires des professionnels, on pourrait bien assister prochainement à des regroupements. Pour l'instant, la profession emploie environ 4 500 salariés et le chiffre d'affaires "packaging" est de l'ordre du milliard de francs. Les agences qui possèdent leurs propres services de marketing (les plus importantes) recrutent

des bacs + 4 ou + 5 qui comprennent au moins une année de spécialisation en marketing à leur actif. Nantis d'une première expérience, ils doivent, enfin et surtout, disposer d'une bonne culture générale. Trois fois plus nombreux que les commerciaux ou les administratifs, les designers ont, pour leur part, obligatoirement suivi une formation en arts appliqués. Toutefois, rien ne remplace la polyvalence que procure l'expérience (de terrain) acquise au fil des stages, affirment les professionnels, qui font état de besoins importants dans ce domaine de compétences.



France – contrairement à l'Allemagne (4) –, leur récupération reste marginale. Un comble, alors que deux des trois premiers fabricants mondiaux sont français : Péchiney, qui occupe la première place et a récemment racheté American National Can (5), et Carnaudmetalbox en troisième position ! Recyclable à 100 %, le carton d'emballage représente lui aussi un marché florissant favorisé par la vogue de l'environnement et par le fait que l'agro-alimentaire soit son principal client. Celui-ci n'ayant pas connu de récession, la croissance du marché de l'emballage est toujours positive (+ 2 % en 1991) malgré un fléchissement par rapport à sa croissance de 1989 (+ 5 %).

Cette vigueur économique a bien entendu relégué sur le recrutement qui s'est globalement maintenu jusqu'à cette année – par ailleurs considérée comme exceptionnelle en matière d'embauche. Pour 1993, en revanche, les pronostics sont plus réservés : «Alors que nous avons embauché une douzaine d'ingénieurs cette année, nous prévoyons d'en recruter cinq l'an prochain», observe Bruno Guillemet, responsable de la gestion des cadres de BSN Emballage.

(4) Les tonnages de boîtes d'aluminium collectées en Allemagne dépassent les besoins des industriels !

(5) ANC est le 1^{er} producteur américain de boîtes pour boissons.

ge (3 000 personnes). Et Marcel Teysseyre, directeur des ressources humaines de BSN Flaconnage (800 personnes) de confirmer : «En 1992, l'embauche de soixante-dix personnes au total a coïncidé avec le développement des ventes. Elle devrait plafonner à une cinquantaine l'année prochaine.»

Industrie de main-d'œuvre, l'emballage recrute davantage de candidats de niveau CAP, BEP et bac pro que de bacs + 2 ou, *a fortiori*, d'ingénieurs. A titre d'exemple, les titulaires de CAP en mécanique, électromécanique ou électricité représentent 80 % des embauches de BSN Flaconnage. Saint-Gobain Emballage choisit pour sa part des titulaires de CAP-BEP fabrication mécanique et des bache-

liers F1 pour sa filière production, tandis que dans le domaine de la maintenance, ses préférences vont aux CAP-BEP d'électromécanique ainsi qu'aux bacheliers F3. A eux tous, ces candidats représentent les trois quarts des embauches de l'entreprise. L'autre quart est formé de bacs + 2 : BTS productique et DUT génie thermique pour la production, BTS et DUT automatismes industriels pour la maintenance. De son côté, Socar recrute environ 150 personnes chaque année, dont seulement 25 cadres et agents de maîtrise (6). Sur ces 25 candidats, on compte une dizaine de commerciaux de niveau bac + 2, disposant presque tous d'une première expérience dans le domaine de l'emballage. Leur entreprise ne travaillant qu'à la commande, c'est à eux qu'il revient d'élaborer puis de vendre des solutions à leurs clients, études de prix et de faisabilité à l'appui. «Etant donné qu'il n'existe pas encore de formation commerciale spécifique à l'emballage, il nous est nécessaire de faire appel à des candidats qui ont déjà fait leurs preuves», explique Francis Depernet. A ces commerciaux s'ajoutent bon an, mal an une demi-douzaine de cadres de produc-

(6) Le reste est composé de divers postes tertiaires et de production, auxquels s'ajoutent des emplois saisonniers : manutention et travaux liés à une machine, mais sans réglage (approvisionnement).

LES DÉCHETS ET LA LOI

tion qui eux, en revanche, sont presque tous débuteants : ingénieurs généraux, titulaires d'un BTS ou d'un diplôme d'ingénieur de l'École française de papeterie et des industries graphiques (EFGP)... Le recrutement des cadres de Carnaudmetalbox se divise à parts à peu près égales entre professionnels expérimentés et jeunes diplômés qui, en majorité, disposent d'une

double formation. Celle-ci est le plus souvent acquise dans le domaine technique (école d'ingénieurs) et complétée éventuellement par un diplôme commercial étranger - de type Master of Business Administration (MBA) - ou non, tel qu'un DESS d'une école supérieure internationale d'administration des entreprises (ESIAE). Il leur est également demandé de pratiquer l'anglais couramment et de faire preuve d'une mobilité certaine. Majoritairement embauchés à des postes d'ingénieur de production, ces jeunes diplômés exercent également leurs talents à des fonctions commerciales ou de marketing-finance.

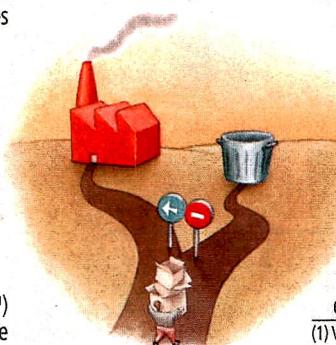
Arts et Métiers, Centrale, Ecole nationale de la marine marchande (ENMM), Ecole nationale supérieure de céramique industrielle (ENSCI), écoles d'ingénieurs de type Institut national de sciences appliquées (INSA), l'éclectisme est de rigueur en matière de recrutement. «Pour notre service de recherche et développement, nous avons récemment recruté un diplômé de l'INSA Lyon, titulaire d'un DEA à Lyon I et ayant soutenu une thèse à l'université de Karlsruhe», précise Bruno Guillemet. Dans pareil cas, le salaire d'embauche est légèrement supérieur à la moyenne habituellement pratiquée (de 170 000 à 175 000 F annuels). Autre exemple : «C'est un jeune diplômé de l'université de technologie de Compiègne qui a été choisi pour assister le responsable entretien et travaux neufs de la direction de la maintenance de l'une de nos usines», poursuit-il. Eux aussi très divers, les profils des

En 2003, au plus tard, 90 % du volume des emballages devront faire l'objet d'un traitement, sous une forme ou sous une autre (60 % recyclés et 30 % incinérés). Cette directive fait suite à la loi de juin 1992 qui interdisait déjà de mettre en décharge des déchets pouvant être valorisés dans les dix années suivantes. Mais contrairement à loi allemande (dite "Töpfer", du nom du ministre qui en est à l'origine) (1) dont elle s'inspire, la directive

n'indique pas qui, des pouvoirs publics ou des industriels

de l'emballage, se chargera de son application. C'est pourquoi le ministère de l'Environnement a décidé de créer une société anonyme, Eco-emballage, opérationnelle en janvier prochain, chargée de collecter auprès des fabricants un centime par emballage produit. Les sommes étant ensuite versées aux collectivités locales chargées de la collecte et du tri des emballages.

(1) Voir *Science & Vie* n° 900, p. 90.



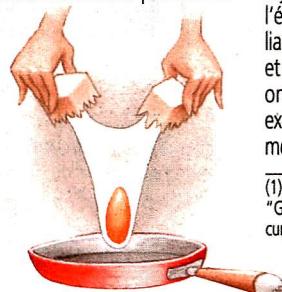
cadres expérimentés témoignent parfois d'une expérience acquise auprès de la concurrence : ce qui, selon les recruteurs, ne constitue pas nécessairement un plus. Dans le domaine des exigences des employeurs, il est des contraintes - directement liées à leur secteur d'activité - qui peuvent faire hésiter certains candidats. «L'industrie du verre mécanique creux fonctionnant à feu continu, en usine, 55 % de notre personnel travaille en horaires tournants», explique Yves Bertrand, adjoint au directeur du personnel de Saint-Gobain Emballage. A cette contrainte s'ajoutent le bruit et la chaleur auxquels sont soumis à la fois les personnels de production et ceux de maintenance. Bref ! De quoi faire hésiter certains titulaires de bacs et, surtout, de BTS, qui ont tendance à préférer le confort des bureaux d'études...

Enfin, toujours dans le domaine de la production-fabrication, certains bacs + 2 peuvent ne pas être séduits par la perspective de démarquer leur carrière à mi-temps pendant une période de douze à quinze mois, à cause du cycle de formation complémentaire

L'INFLUENCE DU FOND SUR LA FORME

Parmi les produits dont la durée de vie commerciale a dépassé le cap de la dizaine d'années, rares sont ceux dont l'emballage n'a pas été modifié au moins une fois, ne serait-ce qu'en ce qui concerne les indications portées sur l'étiquette. Evoluant parallèlement aux modes de consommation, la distribution est peu à peu devenue la grande distribution (1). Aussi est-il devenu fondamental pour un fabricant de permettre

à un consommateur - de plus en plus "volage" aux dires des spécialistes du marketing - de distinguer ses produits de ceux de ses concurrents présents sur



le même linéaire (présentoir). D'où l'importance stratégique de la présentation. Ajoutez à cela une transformation des styles de vie caractérisée par l'éclatement de la cellule familiale, le morcellement des repas et la poussée du four à micro-ondes... Et vous obtenez par exemple l'essor du conditionnement individuel en plastique !

(1) Voir *Science & Vie* n° 893, p. 116, "Grande distribution spécialisée : chacun y trouve son compte".

PISTES À SUIVRE

L'industrie de l'emballage étant ouverte à une grande variété de profils, il ne nous est évidemment pas possible d'indiquer les coordonnées des multiples établissements correspondants. Nous vous invitons par ailleurs à vous reporter à l'un des guides pratiques de *l'Etudiant* : "CAP, BEP, bac pro... que faire avec ?" (n° 57). Ceux qui graphisme et design intéressent tout particulièrement pourront, quant à eux, consulter un autre guide de la même collection : "Profession : créateur - arts plastiques, graphisme, design, architecture" (n° 50). Des informations plus générales se trouvent également dans les différentes fiches du CIDJ.

● CIDJ, 101 quai Branly, 75015 Paris. Tél. : 1 45 67 35 85.

● *L'Etudiant*, 27 rue du Chemin-Vert, 75011 Paris. Tél. : 1 48 07 41 41.

Voici également les adresses de quelques-uns des établissements cités dans le texte. Souvent indiquées dans cette rubrique, les coordonnées des écoles d'ingénieurs sont pour leur part rassemblées dans des publications spécialisées - comme le hors-série "Spécial études supérieures" de *l'Etudiant* - ou bien disponibles auprès de l'Onisep.

● Ecole française de papeterie et des industries graphiques (EFPG), voie n° 8, Domaine universitaire, BP 65, 38402 Saint-Martin-d'Hères. Tél. : 16 76 82 69 00.

● Ecole catholique d'arts et métiers (ECAM Lyon), 40 montée Saint-Barthélemy, 69321 Lyon Cedex 05. Tél. : 16 78 37 81 81.

● Ecoles nationales de la marine marchande (ENMM). A Marseille : 39 avenue du Corail, 13285 Marseille Cedex 08. Tél. : 16 91 76

82 82. Et aussi à Nantes, Le Havre et Saint-Malo.

● Ecole nationale supérieure de céramique industrielle (ENSCI), 47-73 avenue Albert-Thomas, 87065 Limoges Cedex. Tél. : 16 55 45 22 22.

● Ecoles supérieures internationales d'administration des entreprises (ESIAE). 1 rue Alphonse Fochier, 69002 Lyon. Tél. : 16 78 37 19 72. Et aussi à Hyères, Paris et Strasbourg.

● Institut national des sciences appliquées (INSA). 20 avenue Albert-Einstein, 69621 Villeurbanne Cedex. Tél. : 16 72 43 83 83. Et aussi à Rennes et Toulouse.

● Université de technologie de Compiègne (UTC), Centre Benjamin-Franklin, rue Roger-Cottolenc, BP 649, 60206 Compiègne Cedex. Tél. : 16 44 20 99 77.

● Onisep, 50 rue Albert, 75635 Paris Cedex 13. Tél. : 1 40 77 60 00.

sure le responsable du recrutement de Carnaudmetalbox. A cet égard, la capacité à encadrer est fondamentale en tant que critère d'embauche dans une industrie de main-d'œuvre comme l'emballage. «Après de trois à cinq ans, la plupart des jeunes ingénieurs sont amenés à devenir chefs de fabrication c'est-à-dire responsables d'une petite unité de production», confirme Francis Depernet. Ils poursuivront leur carrière au poste de directeur de production (d'usine) puis, éventuellement, à celui de directeur régional d'exploitation. Responsable d'un centre de profit, ce dernier dirige à la fois des équipes commerciales et des équipes de production.

«Pour nous non plus, il n'y a pas de profil type basé sur tel ou tel type de connaissances techniques», conclut Bruno Guillemet. «En fait, nous recherchons surtout une capacité à évoluer à partir d'un savoir-faire et de compétences de base. Cette évolution passe presque toujours par des étapes horizontales : embauché dans le cadre d'un projet de certification, un ingénieur-qualité peut très bien poursuivre sa carrière dans la recherche et le développement - ce qui, après tout, n'est pas très éloigné - mais il pourra tout aussi bien aborder la production avant de s'élever dans la hiérarchie.

Hervé Lhuissier

qui les attend presque toujours à leur arrivée.

Quelle que soit l'entreprise où ils font leurs premières armes, tous les jeunes diplômés suivent une formation d'une durée variable (jusqu'à deux ans) ; pendant cette période, ils exercent leurs responsabilités en alternance. Ils participent à la résolution de problèmes (la réfection d'un four chez BSN Emballage, par exemple), s'initient à tel ou tel aspect du domaine d'activité de leur employeur (l'étude des relations verre-métal chez Saint-Gobain Emballage) sans pour autant supporter le poids de responsabilités hiérarchiques trop directes. Très souvent, le cycle de formation a également pour objectif de faciliter une évolution ultérieure au sein du groupe. Vu la taille des entreprises et leur implantation internationale, de nombreuses possibilités de promotion interne existent en effet. Carnaudmetalbox pourvoit, par exemple, les deux tiers de ses postes situés à l'étranger par ce biais. «Chez BSN Emballage, les candidats ne sont pas simplement embauchés en fonction des aptitudes requises à leur premier poste. Leur recrutement s'inscrit toujours dans une perspective plus générale d'évolution de carrière au sein du groupe», résume Bruno Guillemet.

«Bien que les candidats bénéficient de démarques de carrière plus ou moins rapides selon leur profil, à moyen ou long terme ce sont naturellement leur expérience et leur personnalité qui font la différence», as-



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 MAGNETOSCOPES
les plus simples
et les plus perfectionnés

N°3 - 30F - 219 FB - 8 FS - 4.000 DT - 750 ESC - 37

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 PARTOUT

SCIENCE & VIE
HIGH TECH

LIVRES

Pierre et Nelly Bariand Minéraux

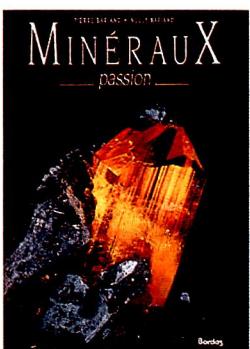
Bordas, alb. 223 p., 299 F.

Deux passions semblent à l'origine de ce livre. L'une pour tout ce qui touche à la minéralogie, son histoire – qui participe à celle des civilisations –, ses grandes fièvres. L'autre pour la photographie, la quête de l'éclat, du paysage fantastique extrait à grand renfort d'optiques des entraînements minéraux. Ces deux passions s'associent mais curieusement ne se mêlent pas.

Ainsi, l'ouvrage commence par une large saga scientifique. Hommage y est rendu aux grands noms de la minéralogie, depuis les philosophes de l'Antiquité jusqu'aux découvreurs de la diffraction des rayons X. Viennent ensuite des sujets comme l'étymologie minérale, l'utilisation des minéraux au cours des siècles et à travers les continents, leur

symbolique, et le travail des mineurs. Pour clore, les auteurs s'offrent le plaisir de conter les grandes découvertes de gisements, les ruées vers l'or, l'argent ou le diamant. Autant de sujets de romans !

C'est après ce final que commence le feu d'artifice : cent pages où se succèdent azurites, cyanotrichites, anglésites et autres pierres envoûtantes qui rivalisent de splendeur et d'étrangeté pour constituer une superbe vitrine



de la minéralogie. Mais c'est peut-être là le principal reproche que l'on puisse faire à cet ouvrage, son côté "expo", qui éteint une passion sans réellement la communiquer. Qui nous rend admiratifs, mais pas mordus. En fait, on a tendance à lire ce livre comme on ferait une visite de musée, en découvrant des choses merveilleuses, inaccessibles et insaisissables.

Emmanuel Jullien

Pr Claude Got

La Santé

Flammarion, 450 p., 150 F.

Le Pr Got a peu de chances d'être entendu et, à plus forte raison, écouté d'un large public. En effet, il écrit posément, prend le temps d'expliquer ses raisonnements et ne cherche pas les effets, comme en atteste le titre bien morne qu'il a choisi pour ce livre. Dommage, car il est l'un de ceux qui méritent le plus d'être, justement, écoutés.

Le livre est épais, imprimé en assez petits caractères et riche de faits et d'analyses. C'est ainsi que, reçu en janvier, il n'est ici recensé qu'en fin d'année. Peu importe, ce

n'est pas un "livre de plage", et il devrait demeurer dans les bibliothèques, à défaut de toutes les mémoires. Entre-temps, l'auteur a démissionné avec humour – et sans doute raison – d'un poste officiel auprès du ministère de la Santé, justement.

Commengons par la fin : elle énumère les quinze problèmes actuels de la santé. Nous ne pouvons les citer tous... Nous choisissons donc ceux qui nous paraissent les plus significatifs : « Il est illusoire d'imaginer une réduction du coût de la santé par un gain d'efficacité de la médecine, l'addition pourra toujours être alourdie par de nouvelles techniques d'exploration ou de soins [...]. Le développement de pratiques médicales relevant de la magie accroît l'inégalité quand la médecine devient efficace [...]. Les conditions de la circulation actuelle font de la route le premier facteur de mort et de handicap chez les adolescents et les jeunes adultes... »

Bref, ce n'est pas seulement la médecine mais l'ensemble de la santé en France qui doit être réorganisée dans une disposition d'esprit réaliste, parce que les conditions dans lesquelles nous vivons ont changé. Le citoyen s'intéresse de plus en plus à son environnement immédiat, parce que le monde lui semble de plus en plus compliqué. L'homme politique, qui pourrait assurer cette réorganisation, a certes conscience des problèmes, mais il perd du pouvoir, parce qu'il ne fait pas ce qu'il dit (l'attent-on assez vu, à propos de l'affaire du sang contaminé par le virus HIV !). C'est ainsi que l'état de la santé publique, obéri par les promesses non tenues et les responsabilités non assumées, menace la démocratie même.

L'objectivité de l'auteur ne signifie nullement que celui-ci



soit passe-partout ou bénin. C'est ainsi qu'il écrit, à propos du cancer : «Un des aspects les plus inadaptés de la lutte contre le cancer est le recours excessif aux techniques médiatiques d'appel à la charité publique. Ces méthodes [...] développent des centres de pouvoir parallèles qui ont en charge le choix des priorités de recherche et l'attribution des crédits [...]. A terme, ce sont les médias qui remplaceront les commissions de l'INSERM ou du CNRS !»

A propos de l'une des deux associations de lutte contre le cancer (il s'agit de l'ARC, l'autre étant la Ligue nationale contre le cancer), le Pr Got écrit encore que ses «procédures discrétionnaires créent l'arbitraire et le clientélisme, et sont inacceptables quand ils s'exercent avec l'argent collecté au nom de la lutte contre le cancer». Il juge aussi que ses «techniques de collecte sont [...] contestables [...], anormalement agressives, culpabilisant ceux qui les reçoivent sans y répondre [...]. Elles utilisent sans aucune pudeur des images d'enfants sous chimiothérapie».

Comme on le voit, le Pr Got n'y va pas toujours avec le dos de la cuiller. Accessoirement, il prend la défense de *Science & Vie*, notant que nous avons bien été condamnés par la justice pour avoir publié les chiffres de la consommation de tranquillisants en France, région par région ; ces chiffres étaient la propriété d'une firme. «Mais est-il acceptable que de tels renseignements ne soient pas accessibles aux chercheurs, aux journalistes et au public ?», demande-t-il.

