

SCIENCE & VIE

GÉNÉTIQUE

Les prédispositions
aux virus

GÉOPHYSIQUE

Les revirements
du noyau terrestre

INONDATIONS

L'Etat plus fautif
que le climat

EXCLUSIF

Santé et pollution **Les dangers de la ville**

- ***Les effets sur le cerveau***
- ***Les agressions sur la peau***
- ***Les risques pulmonaires***

GRAND CONCOURS
Imaginez la voiture
de vos rêves

T 2578 - 918 - 22,00 F





NESTLÉ
LE CHOCOLAT.
AUJOURD'HUI
L'AMOUR PASSION
A SON PETIT
DÉJEUNER.

SONO NESTLÉ RCS NANTERRE B 552 201 643

Nestlé Le Chocolat, le petit déjeuner savoureux

**Nestlé
c'est fort en
chocolat!**

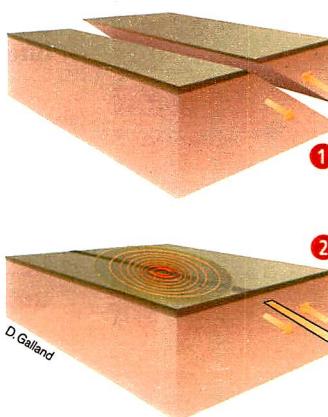
tendre et onctueux. A déguster avec volupté.

Sismologie : la leçon de Los Angeles

Le séisme qui a ravagé Los Angeles en janvier est porteur de deux leçons qui intéressent non seulement les Etats-Unis, mais encore le monde entier. La première est que les grandes fractures reconnues ne sont pas les seules responsables possibles des catastrophes. On s'attendait – et l'on s'attend toujours – à une secousse majeure (c'est-à-dire d'amplitude 8 sur l'échelle de Richter) le long de la célèbre faille de San Andreas, qui parcourt en surface la Californie du nord au sud. Or, le séisme de janvier, dont l'épicentre se situait à Reseda, au nord de Los Angeles, a été causé par le mouvement d'une faille restée jusqu'ici "discrète", parce qu'elle n'affleure pas à la surface.

En effet, les plaques rocheuses qui sont soumises à des contraintes comme celles de la Californie finissent parfois par se fissurer en profondeur et non en surface. Si la contrainte augmente brusquement et que les terrains sont rocheux, sans souplesse, c'est à une douzaine de kilomètres de profondeur que les blocs se heurteront, avec d'autant plus de violence que le choc sera dans un milieu déjà comprimé.

Les chocs de plaques tectoniques peuvent, du fait des poussées opposées, produire des fractures ① comme la faille de San Andreas. Mais ils peuvent aussi créer des failles invisibles ② comme celle où s'est situé l'épicentre du séisme de janvier.



La sismologie vient donc de découvrir un phénomène nouveau et, tant qu'elle n'en aura pas maîtrisé les mécanismes, sa valeur prédictive reste très approximative.

La seconde leçon est que cette science, qui s'est pourtant beaucoup affinée ces dernières décennies, a encore beaucoup à apprendre. Ainsi, elle est incapable de prédire la violence des mouvements de terrains (on appelle cela des accélérations) proches des épicentres. Et les sismologues ont été surpris par la violence du choc près de l'épicentre : de deux à trois fois plus fort que celui calculé pour un séisme de cette magnitude.

Personne ne pouvait donc prévoir ni la source ni l'étendue du désastre. Pis : personne ne peut assurer pour le moment que plusieurs fractures discrètes du type de celle de Reseda ne se produiront pas en même temps, déclenchant alors un désastre encore plus grand que ce qu'on a vu.

Ce qui signifie que la sismologie mérite des crédits bien plus grands que ceux dont elle dispose. Et que cela vaut pour le reste du monde (nous avons aussi nos failles en France) autant que pour la Californie.

S & V

Publié par Excelsior Publications S.A.
Capital social : 224 000 F - durée : 99 ans.
1, rue du Colonel-Pierrre-Avia,
75503 Paris Cedex 15.
Tél. : 1 46 48 48 67. Fax. : 1 46 48 48 67.
Adresse télégraphique : SIENNE Paris.
Principaux associés :
Jacques Dupuy, Yveline Dupuy,
Paul Dupuy.

DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : Paul Dupuy. Directeur général : Jean-Pierre Beauvalet. Directeur général-adjoint : François Fahys. Directeur financier : Jacques Béhar. Directrice marketing et commercial : Marie-Hélène Arbus. Directeur marketing et commercial-adjoint et directeur des ventes : Jean-Charles Guérault. Directeur des études : Roger Goldberger. Directeur de la fabrication : Pascal Rémy.

RÉDACTION

Rédacteur en chef : Jean-René Germain, assisté de Marie-Anne Guffroy. Rédacteur en chef-adjoint : Gérard Messadié. Rédacteur en chef-adjoint : Gérard Morice, assisté de Monique Vogt. Rédacteur en chef-adjoint : Jean-François Robredo. Rédacteur en chef édition : Elias Awad. Secrétaire de rédaction : Françoise Sergent, Nadine Raguet, Agnès Marillier. Rédacteurs : Renaud de La Talle, Alexandre Dorozyński, Pierre Rossion, Marie-Laure Moinet, Roger Bellone, Jean-Michel Bader, Didier Dubrana, Henri-Pierre Penel, Marc Mennessier, Isabelle Bourdial, Thierry Pilorge. Secrétaire : Paule Darconnat. Maquette : Lionel Croonen, Elisabeth de Garnigues, Michel Souday. Service photo : Anne Levy. Correspondante à New York : Sheila Kraft, P.O. Box 1860, Hemlock Farms Hawley PA, 18428 Etats-Unis.

RELATIONS EXTRÉMIERES

Michèle Hilling, assistée de Guyaline Brehin.

SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements et marketing direct : Patrick-Alexandre Sarraïdi. Marketing : Pierre Wavrant. Chef de produit : Marie Cribier. Téléphone vert : 05 43 42 08 (réservé aux dépositaires). Belgique AMP, 1 rue de la Petite-Isle, 10 70 Bruxelles.

PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdéco, 27 rue de Berri, 75008 Paris, tél. : 1 41 34 82 08. Directeur commercial publicité : Yves Langlois. Directrice de la publicité : Sophie Netter. Directeur de la clientèle : Stéphane Rogeon.

À NOS LECTEURS

Renseignements : Monique Vogt, tél. : 1 46 48 48 66. Commande d'anciens numéros et de reliures : Chantal Poirier, tél. : 1 46 48 47 18.

ABONNEMENTS

Relations abonnés : Service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierrre-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

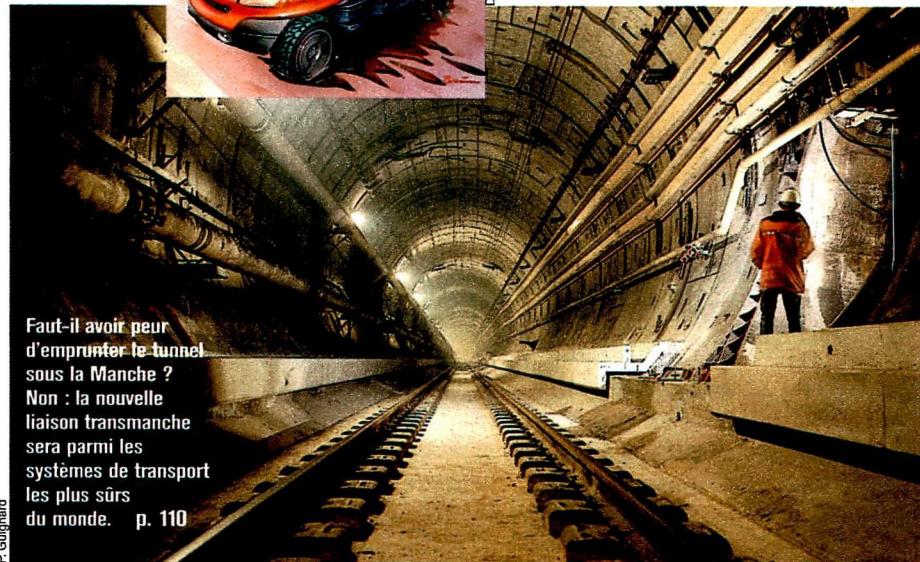
Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,80 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec *Science & Vie* sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée 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. La rédaction ne reçoit que sur rendez-vous.