Hélas, il y a bien des choses singulières dans le domaine de la santé en France, par exemple, lorsque le ministre de la Santé, en décembre 1990, puis en juin 1991, a supprimé

le remboursement des médicaments qui n'avaient pas fait la preuve de leur efficacité, mais qu'il a «curieusement exclu les médicaments homéopathiques de cette mesure».

C'est que le Pr Got n'est guère favorable à l'homéopathie ; il lui consacre de longues pages qui en démontrent la totale inanité, et il n'hésite pas à épingle les membres du gouvernement, tels que Georgina Dufoix, qui prétendent prendre position en faveur des médecines parallèles. Il dénonce sans ambages les «techniques de publicité de masse» dont l'homéopathie bénéficie, «au mépris des principes les plus élémentaires de la doctrine homéopathique !» Clou final : «Chaque fois que je lis un texte de défense de l'homéopathie "raisonnable", l'homéopathie placebo utilisée dans des pathologies sans risques, je pense à une enfant paralysée par la poliomyélite parce que son homéopathe de père était contre les vaccinations.»

Il faudrait tout citer : mieux vaut lire le livre.

Gerald Messadié

Pierre Boisard
Le Camembert, mythe national
Calmann-Lévy, 224 p., 110 F.

Fut-ce vraiment Marie Harel qui l'inventa, en pleine Révolution française ? Un Américain lui fit élever une statue à Vimoutiers, au temps où les Américains raffolaient du camembert au lait cru, et l'on sait que les Américains font sérieusement leurs recherches. Moins sérieusement parfois que les Français, car Pierre Boisard démontre que Marie Harel n'est pas un mythe, mais que le camembert lui est bien antérieur, puisque Thomas Corneille, le frère de l'autre, en

parlait au XVII^e siècle et que La Varende avait bien raison de se méfier de Marie Harel.

Quand naquit-il donc ? Mystère ! Mais il y a en tout cas bien longtemps. Il était temps de lui consacrer ce monument d'érudition aisée et de compétence assaillie d'humour qu'est le livre de Boisard. En plus d'écarter les palais, Maastricht risque de les frustrer, car une législation unifiée sur les fromages risque bien de dépecher le camembert au trépas, ce fromage n'étant bon qu'au lait cru qu'abominent nos bureaucrates.

Ou plutôt, n'était bon qu'au lait cru ; en effet, le camembert a déjà subi le sort du langage, il s'est «massifié». «Près de 90 % des camemberts sont produits industriellement [...] selon des procédés et avec des équipements identiques. Nous sommes entrés dans l'ère du camembert de masse. La publicité télévisée tente de donner à ces fromages qui diffèrent peu les uns des autres [...] le supplément d'âme qui leur fait défaut.» Ce n'est pas envoyé dire !

La nostalgie n'est pas de mise : les deux responsables du déclin du camembert sont la tyrannie économique des Etats-Unis qui, depuis 1951, n'acceptent plus de fromages au lait cru non pasteurisés, et l'industrialisation du produit. On le faisait quasiment en famille, en neuf ou dix semaines ; il faut aujourd'hui des usines, qui le font en trois ou quatre semaines.

Préparons-nous donc spirituellement aux camemberts grecs ou espagnols, en attendant les serbes, car «aucun gouvernement ne peut endosser la décision d'interdire l'appellation "camembert" aux autres régions que la Normandie...» On le voit d'ici, ce rond futur encore plus plâtreux, dont l'étiquette portera : «Vé-

ritable camembert à base de lait de soja et de lécithine, fabriqué selon la méthode d'égouttage scandinave.» Ceux qui croiront encore aux fromages français subiront alors les souffrances atroces de la bienheureuse Marguerite Marie Alacoque, qui exécrerait le fromage, mais qui, par esprit de pénitence, se forçait à en consommer.

En attendant, pour savoir comment se faisait le vrai camembert, référez-vous à Boisard : tout y est.

G.M.

Jean-Philippe Pecoul
et Michel Santi
Fortune faite

Dunod, 268 p., 120 F.

Un professeur à HEC, au département stratégie et politique d'entreprise, et un élève d'HEC livrent l'expérience de dix-neuf grands créateurs d'entreprises françaises du XX^e siècle, de Louis Renault et Marcel Boussac à Jean-Claude Decaux, Edouard Lederc ou Francis Bouygues : leurs réussites, sans mythes ni ragots.

Pour commencer, une brève note comportant date de naissance, diplômes, chiffres et faits marquant la réussite. Puis la succession, très «factuelle», des étapes de la création et de l'expansion, et l'enchâinement des causes et des effets qui ont marqué la vie de l'entreprise. Cela se limite à huit pages pour André Citroën, sept pour les quatre-vingt-quatorze années de la vie pourtant particulièrement mouvementée de Marcel Dassault, cinq pages pour les quatre-vingt-huit ans de Coco Chanel, autant pour Francis Bouygues qui, s'il a officiellement «passé la main» à son fils, ne s'est pourtant pas, loin de là, retiré des affaires. C'est bien concis !

Il s'agit plus d'un exposé que d'une reconstitution des vies

exceptionnelles qui ont été choisies. Guère de place aux motivations psychologiques.

C'est que les auteurs, c'est leur mérite, veulent précisément en finir avec la mythologie du "coup de baguette magique" et de l'"idée géniale" qui expliqueraient ces grandes destinées. Ils dégagent ainsi, dans la première partie, les quelques idées et comportements communs aux réussites : travailler sans compter sur le génie, justement ; faire vaut mieux que dire ; ne pas être trop en avance ; ne pas tout faire ; préparer le terrain à la chance, etc.

Ce livre est utile parce qu'il décourage ceux qui rêvent de miracle. Surtout, il encouragea ceux qui n'osent pas, ceux qui ne s'estiment pas à la hauteur. Car, à force de faire des grands patrons des hommes hors du commun, on finit par paralyser les meilleures volontés. Cela va à l'encontre d'un ouvrage tel que *le Défi américain* de Jean-Jacques Servan-Schreiber, qui, à force de servir la supériorité de la technologie et des entreprises américaines, avait en son temps intimidé nos entrepreneurs, qui ne se sentaient décidément pas de taille face à ces géants, à ces mastodontes qu'on leur donnait à admirer. On sait ce qu'il en advint après.

Gérard Morice

Eric Viardot
Le Marketing de la high tech
Publi-Union, 198 p., 195 F.

Les industriels français ont trop tendance à croire que les produits nouveaux, en particulier ceux de la *high tech*, se vendent d'eux-mêmes, simplement du fait de leur nouveauté qui vient satisfaire des besoins jusque-là latents, ou

non assouvis. Ils ne se préoccupent donc pas du marketing, dont le principe fondamental consiste à adapter à la demande l'offre des produits – et pas seulement des produits grand public.

Le résultat de cette ignorance ou de ce mépris est que huit entreprises sur dix qui se créent dans le domaine de la *high tech* font faillite et qu'aujourd'hui ne «réussissent dans le business [que] les sociétés [qui] se concentrent sur leurs clients et pas sur leurs produits».

Les échecs sont d'autant plus cuisants, et on doit d'autant plus s'en préserver, que la *high tech* coûte fort cher. Voici quelques exemples de prix de produits par rapport à ceux de la consommation courante, ramenés à leur rapport francs/kilo – critère qui, après tout, en vaut bien un autre : 1 kg de bâtiment coûte 5 F, d'emballage 20 F, d'automobile 50 F, d'électronique grand public 500 F, d'avion 6 000 F, de satellite 100 000 F.

Les entreprises *high tech* naissantes, constate l'auteur, sont, dans la majorité des cas, créées par des ingénieurs qui manquent d'approche commerciale et qui se concentrent d'une manière excessive sur leurs produits. Ils négligent de ce fait les aspects fondamentaux de toute commercialisation : étude des débouchés, fixation des prix, stratégie de communication, etc.

Viardot rappelle donc opportunément les techniques classiques du marketing en les adaptant aux produits de hautes technologies. Il précise les techniques qui tiennent compte des spécificités de ces derniers : caractère innovant, au fort contenu technologique, bien sûr, mais aussi cycle de vie très court (les succès commerciaux se font et se défont en moins de deux ans).

C'est le premier livre de référence sur le sujet à paraître en France. Et il se lit aisément, car il est illustré de nombreux exemples et témoignages.

G.Mo

**Ciba Foundation Symposium 166
Cocaine : Scientific and Social Dimensions**
John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto et Singapour, 306 p.

Cette collection d'études de la fondation Ciba mériterait certes d'être traduite, pour sa richesse d'informations sur l'une des toxicomanies les plus répandues et les plus dangereuses. On le souhaiterait particulièrement à un moment où certains toxicomanes se plaignent de «la froideur et de l'exclusion» dont ils seraient victimes, selon les termes d'un quotidien du matin, et avancent que «les discours sur la drogue ne sont souvent que prétexte à moralisme». Le débat est trop vaste pour être à nouveau abordé ici (nous lui avons consacré sept articles dans nos numéros 879 à 885), mais il faut, brièvement, rappeler que, même si certains discours sont simplistes, le ton "moral", c'est-à-dire la réprobation dont les toxicomanes font l'objet, est fondé sur une notion de responsabilité collective : il est impossible de laisser des gens s'autodétruire sans leur représenter les risques de leurs drogues.

La cocaïnomanie, apparue vers la fin du XIX^e siècle, entraîne, en effet, une accoutumance (contrairement à ce qu'en disent ses zélateurs et des gens mal informés). Elle favorise des troubles psychiques graves, de

la dépression profonde et des conduites suicidaires à des troubles psychotiques comme des obsessions (sans doute par blocage de la dopamine cérébrale). Elle est également toxique et cause une grande variété de troubles physiques, de l'hypertension et de l'œdème pulmonaire à l'hémorragie cérébrale et aux embolies dans les organes.

On regrettera de ne pas trouver dans cet ouvrage d'aperçu sur les effets de cette drogue sur le système immunitaire. Mais cela n'enlève rien à sa valeur.

G.M.

**Tom Burnam
The Dictionary of Misinformation**

Harper & Row, New York, Cambridge, Philadelphie, San Francisco, Londres, Mexico, São Paulo, Singapour et Sydney, 334 p.

Cet ouvrage a connu aux Etats-Unis et dans le monde anglo-saxon un succès considérable et mérite d'être signalé ici. C'est une collection de corrections sarcastiques sur des informations fausses qui sont éternellement colportées.

C'est ainsi que Robert Fulton n'a pas inventé le bateau à vapeur (c'est Hulls qui l'a inventé, en 1836), contrairement à la légende ; il a seulement observé les bateaux à vapeur des autres et a construit le sien plusieurs années plus tard ; de plus, ce bateau ne s'est jamais appelé le *Clermont*, contrairement à une autre légende. L'ampoule électrique n'a pas été non plus inventée par Edison, mais perfectionnée par lui. Il est faux que la foudre ne frappe pas deux fois à la même place, car elle suit toujours le trajet de moindre résistance, qui peut rester le

même d'un orage à l'autre. L'expression "génération perdue", sempiternellement attribuée à Gertrude Stein, doit être rendue à M. Pernollet, hôtelier à Belley, en Suisse. Magellan n'a pas été le premier homme à faire le tour du monde, car il a été assassiné aux Philippines avant la fin du voyage. Ce n'est pas en l'honneur de sa fille que M. Benz a nommé la marque célèbre Mercedes-Benz, mais de celle d'un motoriste de l'époque, M. Jellinek. Il n'existe pas dans la Bible une seule référence à un "mont Ararat", mais aux montagnes d'Ararat (Gen. 8:4). La place Rouge de Moscou s'appelait ainsi bien avant la Révolution de 1917. Il est faux que les autruches se cachent la tête dans le sable, etc.

Bien que l'ouvrage comporte bon nombre de déments qui n'auront de sens que pour les gens de culture anglo-saxonne, il en comporte aussi beaucoup qui intéressent tout le monde et dont se délecteront au moins les lecteurs français anglophones.

G.M.

George Gilder
Life After Television
W.W.Norton & Co., New York, Londres, 126 p.

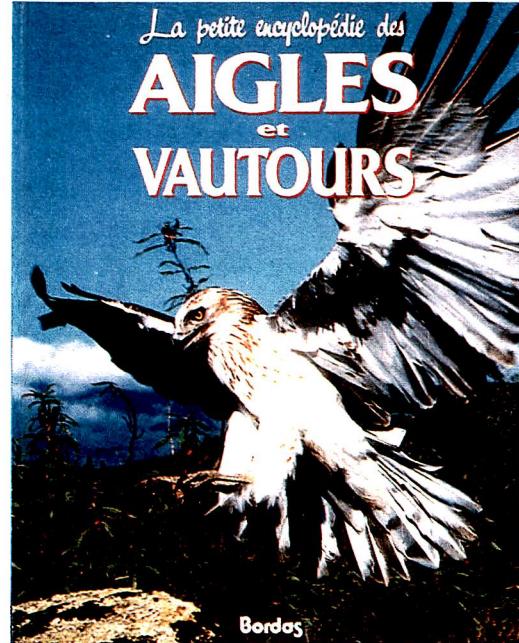
Ce petit livre mérite d'être signalé parce qu'il a été accueilli par la critique anglo-saxonne comme "prophétique", alors qu'il résume des points de vue sans doute familiers depuis de longs mois aux lecteurs de *Science & Vie*.

Intitulé donc, en français, *la Vie après la télévision*, et sous-titré *la Transformation prochaine des médias et de la vie américaine*, il dit en substance que la télévision telle que nous l'avons connue vit ses derniers jours. Deux grandes innovations techniques, l'image numérique, qui exige désormais

un ordinateur pour être décodée, et les fibres optiques, modifient complètement l'ensemble de la technologie de l'information. C'est ce que nous avons souvent dit.

Il ne parle pas assez des satellites. Parmi les modifications amenées par l'image numérique et les satellites, en effet, il y a le fait que les salles de cinéma de l'avenir, celles du cinéma de haute définition, n'auront plus besoin de cabine de projection, puisqu'elles pourront recevoir, directement sur l'écran, si l'on peut dire, les films par satellite. On peut même envisager de la publicité murale basée sur le principe de la transmission par câble. Cela, l'auteur ne le dit pas, ou en tout cas pas clairement, mais on ne lui en tiendra pas rigueur, car son propos est différent : il entend alerter et même exciter les chefs d'entreprise américains, parce que, dit-il, les Etats-Unis sont en train de perdre la bataille de la haute définition, alors qu'elle en possède la technologie.

C'est à la fois vrai et pas tout à fait vrai. Il est certain que les Américains ont laissé passer de belles occasions et que, par exemple, ils n'ont pas encore le minitel. Il est tout aussi certain que les Japonais et les Européens ont pris une belle avance dans la TVHD, le câble à fibres optiques et le réseau Numéris à large bande. Mais les Américains ne sont pas battus pour autant, et l'auteur crie un peu trop au loup, parce que son pays s'est déjà lancé dans la haute définition. Leur retard actuel n'est peut-être pas fortuit, car il devrait leur permettre de profiter de l'acquis japonais et européen, au lieu d'essuyer les plâtres. Il est parfois plus avantageux, en effet, de perdre la première manche, parce qu'on en tire



des leçons. C'est ainsi que, nous étant en France lancés avec retard dans la télévision en couleurs, nous avons fait mieux que les Américains, qui l'avaient eue les premiers. D'une certaine manière, les Américains, qui ont été les premiers à bénéficier du câble, en sont désavantagés, car il leur faudra maintenant changer complètement le réseau, constitué de câbles ordinaires, au lieu d'en avoir d'embûche installé un avec des câbles à fibres optiques.

Le livre fourmille de chiffres, en dollars, destinés à prouver l'intérêt économique et financier qu'il y a pour les Etats-Unis à se jeter dans la mêlée. On ne saurait le contredire. Bien qu'un peu emphatique dans ses démonstrations, Gilder a bien raison quand il dit en quelque sorte : la télévision est morte, vive la télévision. Quand on pourra se faire téléphoner le film de son choix (et pourquoi pas, même, en fixer des images sur imprimante !), le paysage des médias et même celui de la presse auront radicalement changé.

Peut-être, vers 2010, nos lecteurs et leurs enfants recevront-ils *Science & Vie* par téléphone !

G.M.

Penny Olsen
La Petite Encyclopédie des aigles et vautours
Bordas, alb. 68 p., 99 F.

Le titre est exact, c'est bien une petite encyclopédie. L'information est abondante, précise, souvent originale et claire. Les photos, superbes et très bien imprimées, enchanteront les admirateurs de ces rapaces et révéleront sans doute leur beauté à ceux qui ne les connaissent pas. On y apprend qu'en Australie il ne faut pas approcher d'un nid d'aigle, généralement très visible, parce que l'oiseau, de nature farouche, l'abandonne alors et que sa nichée risque d'être perdue ; que l'aigle de Verreaux n'élève qu'un seul poussin de sa nichée et sacrifie les autres ; qu'un circaète peut avaler un serpent encore ondulant de 1,50 mètres de long ; que le vautour moine est, hélas, menacé de disparition ; qu'il existe un vautour végétarien (fort beau), le vautour palmiste ; qu'un condor des Andes captif vécut soixante-douze ans ; que seuls les vautours de l'Ancien monde nidifient, pas ceux du Nouveau... G.M.

SCIENCE & JEUX

PHYSIQUE AMUSANTE

Alcool et platine : une combustion sans flamme

Actuellement, la catalyse n'évoque qu'une chose : le pot d'échappement des voitures dans la lutte antipollution. En fait, il s'agit d'un processus utilisé à grande échelle dans l'industrie chimique et dont nous allons reproduire l'action mystérieuse en modèle réduit.

Quand on gratté une allumette ou qu'on tourne la molette d'un briquet, on déclenche une réaction chimique qui est une combustion ; mais quand un bout de fer rouille sur un bord de chemin, c'est encore une combustion : dans les deux cas il y a une combinaison chimique de l'oxygène de l'air avec un corps combustible, cette combinaison s'accompagnant d'un dégagement de chaleur.

La seule différence entre les deux, c'est que la vitesse de réaction est rapide dans le premier cas et lente dans le second – le dégagement de chaleur passant alors inaperçu, bien qu'il soit toujours là. La combustion est la réaction chimique la plus facile à observer quand elle est rapide car une flamme se voit de très loin ; en revanche, elle est peu évidente quand elle est lente, à tel point qu'il faut l'avènement de la chimie pour reconnaître que la rouille du fer, par exemple, est encore une combustion.

Et, comme nous allons le voir, en présence d'un corps qui ne participe même pas à la réaction, il peut y avoir combustion rapide sans flamme. Mais comme le dégagement de chaleur est toujours présent et qu'il se fait en un temps très

court, le corps ajouté va devenir incandescent et le processus est de nouveau facile à mettre en évidence. Mais il faut bien le dire, son interprétation théorique reste délicate.

En fait, l'inflammation d'un combustible est la réaction chimique la plus courante que nous puissions observer, mais on sait qu'il y a en réalité des milliers et des milliers de combinaisons possibles entre les divers corps simples qui constituent la matière.

Une bonne part de ces combinaisons se fait toute seule, par simple contact entre certains éléments – c'est ainsi, par exemple, que se sont formées les roches – ou par enchaînements de processus liés à l'organisation de la matière vivante. Les matières premières des civilisations primitives, pierre, bois, cuir et autres, sont nées de ces combinaisons où l'homme n'intervient pas.

Mais, avec la progression des connaissances, il devint tentant d'intervenir sur des processus dont on commençait à bien discerner les mécanismes. En laboratoire, on commença à créer les premiers produits de synthèse : quelques sels et quelques oxydes qu'on ne trouvait pas à l'état naturel. Pour les produi-

re, il fallait faire réagir divers corps entre eux, et c'est là que le Suédois Berzelius, l'un des fondateurs de la chimie moderne, fit en 1836 une découverte importante : certaines réactions peuvent être accélérées par la présence d'un corps qui n'entre pas dans la composition du produit final et peut donc être récupéré.