Copyright 1989 *Science & Vie*.



Vous l'avez rêvée, créez-la ! Règlement intégral d'un concours exceptionnel, en page 98 du journal.



Faut-il avoir peur
d'emprunter le tunnel
sous la Manche ?
Non : la nouvelle
liaison transmanche
sera parmi les
systèmes de transport
les plus sûrs
du monde. p. 110

P. Guignard

n° 918
mars
1994

SOMMAIRE

Dessin de
couverture :
Patrice Larue

Encart abonnement
jeté dans
Science & Vie.
Diffusion vente
au numéro et
abonnement France
métropolitaine.

Recevez
Science & Vie
chez vous.
Vos bulletins
d'abonnement
sont en pages
25 et 121.
Vous pouvez
aussi vous
abonner par
minitel en
taping 3615
ABON.

SANTÉ

Pollution, les dangers de la ville.....

Frédérique Verley

- Atmosphère et santé,
les liaisons dangereuses..... 38
- L'homme : une cible de choix..... 42
- La pollution veut votre peau..... 46

GÉOPHYSIQUE

Les revirements du noyau terrestre.....

Hélène Guillemot

PHYSIQUE

L'invasion douce des supraconducteurs.....

Daniel Tarnowski

CYBERNÉTIQUE

Un robot qui voit comme une mouche.....

Claude Métier-Di Nunzio

RECHERCHE

La fin de l'astronomie en France ?.....

Philippe Hénarejos

GÉNÉTIQUE

Les gènes qui nous exposent aux virus.....

Pierre Rossion

Des supraconducteurs à température ambiante ! C'est ce qu'a découvert Michel Laguës. Au fait, à quoi servent ces nouveaux matériaux ? p. 56



C'est en copiant son œil aux 3 000 facettes qu'une équipe de neurobiologistes français a conçu le premier robot au monde à vision panoramique.

p. 62



L'hiver pluvieux de 1993 n'a fait qu'aggraver la responsabilité des bétonneurs de fleuve. p. 100

P. Robert/Sigma



J. Six

ÉPIDÉMILOGIE

- Doit-on détruire la variole ?** 80
Jean-Michel Bader

ÉCOLOGIE

- L'édén au fond du gouffre** 86
Thierry Pilorge

ZOOLOGIE

- Le retour des loups** 90
Didier Dubrana

AUTOMOBILE

- Tout commence par le rêve** 92
Luc Augier

HYDROLOGIE

- Inondations : l'Etat plus fautif que le climat** 100
Didier Dubrana

ÉLEVAGE

- Faut-il avoir peur de l'hormone laitière ?** 106
Marie-Laure Moinet

TRANSPORTS

- Le tunnel sous la Manche cent fois plus sûr que le TGV** 110
Marc Mennessier

IMAGERIE

- La photo numérique en échec** 116
Roger Bellone

L'événement du MOIS 1

FORUM 6

échos de LA RECHERCHE 18
dirigés par Gerald Messadié

échos de L'ENVIRONNEMENT 26
dirigés par Didier Dubrana

industrie & INNOVATION 122
dirigé par Gérard Morice

comment CA MARCHE 132
Renaud de La Taille

ELECTRONIQUE amusante 136
Henri-Pierre Penel

INFORMATIQUE amusante 138
Henri-Pierre Penel

BIOLOGIE amusante 140
Didier Pol

journal de L'ASTRONOME 142
Yves Delaye

ECHECS & maths 146
Alain Ledoux et Louis Thépault

SCIENCE & VIE PRATIQUE 148
Roger Bellone

LIVRES 155
Science & Vie ILYA 160
Marielle Véteau



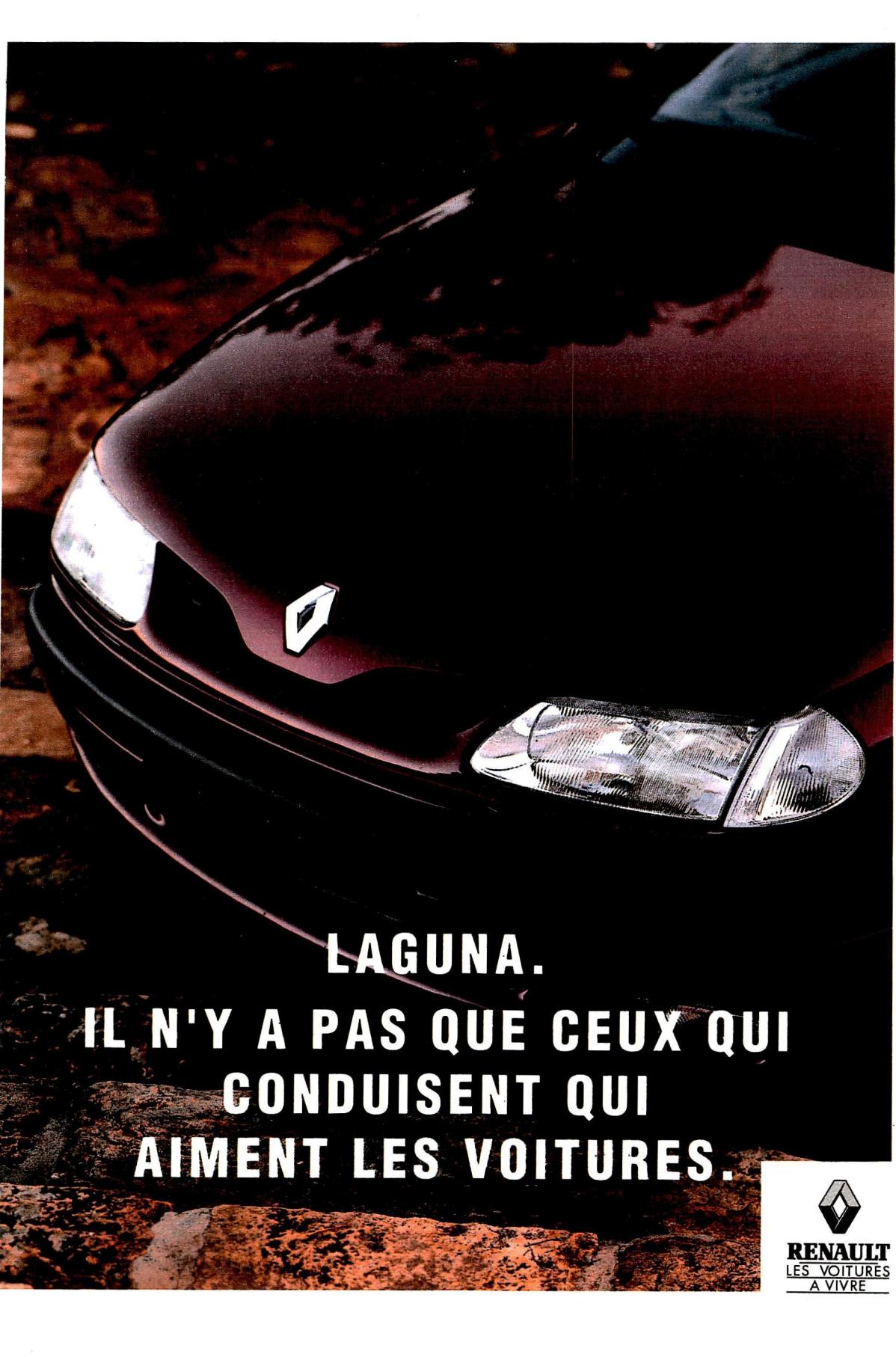
PAS QUESTION DE LAISSER FAMILIAL RIMER AVEC BANAL.