À ces corps qui ne servent en quelque sorte que d'entremetteurs, il donna le nom de catalyseurs. Mais il faut bien noter que ceux-ci n'agissent pas automatiquement sur toute réaction : ils peuvent être efficaces avec certains éléments ou composés, et sans la moindre action sur d'autres. Certains sont sélectifs : ils favorisent une réaction plutôt qu'une autre. C'est ainsi qu'à haute température l'alcool éthylique se décompose par parties égales en éthylène + eau et en acétaldéhyde + hydrogène. En présence d'alumine, et à température bien plus basse, il ne donne que éthylène + eau, alors qu'en présence de cuivre il ne donnera que acétaldéhyde + hydrogène.

Pour être juste, les catalyseurs furent utilisés bien avant qu'on commence à entrevoir leur mode d'action ; peu avant la Première Guerre, l'Allemand

Fritz Haber réussit la première synthèse catalytique de l'ammoniac par réaction de l'azote sur l'hydrogène en présence d'osmium et de ruthénium.

Or, l'ammoniac étant essentiel pour la fabrication des explosifs, il fallut pousser la production dès 1914 alors que l'osmium et le ruthénium, métaux très rares, commençaient à manquer. Haber essaya alors divers autres métaux et finit par découvrir que le fer en poudre convenait tout aussi bien (sans catalyseur, la réaction azote/hydrogène est fort lente et difficile à bien contrôler).

Il existe en effet nombre de réactions qui ne se produisent à échelle mesurable qu'en présence d'un catalyseur, lequel sert alors en plus de déclencheur. Quantité de corps simples ou composés peuvent être des catalyseurs dans certaines combinaisons : l'acide sulfurique, par exemple, est un catalyseur pour de nombreuses réactions et il est lui-même produit par catalyse en présence d'oxyde de vanadium.

Comme nous l'avons dit, le processus même de la catalyse est d'interprétation difficile ; celle-ci a été découverte par hasard, et un catalyseur est toujours défini sans autre précision comme une substance



Le fil de platine reste incandescent sans qu'il y ait la moindre flamme

qui augmente la vitesse d'une réaction sans être consommée dans cette réaction. Pour comprendre son action, il a d'abord fallu entrevoir quels mécanismes agissaient au niveau moléculaire, puis au niveau atomique, lors d'une quelconque réaction chimique.

Si on prend le cas d'une combustion, qui n'est autre qu'une combinaison entre l'oxygène de l'air et un corps combustible, on conçoit aisément que la réaction exige que les molécules d'oxygène soient au contact des molécules du combustible. Qui plus est, pour que la combustion se poursuive, il faut que les produits de la réaction ne viennent pas faire écran entre l'air et le combustible.

Pour qu'il y ait contact entre les deux ensembles de molécules, il faut déjà que l'un d'eux au moins soit animé d'un mouvement propre qui l'amène à rencontrer l'autre. Dans les solides, les molécules sont rangées les unes à côté des autres et sont très peu mobiles : il n'y aura donc que très rarement de réaction chimique

entre deux solides mis en contact, et cette réaction se limitera de toute façon à l'interface sans aller plus loin.

Dans les liquides, et plus encore dans les gaz, les molécules sont libres et s'agencent en tout sens comme un nuage de mouches autour d'un pot de miel. De plus, cette agitation augmente avec la température et avec la pression. Lorsque deux gaz sont mis dans une même enceinte, leurs molécules s'interpénètrent très vite, comme un essaim d'abeilles traversant le nuage de mouches.

La réaction chimique est donc assez facile entre deux gaz – à condition bien sûr que ce soient deux molécules qui réagissent l'une avec l'autre, faute de quoi il ne se passe rien ; l'air est ainsi fait d'un mélange d'azote et d'oxygène qui, dans les conditions ordinaires de température et de pression propres à l'atmosphère, ne réagissent pas ensemble.

Dans les liquides, la mobilité des molécules est un peu moindre mais les réactions

sont encore aisées ; comme dans le cas des gaz, la vitesse de réaction augmente en général avec la température et avec la pression. Cela étant, la combinaison chimique elle-même ne se fait pas entre molécules, mais entre atomes. Dans le cas de la combustion qui nous intéresse plus spécialement ici, il faut qu'il y ait interaction entre des atomes d'oxygène de l'air et les atomes du combustible.

Or, dans l'air, l'oxygène est sous forme moléculaire O_2 ; il faut donc que sa vitesse d'agitation soit suffisante pour que, lors de la collision avec une molécule de combustible, la molécule d'oxygène éclate en deux atomes O. Chacun des deux atomes peut alors se combiner avec un autre atome de la molécule combustible.

C'est dans ce mécanisme de fractionnement des molécules qu'intervient le catalyseur ; nous en resterons au cas le plus simple où celui-ci est un métal intervenant dans une réaction de combustion mettant en jeu deux gaz. La

capacité de ce métal à favoriser la réaction dépend de sa capacité à adsorber les molécules du réactif (celui des deux gaz – ici l'oxygène – qui entre le plus facilement en réaction avec d'autres corps).

Notons tout de suite qu'il ne faut pas confondre adsorber et absorber ; l'absorption est un processus où un élément pénètre toute la masse d'un corps qui se trouve ainsi complètement imprégné, comme l'éponge avec l'eau. Dans l'adsorption il n'y a qu'une pénétration de surface sur une profondeur qui est de l'ordre de grandeur des molécules, c'est-à-dire microscopique. En pratique, il y a plutôt adhésion du réactif à la surface que véritable pénétration.

C'est là qu'intervient le phénomène de catalyse car cette adsorption conduit généralement à la dissociation de la molécule réactive – ou au moins à l'affaiblissement de ses liaisons – ce qui permet à la réaction de s'effectuer plus rapidement. Dans le cas d'une combustion, la molécule O_2 se trouve scindée en ses deux atomes O à la surface du catalyseur, et chacun d'eux peut facilement se combiner aux atomes du combustible. Du même coup s'explique le fait que le catalyseur n'apparaît pas dans le produit final : il ne sert que d'entrepreneur dans la réaction.

Comme il s'agit d'un phénomène ne mettant en jeu que sa surface sur une profondeur infime, on a donc intérêt à augmenter celle-ci tout en ayant le plus petit volume possible. De là l'intérêt de mettre le catalyseur sous forme d'éponge ou de mousse afin que le maximum du mélange oxygène et combustible se trouve en contact avec lui.

Pour être juste, l'interprétation complète du processus est plus complexe car elle fait

intervenir la théorie cinétique des gaz, les vitesses de collision, les forces de liaison entre atomes ou molécules et leurs énergies potentielles. Nous n'entrerons pas dans ces théories fort délicates où nous rencontrions des complexes activés et des barrières d'activation qui sortent du cadre de cette rubrique.

Quantité de corps simples ou composés ont des propriétés catalytiques, mais les plus actifs sur le plus grand nombre de réactions restent les métaux rares : platine, iridium, osmium, palladium, ruthénium, rhodium. Le plus connu de tous ceux qui ont fait un peu de chimie en classe reste le platine qui, de fait, est actif à la pression ambiante sans même qu'il soit besoin de monter beaucoup en température. En particulier, comme nous allons le voir avec notre expérience, c'est un très bon catalyseur dans l'oxydation des alcools.

A partir du moment où il est suffisamment chaud, il suffit à entretenir la réaction entre l'oxygène de l'air et une vapeur d'alcool sans qu'on voie la moindre flamme — il s'agit bien en fait d'une combustion, mais à un stade qui se rapproche plus d'une oxydation accélérée que d'une inflammation vraie. Toutefois la chaleur libérée par la réaction suffit à maintenir le platine incandescent.

Le montage mettant en évidence cette oxydation catalytique à fort dégagement de chaleur est relativement simple à faire : il s'agit de disposer une boucle en fil de platine (diamètre 3/10 mm, longueur 70 mm) de telle façon qu'elle se trouve immobilisée à quelques millimètres de la surface d'une petite quantité d'alcool isopropylique qu'on enflamme quelques secondes. Le platine, alors porté au rouge, sera baigné dans les vapeurs d'alcool et restera incandes-

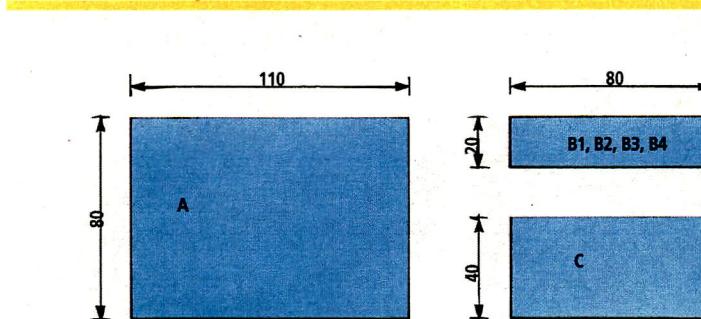


Figure 1

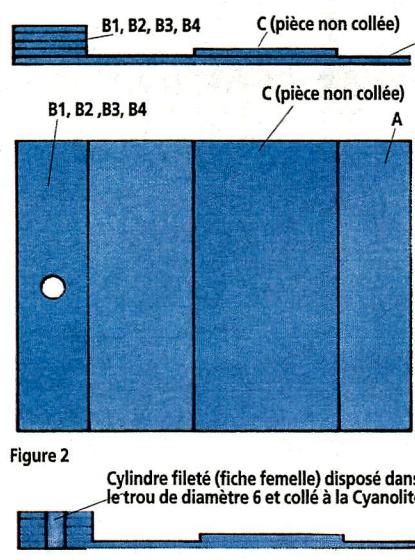


Figure 2

Figure 4

cent quand on aura éteint la flamme : la réaction une fois amorcée se poursuit tant qu'il reste de l'alcool.

Le matériel à réunir pour ce montage est restreint :

- Cutter, règle métallique, colle Uhu-Plast.
- Polystyrène choc de 2 mm d'épaisseur ; disponible, directement ou par correspondance, chez Adam Montparnasse, 11 bd Edgar-Quinet, 75014 Paris ; ou chez Pierron, BP 609, 57206 Sarreguemines.
- Une fiche banane complète (mâle et femelle) : en vente chez les marchands de com-

posants électroniques.

- Alcool isopropylique : recharge pour lampe Berger, dans les supermarchés ; ou à la rigueur : alcool à brûler (alcool méthylique) ou alcool à 90° des pharmacies (alcool éthylique).
- Fil de platine 3/10, longueur 70 mm et tube laiton de 2 mm ; en vente chez Weber, 9 rue du Poitou, 75003 Paris. Les 70 mm de fil de platine et 50 cm de tube laiton seront envoyés franco aux lecteurs qui adresseront un chèque de 84 F à Weber.

Une fois ces éléments réunis, on commence par construire le

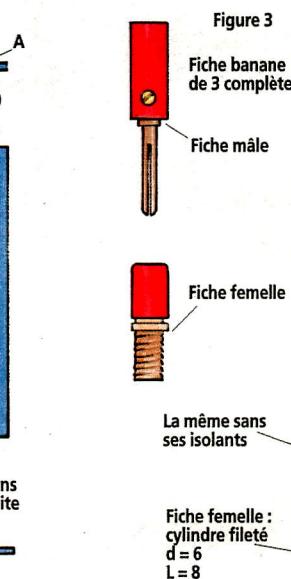


Figure 3

Fiche banane de 3 complète

Fiche mâle

Fiche femelle

La même sans ses isolants

Fiche femelle : cylindre fileté d = 6 L = 8

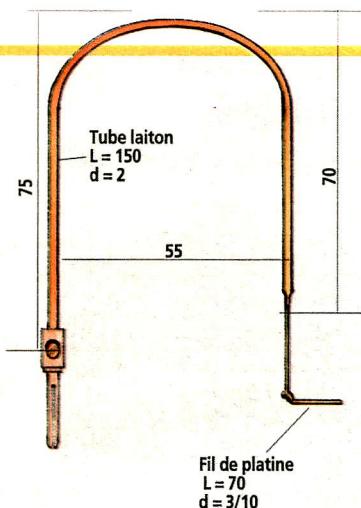


Figure 5

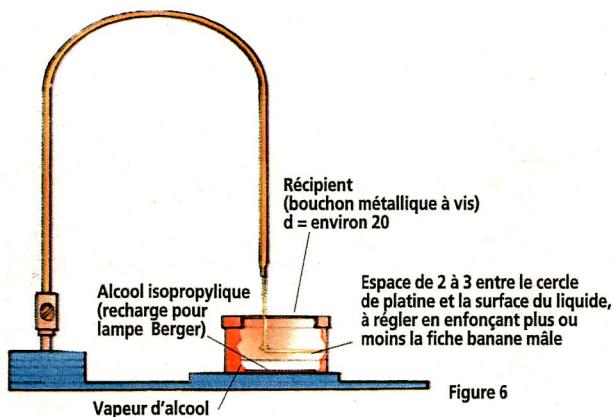


Figure 6

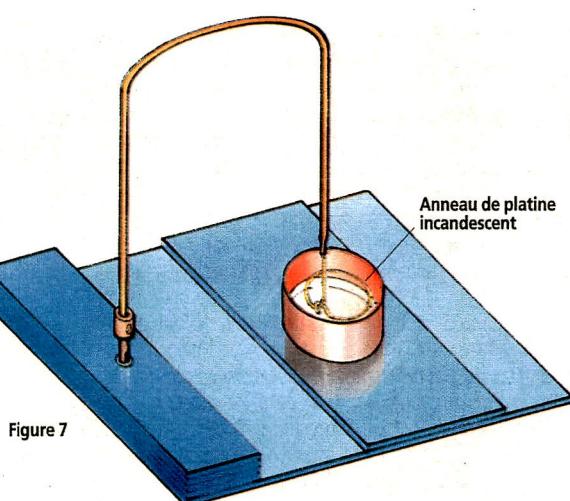
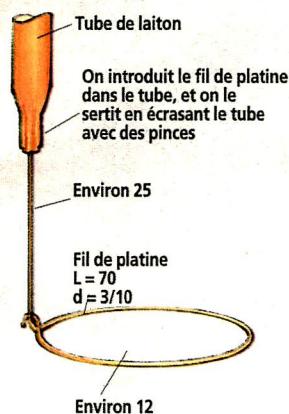


Figure 7

hauteur de la potence qui porte le fil de platine, nous nous sommes servis d'une fiche banane de 3 mm (figure 3). La partie femelle, débouillée de ses isolants et de ses écrous, a été réduite, avec une scie à métaux, à un cylindre fileté de 3 mm de diamètre intérieur et de 6 mm de diamètre extérieur pour une longueur de 8 mm. Ce cylindre a été ensuite glissé dans le trou pratiqué dans le socle, et immobilisé avec un peu de colle cyanoacrylate (figure 4).

Le support proprement dit a été fabriqué à partir d'un tube

de laiton de 2 mm de diamètre et de 150 mm de long (figure 5). L'emploi d'un tube en laiton de ce diamètre nous a semblé être la meilleure solution pour immobiliser par serrage l'extrémité supérieure du fil de platine. En effet, comme la réaction s'amorce par inflammation de l'alcool, il faut que la liaison mécanique supporte la température. La courbure de ce tube de laiton – de petit diamètre – est aisée pour peu que l'on procède avec les mains et avec précaution comme indiqué figure 5. Le fil de platine est égale-

ment facile à travailler. Il s'agit de former un anneau d'environ 12 mm de diamètre à l'extrémité d'une partie rectiligne ayant sensiblement 25 mm de long. Le plan de cet anneau sera perpendiculaire à la partie droite. On faconnera l'anneau en se servant d'un manche d'outil de diamètre voisin. Il restera ensuite à former une sorte de crochet, à l'aide de pinces fines, et à le refermer sur la branche montante.

Notons que ce petit travail est assez délicat ; mais, s'il n'est pas parfait, le résultat n'en sera pas affecté pourvu

que la boucle reste dans un plan horizontal. Si ce n'était pas le cas, la réaction aurait lieu quand même, mais elle resterait toutefois limitée à une seule partie du fil. Si la forme est bien construite on obtiendra un cercle incandescent du plus heureux effet.

Pour cela, il faut mettre en œuvre le montage, ce qui est très simple. Toutefois, comme il sera nécessaire d'utiliser une flamme nue à partir d'un liquide inflammable, l'expérience ne doit pas être pratiquée hors de la surveillance d'un adulte. On veillera notamment à éloier

gner le flacon d'alcool de la table où se trouve le montage.

Les essais nous ont montré que les meilleurs résultats étaient obtenus avec de l'alcool isopropylique. On peut s'en procurer dans presque tous les supermarchés sous la forme d'un flacon de recharge pour les lampes Berger - le parfum importe peu... Ces lampes sont d'ailleurs fondées sur le principe même que nous illustrons : elles comportent une masse grise qui contient très probablement de la mousse de platine (la composition exacte du bloc est confidentielle).

Notons toutefois que du simple alcool à brûler convient, mais la réaction est un peu moins franche et moins persistante - sans doute parce qu'il s'agit d'un mélange où domine le méthanol, mais qui renferme aussi d'autres produits. Le récipient contenant l'alcool sera un bouchon à vis, évidemment métallique, récupéré sur un flacon quelconque. On gagnera à ce que son diamètre soit de l'ordre de 20 mm environ. Ainsi, l'anneau de platine sera mieux baigné par les vapeurs d'alcool et la catalyse sera facilitée.

On mettra dans le récipient la valeur d'un plein compte-gouttes de combustible, puis on placera l'anneau de platine, comme indiqué **figure 6**, à quelques millimètres de la surface de l'alcool. Le réglage sera facilité grâce au système de liaison entre le support et le socle par une fiche banane.

On enflammera l'alcool le temps que l'anneau rougisse, ce qui ne demandera que quelques secondes. On soufflera ensuite juste suffisamment pour éteindre la flamme. L'anneau restera incandescent. On veillera toutefois à régler de temps en temps la hauteur de la boucle de platine afin que le métal reste bien dans un mélange en justes proportions de

vapeurs d'alcool et d'air. S'il est trop près, la quantité d'oxygène est insuffisante pour que la réaction se fasse ; s'il est trop loin, c'est l'alcool qui manque.

Les essais nous ont révélé une particularité de l'expérience qui tient à la présence quasi-maintenue d'eau dans l'alcool : il arrive que la réaction s'interrompe avant que la totalité du liquide ne soit consommée. Si on essaie alors de la faire redémarrer, elle ne s'amorce pas. En réalité, l'alcool du commerce contient toujours au moins 10 % d'eau, et c'est l'alcool qui s'évapore en premier du mélange. La proportion d'eau augmente donc au fil du temps, et vient un moment où le liquide restant contient surtout de l'eau qui est tout à fait imprévisible à une combustion, même catalytique.

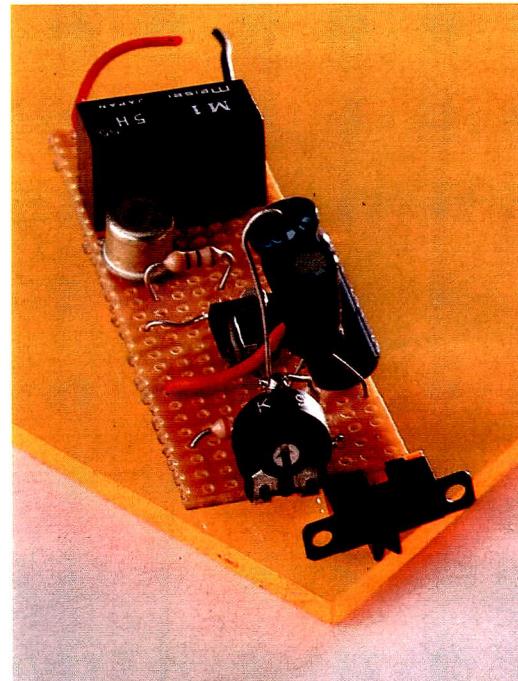
Donc, au cas où la réaction s'arrêterait avant que tout le combustible ne soit évaporé, il faut vider ce qui reste et remettre de l'alcool dans le bouchon. On veillera à opérer dans un endroit exempt de courants d'air et on ne restera pas trop près du montage : le simple souffle de la respiration disperse plus ou moins la vapeur d'alcool et l'incandescence de l'anneau est alors irrégulière.

Enfin, on ne laissera pas le dispositif en fonctionnement sans surveillance. Il peut arriver en effet dans certains cas que s'amorce une combustion ordinaire avec flamme. Il faut donc, lorsque l'observation est terminée, retirer le support et l'anneau de platine et les disposer loin du récipient. Moyennant cette précaution la démonstration de l'effet catalytique est très probante, surtout dans le noir, et elle illustre un processus que toute l'industrie chimique utilise couramment partout dans le monde.