Un jour, vous avez eu une jolie petite sportive rouge. Vous étiez content. Ensuite, vous avez connu votre femme et vous avez eu de jolis enfants. Vous étiez très content. Fatalement vous avez dû changer de voiture et là vous n'étiez plus du tout content. Plus de plaisir, plus d'esthétique, plus de performance, plus d'envie... Nous avons donc créé Laguna pour mettre fin à ce préjugé, où sous prétexte d'aimer sa famille, on ne peut plus aimer les voitures. Modèle présenté : Laguna V6. Existe en motorisations 1.8, 2.0, V6 essence et 2.2 diesel (en cours de millésime). 4 niveaux d'équipement RN, RT, RXE, V6. Garantie anti-corrosion Renault 6 ans.

3615 | 3616

RENAULT

RENAULT precompte EIF



LAGUNA.
IL N'Y A PAS QUE CEUX QUI
CONDUISENT QUI
AIMENT LES VOITURES.



RENAULT
LES VOITURES
A VIVRE

FORUM

Astrologie (I) Les croyants se rebiffent

Après nous avoir traités de loufoques, M. M.S., de Nanterre, observe, à propos de notre article sur "les dangers et les erreurs de l'astrologie" : «Votre article pose un grave problème, car l'âge de la mort, quoique lié à des problèmes contingents, est cependant très largement générée par des causes génétiques. Si quelqu'un doit mourir génétiquement à 70 ans et que l'astrologie lui dise 60 et qu'il meure à 60 ans pour faire plaisir à sa croyance, c'est déjà extraordinaire, mais pas forcément impossible.»

Comme quoi les gens qui croient à l'astrologie seraient génétiquement prédestinés ! Qu'attend le Pr Daniel Cohen pour trouver le gène de la superstition ? Par ailleurs, la génétique ne détermine pas l'âge de la mort.

Ce lecteur poursuit, impavide : «Si quelqu'un qui doit vivre soixante ans meurt seulement à 90 ans, soit avec trente ans de rab, parce que l'astrologie chinoise le dit et que joue un effet placebo, ça c'est extraordinaire.»

Cela n'a pas été trouvé. Nous nous contenterons de constater les effets négatifs de l'astrologie : ils se suffisent.

«Il faut signaler aussi que les Chinois californiens les plus croyants en l'astrologie sont aussi les plus traditionalistes et qu'il est assez connu aux Etats-Unis que ce sont des groupes à risque à cause du stress lié aux contraintes sociales traditionnelles, très rigides et contraignantes.»

«Assez connu aux Etats-Unis» est une formule commode : nous n'avons nullement connaissance que ce soient des groupes à risque.

«Méfions-nous des chiffres, poursuit ce lecteur. Un statisticien américain a trouvé que la courbe d'augmentation des infarctus aux Etats-Unis est exactement en phase avec l'augmentation du nombre d'ascen-

Savoir lire une étiquette

Dans notre article sur les vitamines, l'encadré "Sachez lire une étiquette" (n° 916, p. 91) soulève le délicat problème du dosage des compléments alimentaires (poudres hydro-solubles, gélules, comprimés, etc.) vendus librement en pharmacie, en magasin diététique ou en supermarché.

Dans l'attente d'une réglementation spécifique sur ces denrées alimentaires d'un type un peu spécial, l'administration française préconise que les doses distribuées ne dépassent pas

sent pas, par mesure ou par gélule, les apports journaliers recommandés (AJR). A l'issue des contrôles exercés par la répression des fraudes, certaines distributions de boissons "hypervitaminées" ont ainsi cessé, notamment en discothèque, où le nombre de mesures par verre, difficilement contrôlable, peut augmenter exagérément les doses.

Mais les poudres elles-mêmes ne sont pas interdites. A ce propos, la société ADN marketing, qui importe des Etats-Unis celles de la marque Smart Drinks, se plaint de la dérive commune qui rassemble sous ce terme toutes les boissons vitaminées (de même qu'on appelle Frigidaire tout réfrigérateur). Dont acte.



seurs : mêmes inflexions, même développement : alors, l'infarctus développé par les ascenseurs ?»

Sur la base de ce genre de scepticisme, on pourra donc assurer que le cancer du poumon n'a aucun rapport avec la consommation de tabac.

M. J.A., de Saint-Etienne, écrit, lui : «[Si le premier dossier répondait effectivement à mes attentes], le deuxième article m'a laissé perplexe : deux pages entières pour une étude dont le but n'est pas indiqué. Quant au troisième (...), son but est certes de montrer que les astrologues, qui se basent soit disant sur les statistiques ou l'astronomie pour impressionner les gens, n'ont en fait que très peu de connaissances. Mais si les astrologues maîtrisaient l'astrono-

mie et se basaient sur des données vérifiées, est-ce que cela voudrait dire que l'astrologie est justifiée ?»

Les deuxième et troisième volets de notre article dénonçaient un cas particulier : la très nette méconnaissance des faits scientifiques, faits dont pourtant se prévalent des auteurs tels que Mme Suzel Fuseau-Braesch. L'ouvrage de celle-ci a supplanté celui d'un véritable astronome, Paul Couderc, dans la collection "Que sais-je ?", et c'est sur la base d'un malentendu étonnant que cet auteur continue d'avancer des faits pseudo-scientifiques, censés démontrer la réalité de l'astrologie. Cela étant, si les astrologues connaissaient l'astronomie, ils ne feraient plus d'astrologie. Ils seraient ainsi "privés" de planètes de découverte récente, comme Neptu-



Dessins Finzo



William Grant, le fondateur, est à l'extrême gauche, à côté de l'un de ses fils.

Peter tient la recette de son whisky de son père Alexander, qui la tient de son père William, qui la tient de son père Charles, qui la tient de son beau-père William, qui ne la tient de personne.

Grant's LE WHISKY FAIT EN FAMILLE DEPUIS 5 GÉNÉRATIONS.



FONDÉ EN 1887

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

suite de la page 6

ne, Uranus et Pluton, dont ils prétendent connaître l'influence ; ils seraient également bien en peine d'organiser le zodiaque, qu'ils devraient étendre à quelque 36° de largeur, ce qui y inclurait bien d'autres constellations. Et ils cesserait de prétendre que les zodiaques tropique et sidéral sont liés et de dire que les gens de tel ou tel signe ont tel ou tel caractère. Il ne leur resterait vraiment plus grand-chose !

Festival de verve avec la lettre de M. G.P., de Fouenant. Bien trop longue, nous le regrettons, pour être reproduite dans son intégralité, ellealue notre "article rituel" sur l'astrologie. Cet article n'a rien de rituel : le précédent remonte à trois ans ; celui de notre n° 916 est inspiré par deux faits récents : la publication de l'enquête sur les méfaits de l'astrologie sur la population sino-américaine qui y croit et celle d'un livre, par une personne qui se présente comme compétente en astronomie, Mme Fuzeau-Braesch, pour ne pas la nommer derechef. Voilà pour les rituels.

«Ah, qu'est-ce qu'on est content de la démonstration dé-fi-ni-ti-ve qui établit que le Bélier n'est pas Bélier et que le Bélier ne le sait pas ! On ne l'avait jamais lue», écrit ce lecteur.

Dans ce cas, pourquoi s'obstiner à présenter comme natifs du Bélier des gens qui sont du Poisson ? C'est ce lecteur qui nous l'apprend : «Parce que un signe n'est pas une réalité directement saisissable ; il est l'annonce d'un phénomène encore caché. Le Bélier-signe n'est pas la constellation Bélier. C'est

une abstraction. C'est la correspondance symbolique entre une apparente situation solaire et un état terrestre.»

Ah bon ! Bref, ceux auxquels on assure qu'ils sont du Bélier, premier, deuxième ou troisième décan, s'il vous plaît, ne sont pas vraiment du Bélier, ils vont l'être. Ce lecteur reprochant par ailleurs aux astrologues de ne rien connaître à l'astrologie (ce qui est pittoresque), nous arrêtons ici le débat, à notre vif regret.