Renaud de La Taille
Modèle Pierre Courbier

ÉLECTRONIQUE AMUSANTE

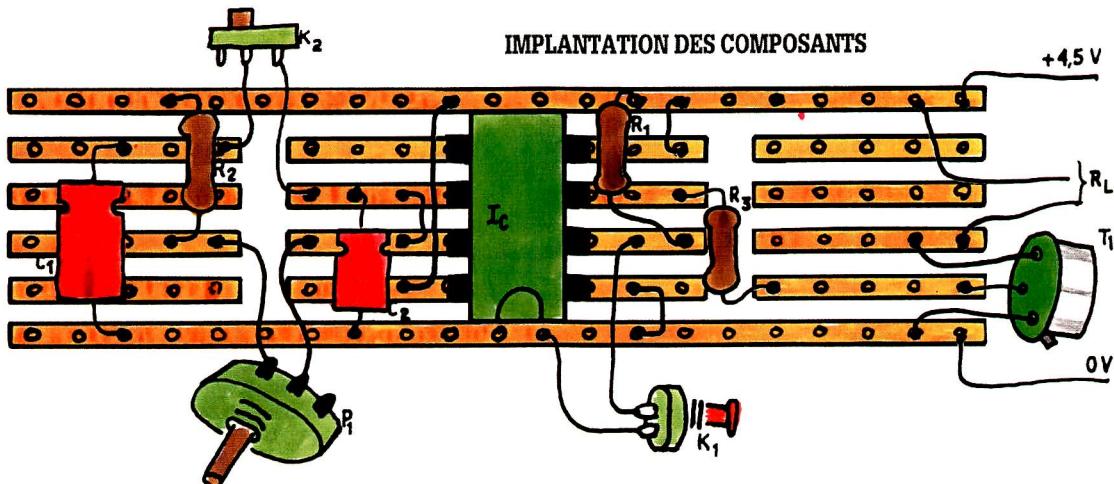
Réalisons un temporisateur universel



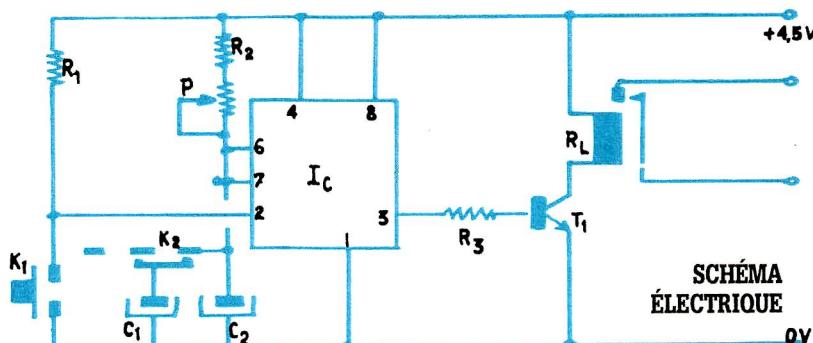
Plusieurs lecteurs, faisant partie d'une association de malentendants, nous ont à diverses reprises demandé un montage simple allongeant la durée des coups de sonnette,

et ce quelque soit la durée durant laquelle le bouton-poussoir est pressé. D'autre part, de nombreux lecteurs ont souhaité la publication d'un schéma de minuterie simple et peu onéreuse. Étant donné la similitude de ces deux applications, nous vous proposons de réaliser un petit montage capable de répondre aux deux types de fonctionnement. Nous l'avons en effet doté d'un commutateur courte durée/longue durée ; sa sortie sera en outre équipée d'un relais. Il lui sera donc possible de commander soit la basse tension qu'utilisent les sonnettes, soit le secteur alimentant les ampoules d'éclairage. Cela dit, passons à l'étude du montage.

Nous utiliserons un circuit intégré du type NE 555. Ce composant nous est familier en



tant qu'oscillateur, mais nous l'utiliserons ici en tant que monostable. Son câblage différera donc légèrement de celui que nous avons coutume d'employer. Ici, le NE 555 se contentera de délivrer une impulsion électrique de durée constante dès que sa commande de déclenchement sera sollicitée. Comme la durée de l'impulsion sera fonction de la valeur des composants équipant le circuit intégré, il sera facile de faire



EXPOTRONIC AU CNIT



À près du succès qu'il a connu l'an dernier, le salon Expotronic s'agrandit cette année en s'installant au CNIT Paris-La Défense. Les amateurs, débutants ou confirmés en électronique, auront l'occasion d'y rencontrer de nombreux détaillants, fabricants, importateurs et créateurs de kits. De plus, afin de l'initier à l'utilisation des circuits imprimés, il sera proposé à tout visiteur de câbler un badge musical alimenté par cellules solaires. Un événement que ne manqueront pas les "mordus du fer à souder", les 6, 7 et 8 novembre de 9 h à 19 h.

Moyens d'accès :

- RER A (arrêt La Défense).
- Bus.
- Voiture : parking du CNIT au centre commercial Les Quatre-Temps.

varier la temporisation. Pour cela nous disposerons d'une part d'un potentiomètre, et, d'autre part, d'un interrupteur pouvant commuter un condensateur. L'interrupteur nous permettra de choisir entre deux gammes de temporisations ; la première couvrira des durées comprises entre une et dix secondes approximativement, la seconde celles comprises entre quinze secondes et deux minutes environ. Le potentiomètre permettra d'ajuster la durée au sein de chacune de ces gammes.

Reste que l'intensité de l'impulsion fournie par le circuit intégré reste insuffisante pour assurer le fonctionnement convenable du relais. Afin de résoudre ce problème nous intercalerons un transistor entre la sortie du NE 555 et le relais.

Etant donné le nombre réduit de composants utilisés, ce montage s'adresse tout particulièrement aux débutants. Il faudra cependant prendre soin de bien couper l'ensemble des bandes conductrices de la plaque de câblage sous le circuit intégré, de respecter son brochage ainsi que celui du transistor et la polarité des condensateurs. En ce qui concerne le relais, son brochage peut fortement varier d'un constructeur à un autre. Aussi, nous vous conseillons vivement de vous faire préciser l'ordre exact de ses connections par le détaillant lors de son achat. Toujours, si vous utilisez un relais de "récupération", il est relativement simple de retrouver son brochage. Généralement les fils issus de la bobine sont reliés de manière assez visible sur les bornes les alimentant. On lèvera le doute en reliant ces dernières à la pile : le relais devra coller. De même les contacts mécaniques sont souvent apparents. Ici encore il sera possible de retrouver les bornes correspondant au contact "travail".

L'alimentation de ce montage sera assurée soit par une simple pile pour lampe de poche de 4,5 volts, soit – cette solution étant préférable pour une utilisation prolongée – par un petit adaptateur secteur délivrant de 4 à 6 volts sous 300 milliampères au moins.

OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

- MAGNETIC FRANCE, 11 place de la Nation, 75011 Paris. Tél. : 1 43 79 39 88.
- PENTASONIC, 10 boulevard Arago, 75013 Paris. Tél. : 1 43 36 26 05.
- T.S.M., 15 rue des Onze-Arpents, 95130 Franconville. Tél. : 16 34 13 52.
- URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon, Suisse.
- Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

Pour tester le bon fonctionnement du temporisateur il suffira de l'alimenter et de faire entrer en contact les fils correspondant au bouton-poussoir. Le relais devra coller aussitôt, et revenir à sa position de repos au bout d'une durée qu'il sera possible d'ajuster en jouant sur l'interrupteur de sélection de gamme, ou sur le potentiomètre. Si tel est le cas le montage est prêt à l'emploi.

Sa mise en place définitive est également très simple. Dans le cas d'une sonnerie de porte il faudra repérer l'arrivée des fils provenant du bouton extérieur, puis les déconnecter de l'installation existante pour les relier à l'entrée du montage. Les contacts du relais seront, quant à eux, connectés aux emplacements laissés vacants. Pour une utilisation en minuterie, le plus simple consiste à placer le montage à proximité de l'interrupteur de commande déjà existant. Il sera démonté et les fils qui lui arrivent seront raccordés au relais. Quand à l'interrupteur, il sera remplacé par un bouton-poussoir relié à l'entrée du montage.

Précisons enfin que ce montage est particulièrement intéressant pour les interrupteurs placés en extérieur. En effet les fils ne véhiculent plus, dans ce cas, qu'une très faible tension : les 4 à 6 volts de l'alimentation. Cela permet donc une bonne sécurité d'utilisation même en milieu humide. En revanche, lors du raccordement du montage au réseau, il faudra s'assurer que l'électricité est coupée avant toute intervention. De même, dans le cas de l'utilisation en minuterie, le secteur sera présent sur le relais. Il faudra donc apporter un soin particulier à l'isolation de ses contacts et éviter de toucher le montage sous tension.

Henri-Pierre Penel

JOURNAL DE L'ASTRONOME

L'amas local

Le Soleil et son cortège de planètes font partie d'un ensemble d'une centaine de milliards d'étoiles qu'on appelle la Galaxie. Cet ensemble, qui se présente sous la forme d'un disque avec un renflement central, mesure 100 000 années-lumière de diamètre pour environ 15 000 d'épaisseur au centre. Notre Galaxie n'est pas unique dans l'Univers ; il en existe des milliards d'autres, plus ou moins peuplées d'étoiles, plus ou moins grandes, et de formes variées.

L'identification même des

galaxies en tant que telles est relativement récente. C'est Edwin Hubble, en 1929, qui apporta la preuve de leur existence grâce aux observations qu'il avait réalisées au moyen du télescope de 2,50 mètres du mont Wilson, le plus puissant de l'époque. La construction des grands télescopes modernes permit de mieux connaître la structure des galaxies. Seulement, ces géants optiques, avec lesquels on peut observer des astres très lointains, n'ont qu'un champ de vision très étroit qui ne permet pas l'observation d'une portion étendue du ciel. Ainsi, les premiers travaux sur la distribution des galaxies dans l'Univers furent des extrapolations à partir d'observations parcellaires. On soupçonna alors

LES GALAXIES DE L'AMAS LOCAL

NUMÉRO	CONST	AD	DEC	MAG	DIM AP
A444	CET	0.02	-15°28	10,9	10'X4'
IC 10	CAS	0.20	59°18	10,2	5'X4'
NGC 147	CAS	0.33	48°30	9,3	13'X8'
AND II	AND	0.35	36°31	13	
NGC 20	AND	0.40	41°41	8,81	7'X10'
M 32	AND	0.42	40°52	8,2	7'X6'
M 31	AND	0.42	41°16	3,4	178'X63'
AND I	AND	0.45	38°	13	
SMC	TUC	0.52	-72°50	2,2	280'X160'
SCULPTOR	SCL	0.59	-33°42	10	
LGS 3	PSC	1.03	21°53	15	2'
IC 1613	CET	1.04	2°07	9,3	12'X11'
AND II	PSC	1.16	33°27	13	
M 33	TRI	1.33	30°39	5,7	62'X39'
LEO I	LEO	10.08	12°18	9,8	10'X8'
LEO II B	LEO	11.13	22°10	11,4	14'X13'
UGC 9749	UMI	15.08	67°12	12	27'X16'
UGC 10822	DRA	17.20	57°55	11	33'X18'
SAGITTAIRE	SGR	19.30	-17°41	15	
NGC 6822	SGR	19.44	-14°48	9	10'X9'
FORNAX	FOR	2.39	-34°32	9	20'X13'
AQUARIUS	AQR	20.46	-12°51		
IC 5152	IND	22.02	-51°17	11	4'X3'
UGC 12613	PEG	23.28	14°45	12,0	5'X3'
NGC 185	CAS	3.39	48°20	9,1	11'X10'
LMC	DOR	5.23	-69°45	0,1	650'X550'
CARINA	LYN	6.40	60°04	12	3'X2'
LEO III A	LEO	9.59	30°45	12,6	5'X3'

NUMÉRO : Nom ou numéro de catalogue de la galaxie.

CONST. : Abréviation internationale de la constellation dans laquelle se trouve l'objet.

AD : Ascension droite, 0,02 signifie 00 h 02 m.

DEC : Déclinaison en degrés et minutes d'arc.

MAG : Magnitude visuelle.

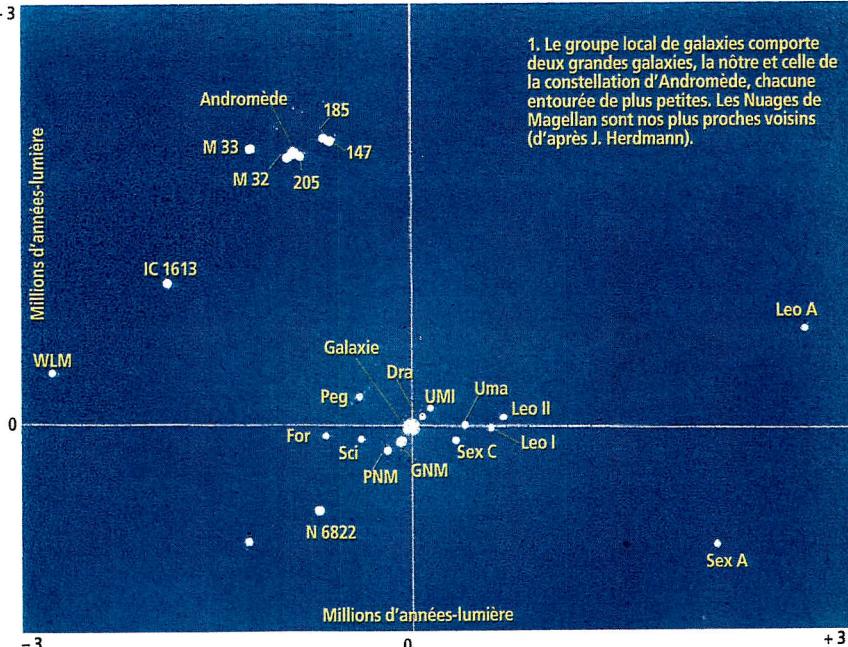
DIM AP : Dimension apparente en minutes d'arc.

l'existence de groupements de galaxies mais il fallut attendre la mise en service du grand télescope Schmidt du mont Palomar pour avoir des certitudes. Le télescope Schmidt, du nom de l'astronome allemand qui le mit au point, est en fait une chambre photographique à grand champ. Très lumineuse, elle autorise des prises de vue en un temps beaucoup plus court qu'avec un télescope classique et, surtout, avec un champ plus important. Ainsi, alors qu'un télescope comme celui de 2,50 m du mont Wilson a un champ de quelques minutes d'arc, le Schmidt du mont Palomar permet d'obtenir sur des plaques carrées de 34 cm de côté un champ de 6° ! Avec un diamètre de 1,20 m et une ouverture relative de 2,7, il fut possible de photographier des galaxies jusqu'à la magnitude 21 !

Le principal utilisateur de ce télescope fut Georges Abell. En une demi-douzaine d'années et 2 000 clichés, il réussit une couverture complète du ciel visible depuis le mont Palomar. L'examen de ces clichés l'amena à publier en 1958 une liste de 2 700 amas de galaxies comprenant chacun de quelques dizaines à quelques milliers d'individus !

Notre Galaxie, comme la plupart des autres, n'échappe pas à cet agencement. Nous faisons partie d'un amas nommé tout simplement "l'amas local". Cet amas comprend une trentaine de galaxies réparties dans un rayon de 3 millions d'années-lumière (voir figure 1 et tableau ci-contre).

Comme on peut le constater, toutes ces galaxies sont brillantes, notamment en raison de leur proximité. Les plus faibles sont d'une magnitude d'environ 12, ce qui les rend accessibles à des lunettes ou télescopes de 100 mm de dia-



mètre. Quant aux plus brillantes, comme les Nuages de Magellan ou Andromède, elles sont visibles à l'œil nu ! Au mois de novembre, un bon nombre des galaxies de l'amas

local sont observables. Profitons-en pour faire le tour de la famille en donnant quelques indications sur les objets les plus intéressants.

Rappelons tout d'abord

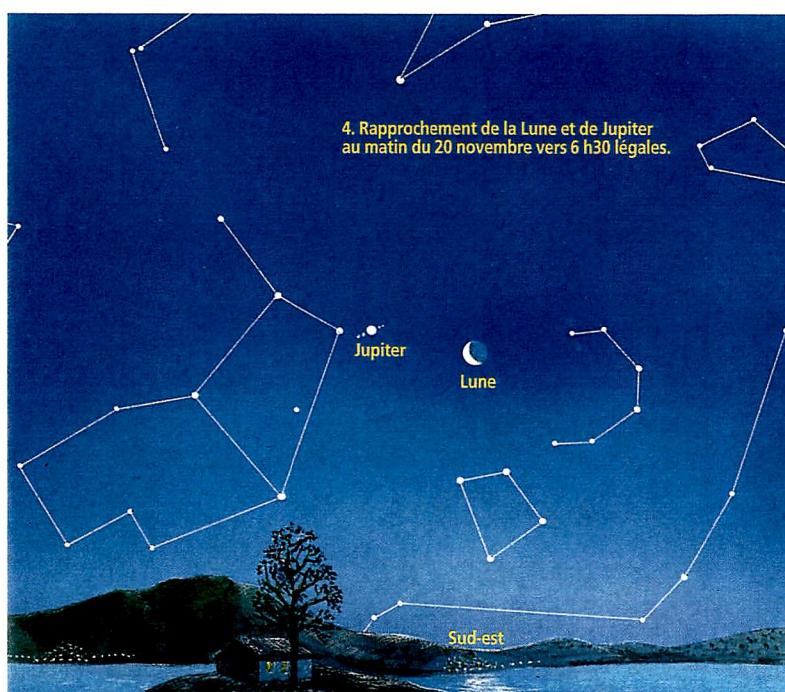
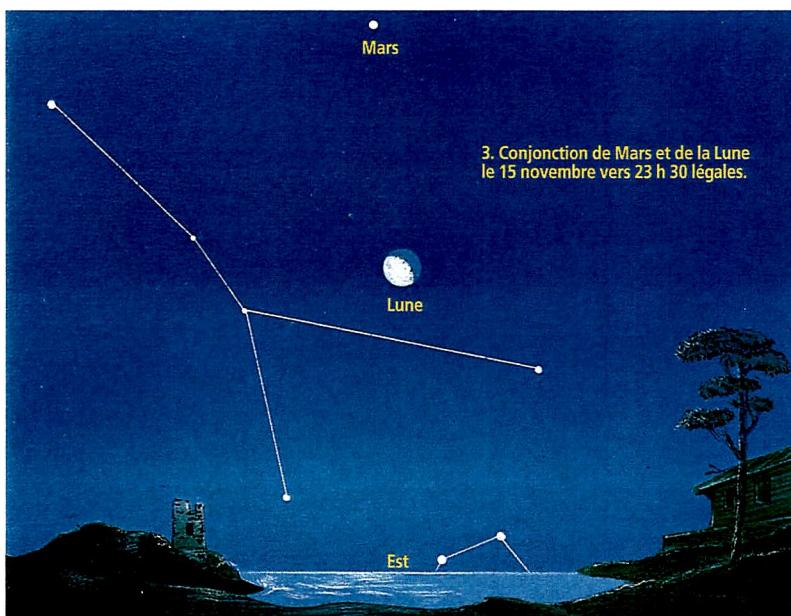
qu'il convient d'observer loin des lumières parasites, par un ciel aussi transparent que possible et hors de la présence de la Lune. L'instrument sera muni d'un faible grossis-

ement pour bénéficier du plus grand champ et de la luminosité maximale. Le Soleil se couchant ce mois-ci aux alentours de 17 heures, il est possible de commencer les observations dès 18 h 30.