M. R.H., de Peymenade, nous écrit, lui : «Vous rabâchez cette critique selon laquelle le zodiaque d'aujourd'hui n'est pas celui d'il y a deux mille ans en raison de la précession des équinoxes et l'astrologie est une ânerie. Or, M. Gouchon, astrologue de profession, écrivait en 1945 dans le "Dictionnaire astrologique" : "L'astrologie suit les saisons et, de ce fait, suit actuellement le zodiaque actuel. Les constellations, en raison de la précession des équinoxes, ne sont plus en regard du nom donné à chaque signe. Mais cela n'empêche pas Soleil, Lune et planètes d'avoir une influence sur les humains."»

Nous déduisons, nous, que les astrologues ne s'entendent pas entre eux, comme on peut en juger, puisqu'ils s'obstinent à soutenir que la précession des équinoxes n'a aucune portée sur le signe de naissance. Quant à l'influence des planètes, une fois de plus, qu'en sait-on ? Et au nom de quoi les marchands de fadaises vont-ils raconter que «Pluton dans votre maison III va bouleverser ceci, cela ou autre chose» ? En effet, Pluton a été découvert en 1930.

Science & Vie pour collectionneurs

Mme D. du P., à Paris, offre à la vente la collection complète de notre revue, du n° 1 au n° 77, et indique son numéro de téléphone : 1 45 55 03 78. M. et Mme R.G., à Cavailion, offrent à la vente trente-quatre exemplaires de notre revue : les numéros 33 à 53 (de 1917 à 1923), les numéros 62 à 72 et enfin janvier 1942 et 1951. Téléphone (aux heures des repas ou le soir) : 90 71 18 41. Mme J.P., de Paris, offre à la vente la collection de notre revue depuis 1971, avec les numéros hors-série.

Astrologie (II) L'astrologie occidentale est-elle aussi néfaste ?

Après avoir conclu que nos arguments sur les méfaits de l'astrologie lui semblent sans réponse, M. M.P., de Metz, demande : «Pensez-vous réellement qu'une étude de ce type s'impose pour l'astrologie occidentale ? Ce lecteur, précisons-le, est convaincu par l'ésotérisme, car il écrit que «ce que dit un tarot est vrai à quasiment 100 %». N'ayant jamais mis à l'étude statistique ou autre la véracité des tarots, nous lui laissons la responsabilité de cette assertion.

Limitons-nous à relever, dans un horoscope offert par un hebdomadaire féminin, des assertions telles que celle-ci (pour le Verseau) : «Evitez si possible de partir entre la fin mai et les tout premiers jours de juillet, ainsi qu'en automne, car les choses se gâteront de début octobre à mi-décembre.»

Outre la bizarrerie du conseil, qui incite sans explication à différer des vacances à une période donnée de l'année, ce qui pourrait être dommageable, voilà, s'il en fut ja-

mais, des lignes propres à susciter l'anxiété, à supposer que la lectrice s'en souvienne. Ou encore ceci (pour le Cancer) : «Si votre vue baisse, ce sera probablement l'œil gauche qui nécessitera la plus forte correction.» Or, quand on sait la force de certains phénomènes de somatisation, on peut s'inquiéter de telles précisions.

Rien, sans doute, n'indique pour le moment que l'astrologie dite occidentale abrège l'existence de manière aussi nette que la chinoise, mais on peut s'interroger sur les effets d'avertissements anxiogènes (tirés d'un autre horoscope annuel) tels que : «Dans la deuxième quinzaine de mai, ceux qui sont nés avant le 5 février courront des risques d'accidents corporels.»



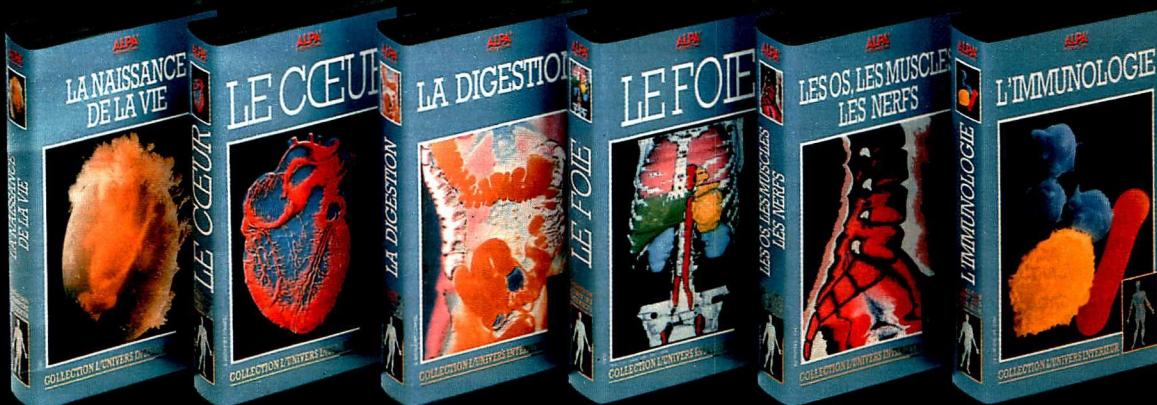
EN VIDEO

ALPA®
INTERNATIONAL
WORLDWIDE VIDEO BEST-SELLERS

VOYAGE AU CENTRE DU CORPS HUMAIN

IMAGES VIVANTES INEDITES

Série exceptionnelle réalisée par les spécialistes japonais et suédois du film scientifique en collaboration avec les plus grands médecins.



"L'UNIVERS INTERIEUR"
UNE COLLECTION DE 6 CASSETTES AVEC FICHES TECHNIQUES
POUR REPONDRE A VOS EXIGENCES DE SAVOIR

Les toutes dernières techniques d'exploration ont été utilisées pour filmer : le voyage de l'ovule, le marathon des spermatozoïdes pour la fécondation, la première division cellulaire, la formation et le battement du cœur de l'embryon, l'intérieur du cœur, de l'estomac, des conduits les plus secrets de notre corps...

L'intervention de médecins spécialistes et l'utilisation d'images de synthèse -qui apportent une vision originale et spectaculaire- expliquent le fonctionnement complexe de nos organes, le mécanisme des maladies et les derniers progrès de la science. Des cas concrets sont exposés et détaillés.

© NHK - TECHNISONOR - SVERIGES TV Distribution ALPA INTERNATIONAL

VENTE EXCLUSIVEMENT PAR PACK DE 3 CASSETTES MINIMUM

Le pack de 3 K7 au choix : 480 F - la K7 supplémentaire : 160 F - Les 6 K7 : 850 F

Livraison sous 48 H

Cette édition exceptionnelle (durée à chaud et gravure en relief) sera pour vous un objet de collection prestigieux et une idée de cadeau originale.

VHS SECAM

BON DE COMMANDE A RETOURNER A : ALPA INTERNATIONAL - BERCY 2 - Bat. 26 - 20, rue Escoffier 94220 CHARENTON
ACCOMPAGNE DE VOTRE RÉGLEMENT À L'ORDRE DE : ALPA (Règlement exclusivement par chèque ou carte bancaire)

Mme Mlle M Sté
Nom : _____ Prénom : _____
Adresse : _____
Code Postal _____ Ville : _____
Téléphone : _____
N° Carte CB _____
Date d'expiration : _____
Signature : _____

- 301 - LA NAISSANCE DE LA VIE
- 302 - LE COEUR
- 303 - LA DIGESTION
- 304 - LE FOIE
- 305 - LES OS, LES MUSCLES, LES NERFS
- 306 - L'IMMUNOLOGIE

Le pack de 3 K7 : 480 F*
K7 supplémentaire : ____ K7 x 160 F ____
Les 12 K7 : 850 F*
Forfait port France : 50 F*
Forfait port étranger et Dom-Tom : 180 F*
* Rayer l'option non retenue
Date : _____
Signature : _____
TOTAL _____
SV

suite de la page 8