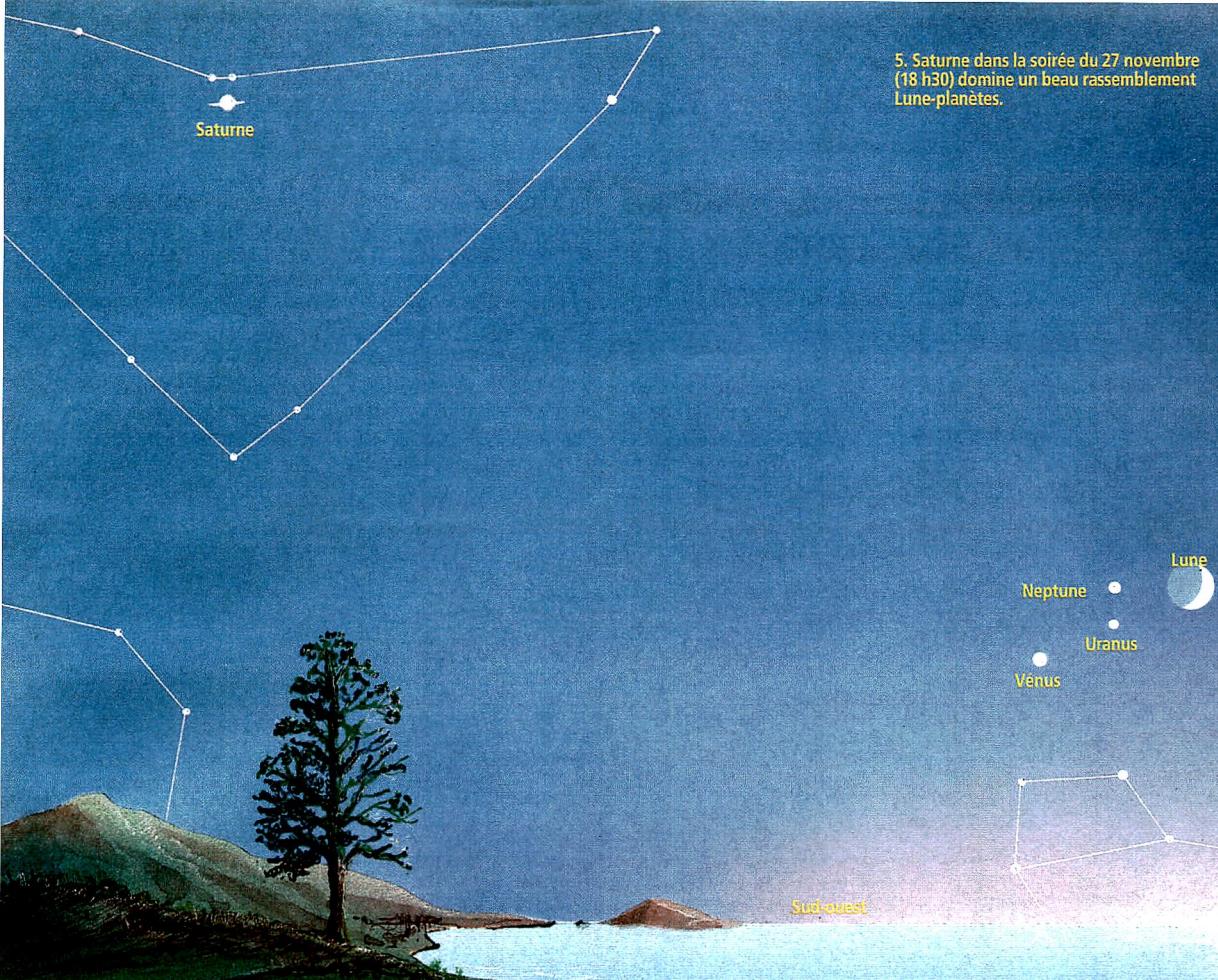
A cette heure-là, on partira à la recherche des deux galaxies de la Petite Ourse et du Dragon. Bien qu'elles soient relativement étendues, leur faible éclat nécessite un peu d'habitude pour les repérer. On passe ensuite au Sagittaire qui ne va pas tarder à se coucher. NGC 6822 est une galaxie de forme irrégulière, noyée au milieu des étoiles de notre propre Galaxie ; elle se trouve à 1,7 million d'années-lumière.

Vers 21 h ou 22 h, Cassiopée se trouve presque au zénith, condition d'observation idéale. IC 10 apparaît comme une tache allongée sans condensation visible. Elle se trouve au nord d'un triangle d'étoiles de magnitude 9. Puis passons à deux galaxies elliptiques, beaucoup plus faciles à observer. NGC 147 est visible avec des instruments de 100 à 125 mm. Un tiers de diamètre lunaire plus au sud, voici NGC 185, située entre deux étoiles de magnitude 8. Les grands télescopes résolvent entièrement cette galaxie en étoiles. Ces deux objets se trouvent à 2,2 millions d'années-lumière et sont de petites dimensions, respectivement 4 400 et 2 300 a.l., à comparer aux 100 000 a.l. de la nôtre.

En dessous de Cassiopée et tout aussi bien placée, la constellation d'Andromède recèle le joyau du groupe local. M 31, la bien connue galaxie d'Andromède, a certainement été observée déjà plusieurs fois par tous les amateurs. En revanche, M 32 l'est moins souvent. Il s'agit d'une petite galaxie de 2 300 a.l., satellite de sa grande sœur. Invisible à l'œil nu, à l'inverse de M 31,



5. Saturne dans la soirée du 27 novembre (18 h 30) domine un beau rassemblement Lune-planètes.



M 32 peut être aperçue sous un aspect stellaire avec une paire de jumelles. Au télescope de 200 mm et plus, on note un centre plus brillant ; pour mieux percevoir cette différence de luminosité, on peut augmenter le grossissement jusqu'à deux cents fois. NGC 205 est aussi une galaxie satellite de M 31. On la repère avec une lunette de 50 à 60 mm, à un diamètre lunaire au nord-ouest de cette dernière.

Vers le milieu de la nuit, c'est au tour de la constellation du Triangle de passer au méridien et donc d'être en bonne place. C'est là qu'on trouve M 33, une galaxie très étendue en surface mais dont la brillance est faible, ce qui nécessite un ciel très transparent et un instrument de 150 mm minimum pour bien l'observer. On note alors une tache elliptique entourée d'un nuage à peine per-

ceptible. Avec un télescope de 200 à 250 mm, on devine l'un des bras spiraux. Située à 2,35 millions d'a.l., M 33 s'étend sur 45 000 a.l.

Notre dernier regard sera porté au petit matin sur la constellation du Lion. Léo 1 est une galaxie naine irrégulière. Elle se trouve à 50 minutes d'arc de Régulus, et l'éclat de celle-ci risque de gêner son repérage. Il faudra faire attention à ce que l'œil ne soit pas ébloui par la principale étoile du Lion.

Le Ciel de 93, édité par la S.A.F. et indiquant mois par mois les principaux phénomènes observables, vient de paraître. 40 F franco pour les lecteurs de *Science & Vie*, à la Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris.

Léo 1 est très proche de nous, à seulement 500 000 a.l.

Les deux galaxies du groupe local les plus proches de nous, et aussi les plus spectaculaires, sont le Grand et le Petit Nuage de Magellan, respectivement LMC et SMC, mais il faut être proche de l'équateur ou, mieux, dans l'hémisphère sud pour en apprécier la beauté. Une simple paire de jumelles permet alors de véritablement se promener dans ces galaxies satellites de la nôtre !

Les rendez-vous du mois. Le 2 en soirée, conjonction de Saturne et de la Lune. La planète aux anneaux est encore bien observable du coucher du Soleil jusqu'à 22 h (figure 2).

C'est le 15 vers minuit qu'on observera la conjonction de Mars avec la Lune. Bel astre rouge, Mars est de mieux en mieux observable, à la limite des Gémeaux et du

Cancer (figure 3). Sa magnitude est désormais négative, -0,5, et son diamètre atteind 13 secondes d'arc. Quatre jours plus tard, le 19, Mars se rapproche de Pollux, et le 20 on observe un rapprochement Lune/Jupiter (figure 4). A signaler que le 21 ce sera le printemps dans l'hémisphère nord de la planète.

Le 27, peu après le coucher du Soleil, la Lune se trouvera à proximité de Vénus, facile à repérer de par son éclat, mais aussi d'Uranus et de Neptune, pour l'observation desquelles on s'aidera d'une paire de jumelles ou d'un instrument. Saturne, plus haut vers le sud, domine la scène (figure 5).

Le mois prochain, le 9, une belle éclipse totale de Lune sera observable en France. Nous y reviendrons en détail dans le prochain numéro.

Yves Delaive

INFORMATIQUE AMUSANTE

Astroleurre

Choisissez un ascendant astral conforme à vos intérêts

De plus en plus fréquemment, dans la vie courante, qu'il s'agisse de tests d'embauche ou de relations amicales, il est question d'astrologie. Parfois tout porte à croire qu'il est préférable d'être tétraplégique, aveugle, sourd et frappé d'agueusie, que né sous un signe prétendument

incompatible avec celui de votre interlocuteur. Mais heureusement pour vous, si le signe principal compte, l'ascendant n'est pas à négliger. Aux dires des astrologues, certaines associations sont excellentes, d'autres désastreuses – et cela simplement parce que vous avez hésité quelques instants avant de jeter votre premier regard sur notre monde !

En effet l'ascendant astral est lié à l'heure de naissance. Or, comme cette dernière ne figure que sur un nombre très restreint de documents, pourquoi ne pas choisir un ascendant qui, associé à votre signe, formera un cocktail explosif et vous propulsera directement au rang des demi-dieux ? En résumé, telle est la vocation du petit programme que nous

```

10 REM ****
20 REM * *
30 REM * AFFICHAGE DES COMMENTAIRES ET *
40 REM * ANIMATION DE LA PAGE D'ACCUEIL. *
50 REM * *
60 REM ****
70 SCREEN 9:CLS
80 COLOR 1:LOCATE 10,25:PRINT "BIENVENUE"
90 COLOR 9:LOCATE 10,35:PRINT "SUR"
100 COLOR 11:LOCATE 10,39:PRINT "ASTROLEURRE"
110 REM ****
120 REM * *
130 REM * MEMORISATION DES ELEMENTS *
140 REM * GRAPHIQUES DE L'ANIMATION *
150 REM * *
160 REM ****
170 DIM A(70):DIM B(70):DIM C(70):DIM D(70):DIM E(70)
180 DIM F(70):DIM G(70):DIM H(70):DIM I(70):DIM J(70)
190 GET(190,129)-(430,129),A
200 GET(190,130)-(430,130),B
210 GET(190,131)-(430,131),C
220 GET(190,132)-(430,132),D
230 GET(190,133)-(430,133),E
240 GET(190,134)-(430,134),F
250 GET(190,135)-(430,135),G
260 GET(190,136)-(430,136),H
270 GET(190,137)-(430,137),I
280 GET(190,138)-(430,138),J
290 REM ****
300 REM * *
310 REM * ANIMATION. *
320 REM * *
330 REM ****
340 LET D=1:LET F=21:LET S=5
350 FOR M=1 TO 2
360 FOR I=D TO F STEP S
370 FOR R=0 TO I
380 PUT(190,128-R-(I*5)),J,PSET
390 PUT(190,129-R-(I*4)),A,PSET
400 PUT(190,130-R-(I*3)),B,PSET
410 PUT(190,131-R-(I*2)),C,PSET
420 PUT(190,132-R-I),D,PSET
430 PUT(190,133+R),E,PSET
440 PUT(190,134+R+I),F,PSET
450 PUT(190,135+R+(I*2)),G,PSET
460 PUT(190,136+R+(I*3)),H,PSET
470 PUT(190,137+R+(I*4)),I,PSET
480 PUT(190,137+R+(I*5)),J,PSET
490 NEXT R:NEXT I
500 LET D=21:LET F=1:LET S=-1
510 FOR T=1 TO 2000:NEXT T
520 NEXT M
530 LOCATE 13,10:COLOR 3
540 PRINT "J'AI POUR MISSION DE MAQUILLER VOTRE ASCENDANT
ASTRAL...":PRINT
550 COLOR 1:PRINT "Cependant, afin que je puisse effec-
```

```

tuer correctement cette"
560 PRINT "opération, il faudra que vous me fournissiez
quelques"
570 PRINT "renseignements très simples.":PRINT
580 COLOR 14
590 PRINT "Si vous êtes prêts tapez une touche."
600 IF INKEY$="" THEN GOTO 600
610 REM ****
620 REM * *
630 REM * INITIALISATION DES VARIABLES. *
640 REM * *
650 REM ****
660 LET CHX=0:LET M=0:LET J=0:LET TSM=0
670 LET HTU=0:LET HAN1=0:LET HAN2=0
680 LET TSMH=0:LET TSMM=0:LET HTUH=0:LET HTUM=0
690 LET HANH1=0:LET HANH1=0
700 LET HANH2=0:LET HANH2=0
710 LET NS$="":LET EO=0:LET COR=0
720 REM ****
730 REM * *
740 REM * SAISIE DE L'ASCENDANT SOUHAITE *
750 REM * *
760 REM ****
770 GOSUB 1660:LOCATE 18,1
780 PRINT "En premier lieu pourriez-vous m'indiquer le
signe de votre"
790 PRINT "choix en le tapant entièrement en majuscules."
800 PRINT "Par exemple : BELIER et validez le par En-
tréée.":PRINT
810 INPUT "Vous choisissez donc ";SIGN$
820 IF SIGN$="LION" THEN LET CHX=1
830 IF SIGN$="VIERGE" THEN LET CHX=2
840 IF SIGN$="BALANCE" THEN LET CHX=3
850 IF SIGN$="SCORPION" THEN LET CHX=4
860 IF SIGN$="SAGITTAIRE" THEN LET CHX=5
870 IF SIGN$="CAPRICORNE" THEN LET CHX=6
880 IF SIGN$="VERSEAU" THEN LET CHX=7
890 IF SIGN$="POISSON" THEN LET CHX=8
900 IF SIGN$="BELIER" THEN LET CHX=9
910 IF SIGN$="TAUREAU" THEN LET CHX=10
920 IF SIGN$="GEMEAUX" THEN LET CHX=11
930 IF SIGN$="CANCER" THEN LET CHX=12
940 GOSUB 1660
950 IF CHX<0 THEN GOTO 1070
960 LOCATE 18,1
970 PRINT "Désolé, mais vous avez mal saisi votre choix."
980 PRINT "Vérifiez que vous êtes bien en MAJUSCULES."
990 PRINT "Pour reprendre la frappe veuillez taper une
touche. Merci."
1000 GOTO 600
1010 REM ****
1020 REM * *
1030 REM * SAISIE DE LA DATE DE NAISSANCE *
1040 REM * ET CALCUL DU TEMPS SIDERAL. *
1050 REM * *
1060 REM ****

```

vous proposons ce mois-ci, et dont l'idée de base nous a été soufflée par l'un de nos lecteurs, M. Lerich. Ce programme effectue les opérations inverses de celles d'une recherche de thème astral. Au lieu de vous demander vos date, lieu et heure de naissance pour fournir votre ascendant, il ne s'intéressera qu'à vos date et lieu de naissance et

fournira une tranche horaire correspondant à l'ascendant choisi. Il vous suffira alors de décider, dans cette tranche, d'une heure qui vous convient pour que vous possédiez, enfin, l'ascendant de vos rêves. Si le cœur vous en dit, et si vos finances vous le permettent, vous pourrez vérifier le bon fonctionnement de ce logiciel en faisant établir par un

"professionnel" votre thème astral à partir de l'heure choisie. Cela dit, revenons à des considérations plus terre à terre et commentons l'écriture de notre programme.

En premier lieu nous demanderons à l'ordinateur de se mettre en mode VGA, puis nous passerons au logo de la page de présentation. En fait celui-ci est obtenu en étirant

verticalement les caractères d'un texte. Ce dernier sera donc affiché en caractères standard sur l'écran puis chacune des lignes qui les composent seront "recopiées" après déplacement vertical à l'aide d'instructions GET et PUT. Vient ensuite l'initialisation des variables nécessaires tant à la mémorisation des réponses fournies qu'aux calculs,

```

1070 LOCATE 18,1
1080 PRINT "Je vais calculer le temps sidéral à minuit de
votre du jour de votre naissance."
1090 INPUT "Indiquez le numéro du mois (Mars: 3 par
exemple) et validez le par Entrée";M
1100 IF M<1 OR M>12 THEN GOSUB 1660:GOTO 1070
1110 INPUT "Indiquez moi le jour et validez le par En-
trée";J
1120 IF J<1 OR J>31 THEN GOSUB 1660:GOTO 1070
1130 IF M=2 AND J>29 THEN GOSUB 1660:GOTO 1070
1140 LET TSM=395+(120*(M-1)+(4*(J-1)))
1150 IF M=1 OR M=2 THEN LET TSM=TSM+5
1160 LET TSMH=INT(TSM/60):LET TSMM=TSM-(TSMH*60)
1170 IF TSMH>23 THEN LET TSMH=TSMH-24
1180 PRINT "A minuit, le jour de votre naissance, il
était: ";TSMH;"H";TSMM;"mn en temps sidéral."
1190 LET TSM=(TSMH*60)+TSMM
1200 PRINT "Pour continuer taper une touche s'il vous
plaît."
1210 IF INKEY$="" THEN GOTO 1210
1220 REM ****
1230 REM * ****
1240 REM * SAISIE DE LA ZONE GEOGRAPHIQUE *
1250 REM * DU LIEU DE NAISSANCE. *
1260 REM * ****
1270 REM ****
1280 GOSUB 1660:LOCATE 18,1
1290 PRINT "Voyons, maintenant, la localisation géogra-
phique de votre lieu de naissance."
1300 PRINT "Etes-vous né au Nord ou au Sud d'une ligne La
Rochelle-Genève?"
1310 INPUT "Tapez N pour Nord, S pour Sud puis validez par
Entrée";NS$
1320 IF NS$<>"N" AND NS$<>"n" AND NS$<>"S" AND NS$<>"s"
THEN GOTO 1280
1330 IF NS$="n" THEN LET NS$="N"
1340 IF NS$="s" THEN LET NS$="S"
1350 GOSUB 1660:LOCATE 18,1
1360 PRINT "Encore une dernière précision sur votre lieu
de naissance. Se situe-t-il:"
1370 PRINT "A l'Ouest d'une ligne le Havre-Tarbes, à l'Est
d'un ligne Reims-Montpellier"
1380 PRINT "ou entre ces deux lignes?"
1390 INPUT "Tapez 1 pour Ouest, 2 pour Centre ou 3 pour
Est puis validez par Entrée";EO
1400 IF EO<1 OR EO>3 THEN GOTO 1350
1410 IF EO=1 THEN LET COR=16
1420 IF EO=3 THEN LET COR=-16
1430 REM ****
1440 REM * ****
1450 REM * AFFICHAGE DE LA REPONSE ET *
1460 REM * REBOUCLAGE OU FIN DU PROGRAMME *
1470 REM * ****
1480 REM ****
1490 GOSUB 1660:LOCATE 18,1
1500 PRINT "Pour être ";SIGN$; " vous devrez dire que vous

```

```

êtes nés entre:"
1510 GOSUB 1790
1520 PRINT HAN1;"H";HANM1;"mn et ";HANH2;"H";HANM2;"mn,
heure légale de l'époque à condition que"
1530 PRINT "vous soyez nés entre 1946 et 1976. En cas
contraire n'oubliez pas de corriger"
1540 PRINT "ces chiffres en fonction des changements
d'heure été-hiver en vigueur."
1550 PRINT "Pour une autre consultation taper N, pour re-
venir au Basic taper B."
1560 LET K$=INKEY$
1570 IF K$="N" OR K$="n" THEN GOTO 660
1580 IF K$="B" OR K$="b" THEN END
1590 GOTO 1560
1600 REM ****
1610 REM *
1620 REM * SOUS-ROUTINE D'EFFACEMENT *
1630 REM * DES COMMENTAIRES AFFICHES. *
1640 REM *
1650 REM ****
1660 FOR I=17 TO 22
1670 LOCATE I,1:PRINT STRING$(80,42)
1680 NEXT I
1690 FOR I=17 TO 22
1700 LOCATE I,1:PRINT STRING$(80,32)
1710 NEXT I
1720 RETURN
1730 REM ****
1740 REM *
1750 REM * SOUS-ROUTINE DE CALCUL DE LA *
1760 REM * FOURCHETTE HORAIRE ASCENDANT *
1770 REM *
1780 REM ****
1790 DATA
86,252,418,584,746,880,973,1038,1093,1156,1241,1367
1800 DATA
98,256,414,573,730,864,962,1034,1097,1166,1257,1383
1810 IF NS$="N" THEN RESTORE 1790
1820 IF NS$="S" THEN RESTORE 1800
1830 FOR I=1 TO CHX
1840 READ CMND
1850 NEXT I
1860 IF CHX=12 AND NS$="N" THEN RESTORE 1790
1870 IF CHX=12 AND NS$="S" THEN RESTORE 1800
1880 READ CMNF
1890 LET CMNF=CMNF-1
1900 LET CMND=CMND+COR:LET CMNF=CMNF+COR
1910 LET HAN1=(CMND-TSM)+60
1920 IF HAN1<0 THEN LET HAN1=HAN1+1440
1930 IF HAN1>1440 THEN LET HAN1=HAN1-1440
1940 LET HAN2=(CMNF-TSM)+60
1950 IF HAN2<0 THEN LET HAN2=HAN2+1440
1960 IF HAN2>1440 THEN LET HAN2=HAN2-1440
1970 HANH1=INT(HAN1/60):LET HANM1=HAN1-(HANH1*60)
1980 HANH2=INT(HAN2/60):LET HANM2=HAN2-(HANH2*60)
1990 RETURN

```

d'ailleurs fort simples, permettant de déterminer la tranche horaire correspondant au signe choisi.

La saisie du signe choisi sera assurée par la ligne 810. Ensuite, afin de simplifier la frappe du programme, elle sera mé- morisée sous forme d'un chiffre par la variable CHX. Un test est effectué à l'issue de cette conversion de manière à contrôler que la machine a bien compris de quel signe il s'agissait. En effet, une faute d'orthographe, ou le fait d'écrire en minuscules, rend la saisie indé- chiffrable par l'ordinateur et,

en l'absence de contrôle, le ré- sultat obtenu aurait peu de chances d'être exact. Notons que, lors de l'utilisation du logiciel, ce test ne se manifestera qu'en cas d'erreur de saisie. Dans le cas contraire le pro- gramme poursuivra normale- ment son exécution. Il demandera donc ensuite de préciser mois et jour de naissance et contrôlera, ici encore, que les réponses fournies sont cohé- rentes ; pas de treizième mois, de 30 février, etc. Reste enfin la localisation géographique du lieu de naissance. Pour les astrologues, la France est coupée

verticalement en deux zones, Nord et Sud, et horizontale- ment en trois zones, Ouest, Centre et Est. L'ordinateur de- mandera d'indiquer la zone de naissance en répondant à deux questions : Nord ou Sud ? Puis : Ouest, Centre ou Est ?

Une fois l'ensemble de ces paramètres mémorisés, le calcul de la tranche horaire pourra débuter. En premier lieu la ma- chine calculera l'heure sidérale à minut le jour de votre naissance. Cela sera assuré par la ligne 1140. Ce calcul est effec- tué en minutes puis décompo- sé en heures et minutes par la

ligne 1160. Le résultat sera d'ailleurs affiché "pour infor- mation". La fourchette d'ho- raires, quant à elle, est obte- nue par l'intermédiaire d'une sous-routine. Celle-ci occupe les lignes 1790 à 1990 du logiciel. En premier lieu une série de données regroupées sous forme de DATA indiquent à la machine l'instant, en minutes, de chaque changement de signe zodiacal. La fourchette sera obtenue en prenant en compte le temps sidéral à mi- nuit et la zone de naissance. Notons que soixante minutes sont systématiquement ajoutées au résultat obtenu. Cela permet de donner l'heure léga- le au lieu de l'heure solaire.

Enfin une seconde sous-rou- tine est utilisée. Elle a simple- ment pour but d'effacer les commentaires affichés à l'écran lorsque l'on passe d'une question à la suivante. En fait elle se contentera de présenter une série d'étoiles qui seront aussitôt effacées. Ce fonctionnement nous a paru plus esthétique que l'utilisation d'une instruction CLS, mais n'a aucun autre intérêt.

La frappe du programme ne doit pas poser de problème particulier. Une fois sa saisie terminée il suffira de demander RUN et de répondre aux questions qu'il pose.

Enfin, pour que ce pro- gramme présente vraiment un inté- rét, il vous est indispensable de savoir quel est le meilleur as- cendant par rapport à votre signe de base. Hélas, expliquer ici comment choisir un ascen- dant favorable et éviter un ma- riage catastrophe dépasse largement nos compétences. Mais étant donné le regain d'intérêt dont jouit l'astrologie, nous ne doutons pas que vous trouverez aisément, parmi vos relations, un interlocuteur beaucoup plus apte que nous à répondre à cette question cruciale... **Henri-Pierre Penel**

TELECHARGEZ NOS LOGICIELS

De nombreux lecteurs nous ont demandé si une disquette regroupant les pro- grammes publiés dans cette rubrique était disponible afin d'éviter la fastidieuse opéra- tion de recopie du listing. Pour notre part nous trouvons plus judicieux de proposer mainte- nant nos logiciels en télécharge- ment, ce procédé nous pa- raissant plus souple que celui

d'un échange de bons de com- mande, envoi, facturation, etc. Cette opération s'effectue par l'intermédiaire du serveur 3615 SVM et nécessite l'utilisa- tion du logiciel Quicktel.

Pour télécharger un jeu il suffira donc de procéder comme suit :

Appeler par Minitel le 3615 SVM, puis à la rubrique "type de machine" sélectionner PC

ou compatibles, en protocole choisir Quicktel puis rubrique *Science & Vie* et, enfin, sélec- tionner le logiciel choisi.

Si vous ne disposez pas déjà de Quicktel il est possible de se procurer le kit complet d'ins- tallation comprenant une disquette, un cordon Minitel et un manuel d'utilisation, en nous envoyant le bon de com- mande ci-dessous.

BON DE COMMANDE

- Oui, je désire recevoir le kit complet de téléchargement Quicktel, comprenant la disquette Quicktel, le cordon de raccordement et le mode d'emploi, frais de port inclus, au prix de 149 F.
- Je dispose déjà du logiciel Quicktel et souhaite recevoir uniquement le cordon de raccordement et le mode d'emploi, frais de port inclus, au prix de 99 F.
- Je dispose déjà du cordon utilisable par Quicktel et souhaite recevoir uniquement le logiciel Quicktel 4.0 et le mode d'emploi, frais de port inclus, au prix de 50 F.

Mon lecteur de disquettes est au format: 3 pouces 1/2 5 pouces 1/4

Mon ordinateur est du type: IBM PC ou compatible Atari ST Amiga

La prise série de mon ordinateur est du modèle: 25 broches 9 broches

Mon adresse (ou l'adresse du destinataire) est la suivante:

Nom: _____

Prénom: _____

Adresse: _____

Code postal: _____ Ville: _____

Êtes-vous abonné à *Science & Vie*: Oui Non

Facultatif: Age: _____ Profession: _____

*Cochez la case correspondant à votre choix

Adresssez ce coupon dûment rempli et votre chèque libellé à l'ordre de Excelsior Publications à:

Excelsior Publications

3615 SVM-Télécharge-

1 rue du Colonel Pierre-Avia - 75015 PARIS

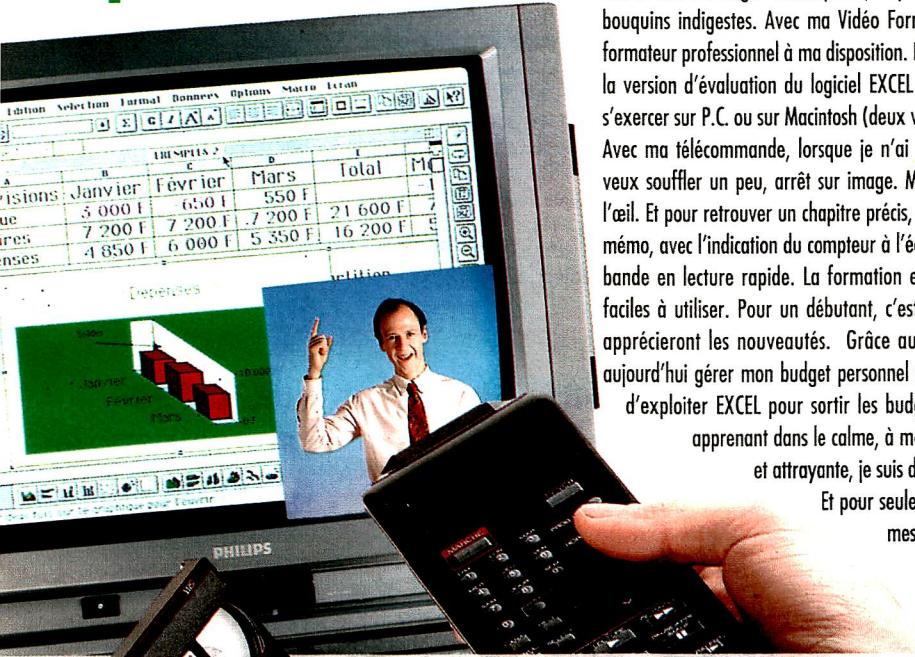
SVM
FORMATION

présente la

Vidéo Formation

EXCEL 4de **Microsoft**® pour P.C.* ou Macintosh*

**"Comment en 1h 30
je suis devenu
un pro d'EXCEL 4!"**



Bon de commande de programme de formation à retourner à :
SVM SOLAN VIDÉO 1, rue du Colonel Pierre AVIA 75503 PARIS Cedex 15
tél: 46.48.47.18.

Nom : Prénom : Société :

Adresse :

Code postal : Ville : Pays :

Tél. domicile : Tél. bureau :

Nombre de kits formation VHS SECAM : Version P.C. | ____ | Version MAC | ____ |

Autres formats de K7, ou autres pays, nous consulter.

Ci-joint ma commande d'un montant 285 F x ____ soit un total de ____ + 30 F de frais de port par commande.

Montant total = ____ à l'ordre de SVM BRED par : CCP Chèque Mandat lettre Je souhaite recevoir une facture

Date :

Signature :

Vous pouvez commander par minitel : 3615 SVM rubrique SVM FORMATION

285 FF
TTC
Seulement
1 kit d'1 K7 vidéo et de 2 disquettes
Version P.C. ou version MAC

ECHOS DE LA VIE PRATIQUE

VIDÉO

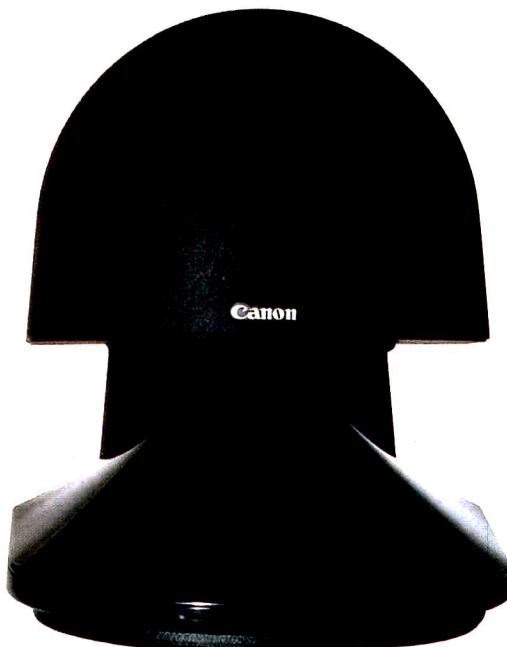
Caméscope familial selon Canon

La firme japonaise Canon propose aujourd'hui trois types de caméscope 8 mm : un modèle professionnel Hi-8 à objectifs interchangeables, une série UC ultra-compacte (voir page ci-contre) et une seconde série essentiellement destinée aux prises de vues familiales et de vacances. C'est dans cette dernière que se classe l'E 200, caméscope relativement léger (910 g) et d'encombrement moyen (11 x 11 x 30 cm environ). Équipé d'un zoom autofo-

cus 1,8/7-56 mm avec mise au point télécommandée jusqu'à 60 cm, d'une torche vidéo pour les cas de faible lumière, d'un analyseur d'image de 320 000 cellules et d'une gamme de vitesses de 1/50 à 1/4 000 s, il autorise les prises de vues en lumière faible, depuis 3 lux. Parmi ses perfectionnements, mentionnons le fondu au blanc, un code temps pour faciliter le montage et un son hi-fi monophonique (avec prises pour casque et microphone).

AUDIO

Un nouveau système pour la stéréo



PHOTO

Un second flash sur les reflex

De nombreux appareils 24 x 36 reflex sont aujourd'hui dotés d'un flash intégré. Suffisant pour assurer une lumière d'appoint, ce flash est faible en éclairage principal à plus de 2 m. Hanimex propose d'apporter un complément de lumière avec un flash supplémentaire (1024 AF) adaptable à certains de ces appareils. Il se caractérise par une tête orientable jusqu'à 90°, un nombre-guide de 24 pour 100 ISO, et une durée d'éclair de 1/1 000 à 1/40 000 s. Par ailleurs, il est doté d'un circuit économiseur

d'énergie et est compatible avec les automatismes des appareils Canon, Nikon et Minolta Dynax. Prix : 499 F.



PHOTO

Macro sur un compact junior

Dernières-nées des mini-enceintes de Canon, les modèles S30 viennent compléter la gamme S50/S70 WIS (Wide Imaging Stereo). Concept nouveau, le système WIS distribue le son vers le bas de l'enceinte sur un réflecteur acoustique. Cela a pour effet d'élargir la stéréophonie. Ces mini-enceintes (27 x 23 x 24 cm et 4,5 kg l'une) présentent les caractéristiques suivantes : une puissance de 50 watts efficaces ; une réponse en fréquence de 70 hertz à 18 kilohertz (± 4 décibels) ; et une impédance de 6 ohms. Moulées sous pression en zinc et polycarbonate, elles sont par ailleurs d'une esthétique originale. Prix : 2 000 F la paire.

Le plus simple des compacts Canon, le Junior S Macro, ne pèse que 190 g, ne comporte ni mise au point en photo ordinaire (net de 1,50 m à l'infini) ni contrôle d'exposition (1/125 s, sensibilités de 100, 200 et 400 ISO). Malgré sa simplicité, cet appareil est doté d'un réglage "macro" (la netteté s'étend alors de 0,50 m à 1 m). Le Junior S Macro possède un objectif 3,8/35 mm, un flash intégré (nombre-guide 10 à 100 ISO) et un entraînement automatique.





PHOTO

Superzoom

Conçu par Canon pour ses appareils reflex EOS, voici le zoom EF 3,5/5,6 de 35-350 mm, le premier couvrant une variation de dix fois la focale de base. Constitué de 21 lentilles en 15 groupes, dont deux lentilles en verre ED (à très faible dispersion), il permet de photographier à une distance minimale de 60 cm. Un moteur ultrasonore intégré (USM) permet une mise au point automatique particulièrement rapide. Mesurant 16,7 cm de long et 8,5 cm de diamètre, cet objectif pèse 1 350 g.

Lors de la dernière Photokina, Canon a complété la gamme de ses caméscopes UC (pour "ultra-compact") par deux modèles particulièrement faciles d'emploi, les Canon UC 30 Hi et UC 15. L'UC 30 Hi (8 x 13 x 17 mm et 550 g), appareil au format Hi-8, est équipé d'un capteur de 420 000 pixels assurant une définition de 400 points par ligne, d'un zoom autofocus 1,8/6-48 mm à 2 vitesses et par la possibilité d'enregistrer le son en stéréophonie. Sur le boîtier, seules 4 touches sont apparentes, ce qui simplifie les prises de vues :

sélecteur de mode automatique (programmation totale, portrait, lumière artificielle et neige), correction de contre-jour, effet de fondu et datation. D'autres fonctions sont possibles, mais leur commande est cachée sous un volet : elles sont accessibles sur menu apparaissant dans le viseur. Le caméscope UC 15, plus compact et plus léger (520 g), pour le format 8 mm, est plus simple encore. Il comporte un capteur de 320 000 pixels et un son hi-fi monophonique. Ses commandes sont limitées à 3 (fondu, contre-jour, date). Le



zoom est également un autofocus 1,8/6-48 mm à 2 vitesses. L'obturateur est réglable de 1/50 à 1/10 000 s via un menu.

SON

Prix modéré pour un autoradio antivol

L'un des systèmes les plus efficaces contre le vol des équipements sonores pour automobile est constitué par la façade amovible de l'appareil qu'on peut emporter en quittant sa voiture. Seul inconvénient de ce type de matériel : il

est coûteux. Un inconvénient que Sony vient de réduire en proposant un combiné autoradio-lecteur de cassettes (modèle XR-5451) à façade amovible au prix de 2 200 F et avec des performances élevées : puissance de 4 x 20 W, tuner à synthétique

de fréquences avec 18 stations mémorisables en FM, 6 en PO et 6 en GO, balayage de ces stations par scanner, lecteur de cassettes "autoreverse ATA" permettant l'écoute automatique de la radio pendant le rebobinage d'une cassette.

VIDÉO

Un lecteur laserdisc PAL-NTSC

Les vidéodisques importés des Etats-Unis sont au standard NTSC de la télévision américaine. Ils ne peuvent donc être lus en France que sur des appareils multistandard. C'est ainsi que Sony vient de proposer un lecteur laserdisc MDP-650 permettant de passer les vidéodisques PAL ou NTSC de tout format, du 12 au 30 cm, de même d'ailleurs que les disques audio de 8 et 12 cm, puisque la compatibilité est totale. Parmi les caractéristiques de ce lecteur Sony, il faut mentionner un codage 18 bits avec suréchantillonnage octuple,



TÉLÉVISION

Une antenne universelle

Une firme française, Mérion (73 avenue de la République, BP 112, 37170 Chambray-lès-Tours), propose une antenne TV miniaturisée, Stripline. Légère (435 g), elle est dotée d'un circuit imprimé multibande et d'un préamplificateur. Résultat : installée sur le toit d'une maison, elle capte toutes les chaînes de télévision hertziennes et les radios FM quelles que soient les conditions climatiques. Réalisée en fibre de verre époxy, elle est fort simple à installer : il suffit de la fixer sur un mât de hauteur ré-

duite (0,30 m à 0,50 m de long). Le raccordement s'effectue par le simple vissage d'une fiche métallique. Dimensions : 45,5 x 20 x 0,2 cm. Prix : 1 300 F.



ACTUALITÉ

L'art contemporain s'expose à l'usine

VIDÉO

Un véritable studio dans un magnétophone

Dernier-né des enregistreurs vidéo de Grundig, le modèle GV-255 peut capter tous les programmes SECAM et PAL et lire les cassettes NTSC. Doté du son stéréo haute-fidélité, il possède un véritable studio intégré pour le

montage, avec doublage du son, insertion d'image, indexage des séquences, re-

cherche des plans en temps réel, ajustage de fin de l'image, etc. Prix : 6 000 F.



La Fondation Peter Stuyvesant organise à l'Ecole nationale supérieure des Beaux-Arts, du 20 octobre au 20 décembre 1992, une exposition inédite en France, sur le thème de "l'art à l'usine". Pour introduire des œuvres d'art dans les ateliers d'usines et familiariser les "consommateurs" avec l'expression picturale de leur temps, la Fondation a décidé d'amener l'art vers l'homme et non le contraire. Une centaine de tableaux, présentés lors de cette exposition, ont été choisis après avoir figuré dans des ateliers du monde entier. Ils n'ont, à une ou deux exceptions près, aucun rapport avec le travail ou l'industrie. On constate que les employés préfèrent rapidement l'art abstrait à l'art figuratif, jugé ennuyeux à terme. Dans la même optique, Peter Stuyvesant a fait transformer une machine à traiter le tabac en œuvre d'art par un artiste français, Jean Dewasne, au sein de l'usine de cigarettes de Zevenaar aux Pays-Bas (notre photo).

INFOGRAPHIE

Un écran d'affichage à diodes miniaturisé

Vous connaissez les panneaux lumineux d'affichage à diodes ? Ceux qui annoncent en lettres rouges l'heure, le temps qu'il fait et les prestations offertes par la société qui en équipe sa devanture. Efficace, mais cher et encombrant, du moins jusqu'ici. Car la société californienne Pollstar System

Rectificatif. Dans notre numéro 900 de septembre 1992, page 157, des erreurs se sont glissées concernant les mini-magnétophones Thomson à usage de bloc-notes. Ce sont deux modèles, les DK 5376 et 5366, qui possèdent le déclenchement à la voix. Le DK 5376 ne possède aucun écran d'affichage à cristaux liquides. Enfin, tous les modèles sont dotés d'une vitesse de défilement réglable permettant des économies de bande.

vient d'en mettre au point un modèle réduit, le Cyberlights TM. Il mesure 10 cm sur 8,5 cm, cadre de bois compris. Une matrice de 10 x 8 diodes permet l'affichage de messages défiliants. L'ensemble est piloté par un microprocesseur. Le Cyberlights s'alimente en 9 V sur le secteur ou sur piles (autonomie de trois heures), ce qui permet de l'accrocher sur un stand d'exposition, à l'arrière de votre veste. Sont disponibles un modèle affichant 50 caractères, un autre avec 250 caractères et, enfin, un troisième avec montre numérique. En préparation, une version qui permettra de programmer soi-même 8 messages différents de 80 caractères chacun. Prix : de 300 à 500 F selon le modèle (Art et Mouvement, 90 avenue de Paris, 62320 Châtillon. Tél. : 1 47 35 65 48).

VIDÉO

Un rétroprojecteur pour la TVHD



Thomson vient de lancer le rétroprojecteur de télévision RP 55, premier modèle à écran de 1,40 m de diagonale, au format 16/9 avec balayage de 1 250 lignes (celui de la TVHD européenne). Bien entendu, il est compatible avec les émissions actuelles en 625 lignes (D2-MAC, SECAM et PAL) et permet en outre la lecture des vidéocassettes NTSC. Un traitement numérique du son stéréo permet

d'obtenir une reproduction hi-fi (amplificateur d'environ 2 x 40 W efficaces et 7 haut-parleurs : 2 tweeters, 2 boomers et 3 médiums).

Parmi les perfectionnements de cet appareil, mentionnons la réception pour chaînes câblées, un système d'incrustation d'image (système PIP), 6 prises de périphéries, 99 programmes mémorisables et une télécommande multifonctions. Prix : 65 000 F.

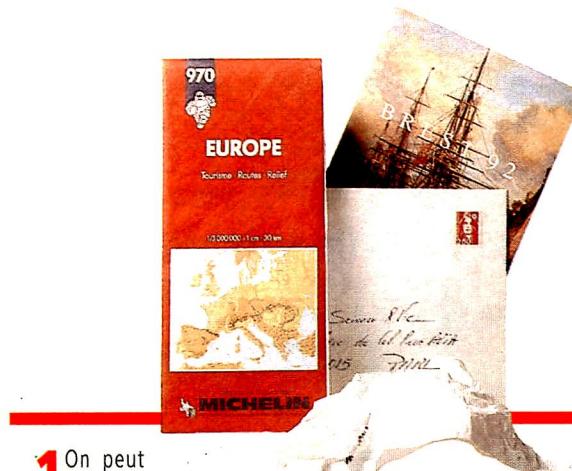
VIDÉO

Un projecteur à cristaux liquides de 4 kilos

Sharp, firme japonaise bien implantée dans le domaine de la vidéoprojection, vient de présenter l'XV-P1, un projecteur vidéo particulièrement compact, ne mesurant que 21 x 38 x 15 cm et pesant 4 kg (les précédents modèles pesaient plus de 10 kg.) Malgré sa faible taille, cet appareil n'en est pas moins perfectionné. Il est doté d'une résolution horizontale de 350 lignes assurée par un écran à cristaux liquides de 300 000 pixels pour la formation de l'image. Une lampe halogène procure une luminosité pratiquement égale sur toute l'image. Cette dernière peut provenir d'un caméscope ou d'un vidéodisque.



LES OBJETS DU MOIS



1 On peut écrire dessus, bien sûr, le plier et le poster, mais, surtout, le Tyvek est indéchirable. Cette feuille de polyéthylène haute densité est un matériau de synthèse non tissé constitué de microfilaments agglomérés à la chaleur sous pression. Le Tyvek (marque de Du Pont de Nemours) est un papier soyeux qui, comme n'importe quel papier, se façonne, se perforé, se colle, et supporte tous les procédés d'imprimerie. En revanche, comme il fond à 135 °C, il ne peut être utilisé pour la photocopie ni dans les machines utilisant la chaleur. En contrepartie, ce "défaut" limite les risques de falsification de document par copie. Étant en outre imperméable et résistant à toutes les intempéries – et à l'eau de mer –, le Tyvek sert à imprimer, entre autres, des cartes marines et routières. Et, bien entendu, il est recyclable à 100 %.

2 Grand comme un paquet de cigarettes, mais destiné à éviter les dégâts causés par celles-ci, le TSD 001 sans fil de la société Traveller détecte les fumées dès que leur concentration dans le volume d'air d'une pièce dépasse 2 %. Posé sur un meuble, sur un bureau encombré de papiers, dans une chaufferie ou tout autre endroit où le risque d'incendie existe, il possède une

sirène de 85 db qui se déclenche dès que le capteur (une double chambre d'ionisation traversée par un courant permettant l'échange d'ions, et dans laquelle le passage de la fumée inverse la polarité des ions) détecte la présence de fumée dans une pièce. Cet appareil, qui fonctionne sur piles, tolère des températures comprises entre 0 °C et 40 °C et un degré d'humidité de 20 à 85 %.

3 L'Homme Moderne propose un jeu de deux stylos en "Mater-Bi", un plastique de maïs dégradable et non toxique. D'après les fabricants, une fois enfoui sous terre, ce matériau se décomposerait totalement en quelques semaines. Obtenu à partir d'amidon de maïs, le Mater-Bi en contient jusqu'à 60 %. Outre la fabrication de stylos, ce matériau entre dans la formation de composites ou de combustible. Dommage que les stylos ne soient pas très beaux ; mais ils écrivent, et, de surcroît, ils respectent la nature...

4 Le stylo proposé par Sédao, lui, ne se contente pas d'écrire : il affiche aussi l'heure sur un petit écran à cristaux liquides et, surtout, l'annonce à voix haute ! Il contient, en effet, une mini-horloge programmable reliée à un

1 LE PAPIER À LETTRES LE PLUS SOLIDE DU MONDE

Renseignements chez Montevrain,
153 rue de Stalingrad,
93002 Bobigny Cedex.
Tél. : 1 48 35 60 00

système de synthèse vocale qui vous réveillera ou vous appellera un rendez-vous de sa douce voix féminine. Enfin, technologie oblige, ce stylo, qui fonctionne sur pile, peut écrire dans toutes les positions, même la bille en haut.

5 Le V Plus est un dispositif réduisant les vibrations des skis sur la neige dure. Il est fait de deux plaques métalliques, prenant en sandwich une couche d'un matériau visco-élastique (caoutchouc et résine), et qui se vissent entre le ski et la fixation, à l'avant et à l'arrière. Pour les débutants, il a été prévu d'y ajouter, sur la plaque supérieure, deux tiges rigides en carbone liant les deux skis. Elles maintiennent ces derniers parallèles tout en permettant les mouvements usuels (prise de carres, virages, etc.). Cet appareil réduit les risques d'entorse et entraîne le skieur au "ski parallèle" en l'obligeant à opérer des virages en flexion-extension.

6 Vous voulez savoir quelle température il fait ? Demandez-le à la montre Casio TS 200. Non contente de mesurer automatiquement la température ambiante (de -20 à +60 °C) toutes les deux minutes grâce à un capteur intégré, elle est programmable pour enregistrer les variations de température à intervalles réguliers, de 10 mn, 1 h, 3 h ou 24 h. Les écarts par



2 UNE ALARME INCENDIE SANS FIL

230 F, au BHV,
rue de Rivoli,
75004 Paris



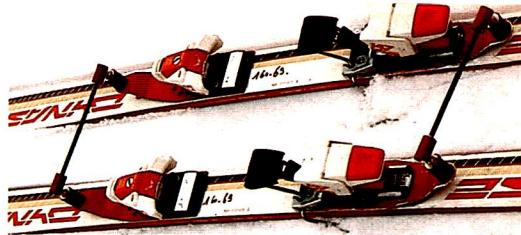
3 DES STYLOS BIODEGRADABLES

95 F, chez L'Homme Moderne,
11 rue Paul-Chenavard, 69001 Lyon

4

L'HORLOGE PARLANTE DANS UN STYLO

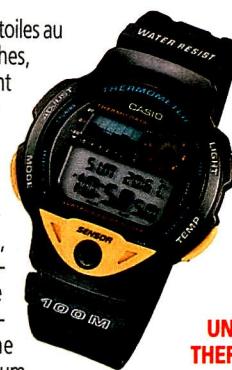
195 F, chez Sédao,
37-39 rue des Grands-Champs,
75019 Paris



5

DES AMORTISSEURS DE SKIS

Pas encore commercialisés.
Renseignements : Vincent Baudin
ou Philippe Thome,
CE/INRS, av. de Bourgogne, BP 27,
54501 Vandœuvre-lès-Nancy.
Tél. : 16 83 50 20 00



rapport à la température actuelle (2 °C minimum) au cours des cinq derniers intervalles sont affichés (en °C et en Fahrenheit) sous la forme d'un graphique. A part cela, cette montre, à qui il ne manque que la parole, est dotée de fonctions moins étonnantes : heures du lever et du coucher du Soleil et un calendrier allant jusqu'en 2029. Elle possède aussi un chronomètre (au 1/100 s), donnant les temps intermédiaires, les première et deuxième places, et elle égrène le compte à rebours. Le cadran est lisible dans l'obscurité grâce à son éclairage. Enfin, cette montre est étanche à 100 mètres et possède (mais c'est banal) une alarme et un bip horaire. A propos, elle donne aussi l'heure et la date.

mouvement de la Terre – des étoiles au cours de l'année. Quatre caches, placés sur le dôme, permettent de découvrir le ciel de chaque saison. Par exemple, pour l'automne, le cache ne laisse apparaître que les constellations de Pégase, du Capricorne, d'Andromède, du Verseau, des Poissons et du Bélier, particulièrement visibles à cette époque de l'année dans l'hémisphère nord. Un autre cache laisse apparaître les étoiles circumpolaires, qui semblent encercler Polaris, l'étoile polaire, et sont visibles en toute saison. Trois autres dômes représentent les constellations d'Orion, du Sagittaire et du Cygne, brillantes et faciles à étudier. Un pointeur projetant une flèche rouge permet de désigner un point particulier du ciel. Enfin une cassette de 60 minutes accompagne l'apprenti astronome. Fonctionne sur piles ou sur secteur.

7 Eteignez la lumière, le plafond de votre appartement se constelle d'étoiles. La Super Star Machine de Bausch and Lomb est un planétarium portable. Posé sur une table, il projette une image du ciel à un moment donné de l'année. Cette boîte noire possède un couvercle convexe, percé de petits trous figurant 312 étoiles (31 constellations). Grâce à une couronne qui entraîne ce dôme dans sa rotation, on peut suivre les trajectoires apparentes – dues au

6 UNE MONTRE THERMOGRAPHIQUE

600 F, chez les horlogers-bijoutiers et dans les grands magasins

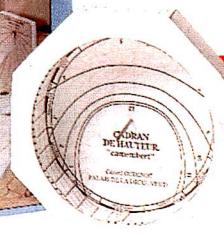
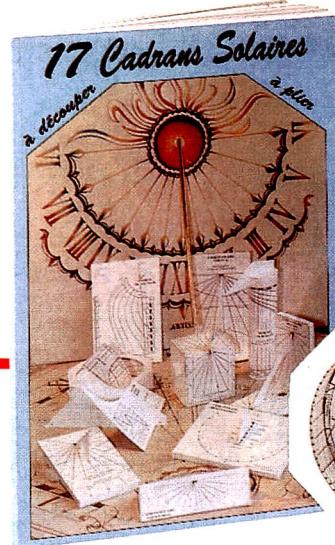


7 LA NUIT ÉTOILÉE CHEZ VOUS

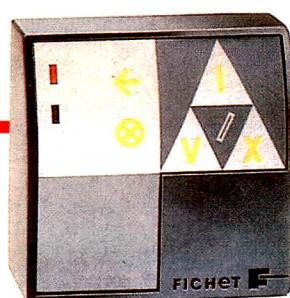
495 F, chez L'Homme Moderne,
aux Trois Quartiers,
23 bd de la Madeleine,
75001 Paris

LES OBJETS DU MOIS

8 Depuis la nuit des temps, l'homme demande au Soleil l'heure qu'il est... Témoin, ce livre éducatif, *17 cadans solaires*. Mis au point par G. Oudenoit, chef de la section astronomie au Palais de la découverte, et proposé par la Maison de l'Astronomie, ce livre présente des cadans solaires à réaliser en carton plié. On trouve, entre autres : un cadran horizontal (simple plaque striée de lignes horaires et munie d'un style, tige verticale dont l'ombre donne l'heure), un cadran vertical (même principe, à fixer sur un mur), un diptyque (modèle portatif, sorte de boîte qui s'ouvre à 90° et dont chaque partie plane comporte des lignes horaires ; l'heure est donnée par l'ombre d'un fil tendu entre les deux), un équatorial, un polaire, un cubique, etc. Ils sont tous établis pour la latitude de 45° N (latitude de Bordeaux ; celle de Paris est de 48° 50' N, ce qui ne fait pas une grosse différence). Les premières pages sont consacrées à un peu d'histoire et à quelques éléments de cosmographie.



9 Pour sa nouvelle série d'armoires fortes, les Enigma, Fichet-Bauche a étudié un clavier de numérotation du code en chiffres romains, la serrure IVX. Sur les claviers en chiffres arabes conventionnels, la frappe répétée du code conduit en effet à l'usure prématûrée des touches utilisées. Le cambrioleur peut ainsi détourner facilement les chiffres de la combinaison ; il ne lui reste plus qu'à les placer dans le bon ordre. Avec la numérotation en chiffres romains, le clavier ne comporte plus que trois touches : l'I, le V et l'X, qui sont forcément toutes sollicitées lors de la composition du code et s'usent donc de manière identique. Une solution originale que Fichet devrait bientôt étendre à l'ensemble de sa gamme de coffres.



9 COFFRES-FORTS : LES CAMBROLEURS Y PERDENT LEUR LATIN

Prix moyen : 13 000 F.
Renseignements chez Fichet,
15 av. Morane-Saulnier, BP 11,
78141 Vélizy Cedex

8
L'HEURE À TOUTES LES PAGES
100 F, à la Maison de l'Astronomie,
33 rue de Rivoli, 75004 Paris,
et par correspondance

nucléaires, centres de recherches, etc., mais aussi par les personnes soucieuses de surveiller leur environnement.

Sur un écran à cristaux liquides s'affichent la mesure, le débit de dose instantané (en millirems/heure) dans une pièce, la dose de rayons absorbée par le porteur (en millirems) en temps réel et cumulée sur une période donnée ; ces deux dernières mesures sont présentées sur un graphique (la réglementation française en vigueur fixe la dose maximale annuelle à 5 rems). Une alarme sonore programmable se déclenche en cas de dépassement de seuil.

11 Qui n'a pas déjà souffert de l'eau brûlante jaillissant de la douche ou du robinet ? Un tout petit dispositif, le Calorstat 44, mis au point par la société Vernet, permet désormais d'éviter les mauvaises surprises. Ce petit tube cylindrique (4,5 x 2 cm) se visse, par exemple, entre l'arrivée d'eau et la naissance du flexible de douche. Il contient une microcapsule à dilatation en cire qui, en se gonflant à partir de 43 °C, coupe l'arrivée d'eau en 1 à 2 secondes. Plus la température est élevée, plus l'extension de la cire est rapide et la coupure d'eau immédiate. Il suffit d'ajouter de l'eau froide pour que la capsule de

10 MESUREZ LA RADIOACTIVITÉ

2 500 F environ,
chez Merlin Gérin Provence,
route d'Eygérie, BP 1,
13113 Lamanon. Disponible
début 1993



11

FINIES LES DOUCHES BRÛLANTES

150 F environ, dans les magasins
de puériculture



cire se rétracte et autorise à nouveau le débit normal. D'après le fabricant, ce système peut fonctionner 5 000 heures en continu sans problème.

12 Malgré sa petite taille (1,02 x 1,02 x 0,50 m, 90 kg), le Júnior, le plus petit piano de la firme Klein, comporte cinq octaves complètes (au lieu des sept habituelles), de l'ut à l'ut. Premier modèle de piano de cette taille, ses organes internes n'en sont pas moins de taille normale. Il possède une mécanique traditionnelle, sans élément plastique. Le cadre de cet instrument est réalisé en fonte coulée neuve (ce qui est loin d'être toujours le cas, beaucoup de pianos étant fabriqués avec de la fonte de récupération), additionnée de silice et de carbone. Cette fabrication permet à la charpente de supporter sans déformation la tension des cordes, en acier pour les médiums et les aiguës et filées en cuivre pour les graves. Conçu pour l'enfant débutant, ce piano n'est cependant pas un jouet. Il respecte toutes les normes auxquelles l'enfant devra s'adapter lors du passage à un instrument de taille normale. Klein propose d'ailleurs l'échange dès que l'élève a acquis un certain niveau.

13 Il y a longtemps que les orchidophiles et autres amateurs de plantes connaissent et utilisent le sang séché et la corne torréfiée comme engrangement. Ne contenant ni acide phosphorique ni potasse, ils agissent plus lentement et évitent ainsi de brûler des plantes délicates. La société Fertiligène propose maintenant ces produits sous forme stérilisée. Pour cela, le sang séché est passé dans une étuve à 130 °C et pulvérisé, ce qui garantit la destruction de germes pathogènes. La corne, quant à elle, est torréfiée, c'est-à-dire chauffée jusqu'à un point proche de la destruction, assurant en tout cas celle des microbes. Elle est ensuite broyée et réduite en morceaux de tailles différentes selon les usages car le temps nécessaire à la libération de l'azote contenu varie avec la granulométrie (de la poudre aux copeaux).

▲ **Les échos de cette rubrique** ont été réalisés par Roger Bellone, Isabelle Bourdial, Pierre Courbier, Alex Kovaléff, Christine Mercier, Paule Sully et Christine Tréguier.

13
**DU SANG,
DE LA CORNE ET
DES PLANTES**
30 à 32 F, dans
les jardineries et
libres-services
agricoles



12 UN PIANO MINIATURE

11 500 F, chez Klein,
16 avenue Hoche,
75008 Paris



BIENTÔT LA CARTE GÉNÉRALE DE NOS CHROMOSOMES

(suite de la page 38)

Pour le chromosome 21, la démarche de Daniel Cohen est différente. Le choix du chromosome 21, le plus court avec l'Y, répond à un double objectif. Un objectif médical à court ou moyen terme, puisque le 21 est celui qui comporte le plus grand nombre de gènes dont les anomalies conduisent à des maladies graves : non seulement la trisomie (mongolisme), mais la maladie d'Alzheimer, une forme d'épilepsie, et la sclérose latérale amyotrophique. Mais aussi, et peut-être surtout, dans l'esprit de Daniel Cohen, ce choix obéissait à un objectif méthodologique. La carte physique de ce chromosome n'est pas seulement un outil pour améliorer la connaissance que nous en avons. C'est, dit Daniel Cohen, «un modèle pour la cartographie du génome» tout entier.

Une "carte Michelin" du génome dans un an ? Le chromosome 21 représente à peu près 1,5 % du génome humain, le chromosome Y 1 %. Restent donc 98 %... Comment imaginer que cette tâche gigantesque puisse être accomplie en douze mois ? D'autant que la méthode STS doit, de l'avis des spécialistes, rencontrer

des difficultés particulières sur certains chromosomes. C'est là que Daniel Cohen, sans doute, innove le plus. Son idée, qu'il a développée récemment dans la revue *Cell*, est particulièrement hardie. Il s'agit, au lieu de s'attaquer au génome, chromosome par chromosome, de le prendre tout entier et de le cartographier d'un seul coup. Il faudra se passer des marqueurs STS; en revanche, il faudra cloner des morceaux encore beaucoup plus grands que ceux clonés pour faire la carte du 21. Ce sera, bien sûr, une carte à plus faible résolution que celle du Y ou du 21). Mais ce sera une carte globale, permettant de gagner du temps. Certains des concurrents de Cohen doutent qu'il parvienne à ses fins. D'autres, comme Page, semblent déjà convaincus...

Il faut bien comprendre que la carte génétique et la carte physique sont complémentaires. Comme le dit un commentateur: «Nous sommes arrivés à un point du programme Génome humain où la cartographie génétique et la cartographie physique convergent.» La carte génétique permet de rétrécir le champ de recherche d'un gène à une région de quelques millions de paires de bases. Lorsque cet objectif est atteint, le chercheur peut alors aller prendre dans un *freezer* le morceau d'ADN correspondant, le reproduire à volonté et le sonder jusqu'à l'isolement du gène. Comme le dit un scientifique, «c'est comme chercher un livre dans une bibliothèque avec ou sans catalogue».

Cartes physiques et cartes génétiques ne sont ni complètes ni exemptes d'erreurs, et ne le seront pas avant bien longtemps. Même sur les cartes du Y et du 21, il manque probablement des morceaux d'ADN, et l'ordre est sans doute parfois faux. Les diverses cartes aujourd'hui disponibles sont surtout relativement grossières. Leur degré de résolution est variable mais jamais très élevé. Ce n'est pas parce qu'on a cartographié le Y et le 21 qu'on sait combien de gènes il y a dessus, ni bien entendu où ils sont. Or, on vient de le voir, la future carte globale promise par Cohen pour 1993 aura un degré de résolution moindre. C'est en ce sens que nous parlons de "carte Michelin". Avec tous ces éléments en notre possession, nous aurons bientôt tous les éléments pour nous diriger. Mais nous n'avons pas encore le moyen d'imaginer le paysage.

Quant au but ultime du programme Génome humain, connaître la fonction de nos 100 000 gènes, il ne lui est fort sagement assigné aucune date. La tâche est d'autant plus complexe que, d'une part, certaines fonctions sont manifestement commandées par plusieurs gènes, et que, d'autre part, l'ADN varie selon les individus dans une proportion estimée à 0,3, voire 0,5 %. Peut-être serons-nous encore attelés à la tâche dans un siècle...

Jacques Legène et Pierre Rossion

DECOUVREZ LE NOUVEAU CATALOGUE DE L'OUTILLAGE CREATIF !



36 pages tout en couleurs !

05 00 90 16
NUMERO VERT
APPEL GRATUIT

Tec'Loisirs
L'outillage créatif

1, rue Lamartine 67460 SOUFFELWEYERSHEIM

Veuillez m'envoyer gratuitement
le nouveau catalogue TEC'LOISIRS

SI/11.92

Nom

Prénom

Adresse complète

.....

Tél.

VELO : TOUJOURS PLUS VITE

(suite de la page 125)

daille d'or de la poursuite – une piste ovale de 4 km avec deux coureurs partant ensemble aux deux extrémités d'un diamètre – à 54 km/h sur un vélo fabriqué par Lotus, constructeur jusqu'ici célèbre en formule 1 mais inconnu dans le cyclisme. Cette machine, une peau en fibre de carbone et fibre de verre sur une armature de titane avec une fourche avant n'ayant qu'un bras, ressemble plus à un vélo de science fiction qu'à une bicyclette. Mais tout ce que nous avons dit plus haut – position du coureur, répartition des points d'appui, étude en soufflerie, longueur des pédales, etc. – y est mis en application sur une structure dont la forme est totalement libre. Pour chaque élément (pédales, selle, guidon, roue...), on ne retient que la solution idéale, aussi peu orthodoxe soit-elle.

Il en résulte une machine unique faite pour un coureur donné, qui ne peut servir que sur piste et dont le prix peut atteindre le million de francs. En contrepartie, elle permet de rouler constamment à près de 55 km/h sur terrain plat. Encore doit-on noter que ces machines futuristes n'en sont qu'à leurs débuts pratiques – en réalité, des prototypes apparurent dès 1985, mais ils furent interdits par l'Union cycliste internationale – et qu'elles vont continuer à progresser.

Parce que tout a été scientifiquement analysé dans le couple coureur/bicyclette – aussi bien la cadence de pédales que la fréquence de torsion du cadre, l'inertie des jambes ou le couple transmis par la chaîne – un vélo d'étape contre la montre permet aujourd'hui des vitesses de pointe en solitaire de l'ordre de 60 à 65 km/h sur le plat. Avec les machines spéciales fabriquées à l'unité, le record de l'heure (actuellement 51,151 km/h) sera bientôt porté à 53, voire 54 km/h. On pourrait s'étonner de la différence entre vitesse de pointe et record de l'heure, mais il faut bien voir que dans le premier cas (de 60 à 65 km/h) il s'agit d'une allure qui n'est soutenue que pendant une minute ou deux – mais plusieurs fois en cours d'étape – pour rattraper un concurrent ou se dégager d'un groupe. Dans le second cas (de 53 à 54 km/h), il s'agit d'une moyenne à tenir une heure de suite, ce qui est complètement différent.

Chose amusante à noter, un cheval de course ne tiendrait même pas cette cadence et se ferait vite semer. Or, on sait pourtant que l'homme seul est immensément inférieur à l'animal sur le plan des performances physiques. Mais il le dépasse largement en vitesse pour peu qu'un cadre et deux roues lui aient été adaptées de manière scientifique.

Renaud de La Taille

LA CULTURE GENERALE

clé de votre réussite aujourd'hui !

Oui, dans toutes vos relations, pour tous les emplois, on vous jugera sur votre culture. Votre réussite professionnelle et personnelle en dépendent.

Oui, grâce à la Méthode de Culture Générale de l'ICF, claire et pratique, vous pouvez en quelques mois compléter vos bases, acquérir plus de confiance et une bien meilleure aisance, affirmer votre personnalité et être à l'aise dans tous les milieux..

20 cours (Arts, littératures, droit, philosophie, économie, sciences, politique, etc...). Le parcours santé de l'équilibre et de la réussite, accessible à tous.

Documentation gratuite à : Institut Culturel Français, Service 7227, 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois, Tél. : (1)42.70.73.63



BON D'INFORMATION GRATUITE

à compléter et retourner à ICF, service 7227
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Veuillez m'envoyer à l'adresse ci-dessous, la documentation complète sur votre méthode.

Nom :

Adresse :

.....

Savez-vous profiter de votre timidité ?

« Au lycée, j'étais complètement paralysé par ma timidité. Rien ne s'est arrangé plus tard, ni dans mon travail, ni avec les femmes. Je n'arrivais pas à plaire, à attirer l'estime, ni même l'attention.

Mais un jour j'ai trouvé une solution ultra-simple. En un mois je ressentais déjà des progrès. Et cela s'est passé sans effort ! Cette solution consiste avant tout à profiter de sa timidité pour la maîtriser (au lieu de la combattre de front).

Vous aussi vous pouvez très vite apprendre à attirer la sympathie, agir sans hésiter, et exprimer vos sentiments avec facilité...»

Dr. Webster

Découvrez sans engagement la méthode Webster. Vous vous en félicitez toute votre vie !

Bon pour une documentation gratuite
(à découper ou recopier)

Nom..... Prénom.....

N° Rue

Code Postal Ville

envoyer à : EUROMIND, ref WB-SV11-92,
25 allées J. Guesde, 31000 Toulouse

NUMÉRO SPÉCIAL
HORS SÉRIE
DE L'ACTION
AUTOMOBILE

L'ACTION
AUTO
ET TOURISTIQUE
HORS
SÉRIE

S P E C I A

RENAULT
twingo

LA REVOLUTION
POUR 55 000 F

- SA NAISSANCE
- SON ANATOMIE COMPLETE
- SES EVOLUTIONS À VENIR
- SES RIVALES



EN VENTE PARTOUT

TOUT VOIR TOUT SAVOIR SUR LA TWINGO

VAISON : UN TORRENT DE NÉGLIGENCES

(suite de la page 103)

condition que les communes situées sur le bassin d'une rivière s'entendent, il y aurait moyen d'éviter que des événements aussi dramatiques ne se reproduisent comme le montre la méthode "Inondabilité" mise au point par la division hydrologie du CEMAGREF à Lyon. «L'eau étant par définition incompressible, il est impossible de réduire le volume d'une crue. En revanche, on peut très bien déplacer ce volume dans l'espace et/ou dans le temps, tout en sachant que l'on ne pourra jamais tout protéger à la fois. A moins – mais cela aurait d'autres effets pervers – de bétonner tous les cours d'eau depuis leur source jusqu'à leur confluent», explique Guy Oberlin, déjà cité. «En clair, si on veut éviter qu'un centre-ville, un camping ou un terrain de football soient inondés, il faut en contrepartie accepter que d'autres secteurs situés en amont le soient à leur place. Pour cela, on choisira, bien sûr, les zones du lit majeur qui ont des besoins de protection moindres, comme les forêts alluviales, les peupleraies ou les prairies...»

Partant de ce principe, le modèle "Inondabilité" permet de croiser, sur une cartographie représentant l'ensemble du lit de la rivière, les objectifs de protection exprimés par les populations avec les périodes de retour du risque d'inondation, et ce pour chaque point de la zone étudiée. Ce faisant, on met au jour des zones "vertes" surprotégées : par exemple, une peupleraie située sur une zone inondable une fois par siècle. Et, *a contrario*, des zones "rouges" qui sont, quant à elles, vulnérables : par exemple, un lotissement installé sur un terrain inondable tous les vingt ans. Sur cette base, tout l'art de l'aménageur consistera, en puisant dans la réserve de zones plus ou moins inondables dont il dispose, à éliminer par des interventions judicieuses tous les points rouges du bassin versant sans en créer de nouveaux.

Mais pour cela, il faut qu'il y ait suffisamment de points verts ! Or, les constructions anarchiques disséminées depuis trente ans dans le lit majeur des rivières limitent considérablement la possibilité de créer des zones inondables. La vallée de l'Ouvèze, hautement touristique, n'échappe pas à la règle. Faudra-t-il, pour protéger Vaison de sa prochaine crue centenale, revoir tout l'aménagement des communes situées en amont ? Peut-être, mais il faudra qu'en contrepartie les Vaisonnais s'abstiennent, à l'avenir, de construire des habitations pratiquement les pieds dans l'eau... **Marc Mennessier**

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 5338
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 SV.11.92

ADRESSE

.....

LES INTELLIGENTS FONT MOINS TRAVAILLER LEUR CERVEAU

(suite de la page 51)

dont ils ignoraient initialement tout. Aux seize autres ont été projetées les images du CPT (sans épreuve). A la première séance de ce test, tous ont reçu l'injection de FDG puis ont disposé, comme dans l'expérience précédente, de trente minutes pour se livrer à leur tâche. Après quoi, le PET scanner a, de nouveau, analysé le niveau du métabolisme absolu du glucose des lobes frontal, pariétal, temporal et occipital pour les sujets des deux groupes. Pendant les quatre à huit semaines qui ont suivi, les joueurs de *Tetris* se sont exercés quotidiennement : ils ont ainsi multiplié par plus de sept, en moyenne, leurs scores initiaux.

Les résultats sont éloquents : le cerveau travaille moins après l'entraînement : il consomme moins de glucose (voir tableau p. 51), alors qu'il réalise des performances nettement supérieures. Il ne dépense même pas plus d'énergie à jouer qu'à regarder passivement défiler les chiffres du test CPT.

Un apprentissage à quatre temps. La zone pariétale est celle qui travaille le plus la première fois, lorsqu'il s'agit de créer une stratégie rationnelle nouvelle. Il en est de même de la zone occipitale.

PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas)

Couverture : E. Malemanche – Le Secretain/Sipa; p. 2-3 : ESA – Vandystadt ; N. Fauqué – G. Garrado/Science Photo Library/Cosmos – Sygma; p. 6 à 29 : Finzo; p. 30-31 : Ph. Plailly – CNRI; p. 32 : I. Corréa; p. 34-35 P. Menzel/Cosmos ; J. Marquis – M. Döhky; p. 36-37 : Medizad – F. Ferranti – P. Simon; p. 40-41 : Lichtenknecker; p. 42 : Rev. R. Royer/Science Photo Library; p. 43 : D. Galland – Atlas Astronomie; p. 46-47 : DR; p. 49 : I. Python; p. 50-51 : E. Malemanche; p. 53 : HamiltonLane/Sipa; p. 54 : DR; p. 55 à 57 : C. Witt-Deguillaume; p. 58 à 61 : N. Fauqué; p. 62 : DR; p. 65 : Ch. Jéguo; p. 66 : Muséum d'histoire naturelle; p. 67 : Ch. Jéguo; p. 69 : C. Feh; p. 74 : ESO; p. 77 : Cambridge Archaeological Journal; p. 78 : E. Lulien; p. 79 : A. Beinat; p. 81 : Van Bergen/Sunshine/Sipa; p. 82 : C. Lacroix; p. 85 : Gaff/Sipa Press; p. 86-87 : P. Bon – I. Python; p. 88-89 : I. Python; p. 90-91 : I. Python – P. Bon; p. 92-93 : P. Bon – I. Python; p. 94 : I. Python; p. 97 : Sygma – Chardon-Marin/Gamma; p. 98-99 : J.-F. Péniouchoux – M. Mennessier; p. 100 : J.-F. Péniouchoux; p. 101 : D. Galland; p. 103 : M. Mennessier; p. 104 : CNES – R. Sabatier; p. 106 : M. Isaac/Air et Cosmos; p. 107 : ESA; p. 109 : Novost; p. 110 : Baret/Rapho; p. 111 : Bramaz/Jerrican; p. 112 à 115 : Graphtit; p. 118 : Press Sports; p. 120 : Maxi-Sports – Laboratoire de physiologie de la Salepêtrière-Paris; p. 121-122 : Maxi-Sports; p. 123 : Vandystadt; p. 125 : Sipa – Vandystadt; p. 127 : DR; p. 128 : N. Papamiliades; p. 129 : DR; p. 131 : DR – N. Papamiliades; p. 132-133 : DR; p. 135 : San Millan; p. 136 : A. Meyer; p. 137 : DR; p. 139 : E. Malemanche; p. 140 : DR; p. 141 : R. Bellone – A. Meyer; p. 144 à 148 : Finzo; p. 150 : N. Bariand; 155 M. Toscas/Galerie 27; p. 156-157 : N. Roux-Saget; p. 158 : M. Toscas/Galerie 27; p. 159 : DR; p. 161 à 163 : N. Roux-Saget; p. 168 à 171 : DR; p. 172 à 175 : E. Malemanche – DR.

tale, qui doit élaborer une structure nouvelle de perception visuelle. Or, ces deux régions enregistrent une baisse de consommation de respectivement 13 et 11 micromoles par 100 g de matière cérébrale par minute avec l'entraînement : cela confirme leur importance dans le travail demandé (elles ont créé, grâce à la pratique, des circuits nerveux plus efficaces). L'apprentissage fait aussi économiser 11 micromoles à la consommation de la région frontale, dont dépendent les mouvements des mains. En dernier vient la région temporelle, dont la consommation ne baisse que d'un peu plus de 6 micromoles.

Cette expérience vient confirmer les hypothèses du travail précédent : au premier essai, les sujets n'ont pas de réseau de communications interneuronales adaptés à la tâche : ils doivent utiliser de nombreux circuits, cherchant "à tâtons" le plus efficace. Au fur et à mesure de la familiarisation avec les stratégies les meilleures, les circuits nerveux inefficaces sont abandonnés.

La faible participation de la région temporelle, qui normalement associe son travail à celui des lobes pariétal et occipital pour le raisonnement abstrait, signifierait que, même si ce jeu exige un certain raisonnement, il s'agit d'opérations beaucoup plus simples et concrètes que ce que demandent par exemple les PMAR.

Les chercheurs n'ont d'ailleurs pas trouvé, comme dans l'expérience précédente, de différences de métabolisme entre les sujets, selon que leurs résultats sont plus ou moins bons. Mais, en plus du raisonnement, *Tetris* exige de l'attention et une bonne coordination visuo-motrice : les différences de résultats entre sujets peuvent ne pas être liées à une disparité d'intelligence métrique, mais à un inégal pouvoir d'attention au jeu, ou à une inégalité de coordination entre la vue et le mouvement de la main.

Quo qu'il en soit, la découverte fondamentale est confirmée : l'efficacité du cerveau dans un travail donné correspond à une économie d'énergie. Tout porte à croire que cette économie est due à l'existence d'une stratégie finement adaptée, qui n'active que les réseaux de neurones directement impliqués. Cette efficacité, inégalement répartie entre les individus, pourrait expliquer les différences de scores en intelligence métrique. Mais, chez les uns comme chez les autres, l'apprentissage correspondrait à la mise en service dans le cerveau de circuits optimaux de communications entre neurones, menant, pour une tâche donnée, l'influx où il doit aller, à coup sûr, sans vases-hésitations ni vagabondages stériles.

Jacqueline Renaud

Les débuts de la course à l'espace.

Les CAHIERS DE SCIENCE & VIE

vous racontent par le menu

la naissance héroïque

de l'astronautique soviétique.

En 1957, Sputnik ouvre le chapitre

de l'affrontement symbolique

avec les Etats-Unis.

Un programme davantage

justifié par des raisons

politiques que scientifiques.

A l'époque, il s'agissait

surtout de marquer sa supériorité

sur l'adversaire en recherchant

le meilleur impact médiatique.

Envoyer le premier homme dans l'espace

répondait à merveille à cet objectif.

Gagarine fut ainsi l'homme-sandwich

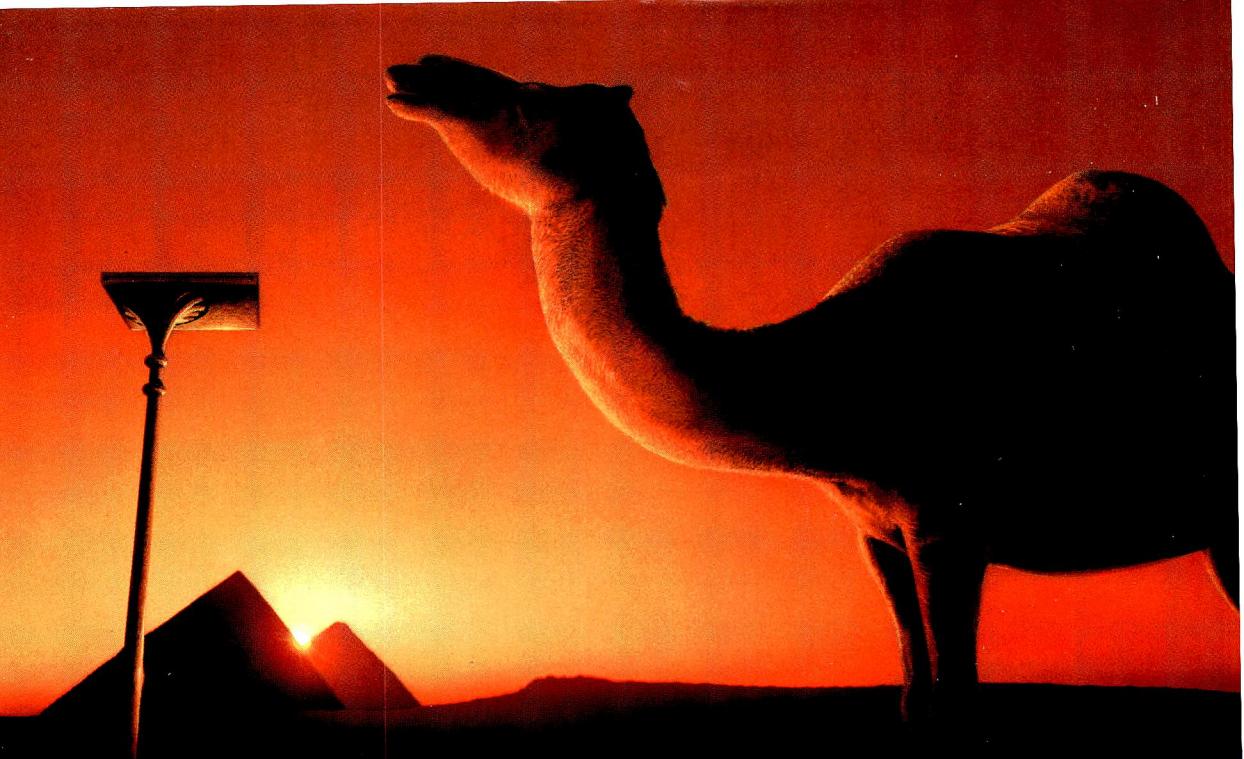
le mieux exploité du monde.



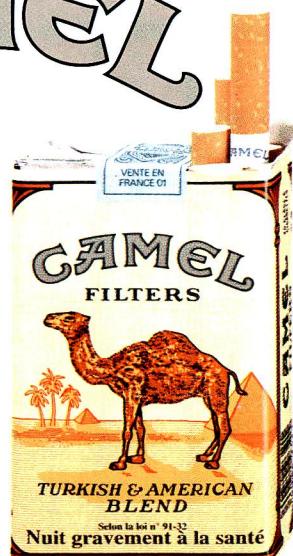
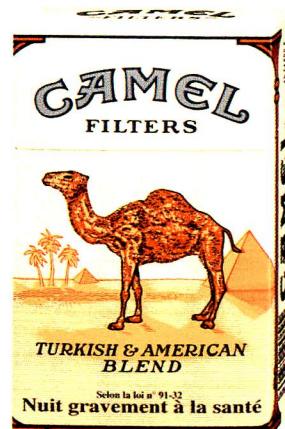
**LES CAHIERS
DE SCIENCE & VIE**

COLLECTION 1992

**BIG SCIENCE : LES GRANDS PROJETS
SCIENTIFIQUES DU XXe SIECLE
EN VENTE PARTOUT**



CAMEL



SELON LA LOI N° 91.32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES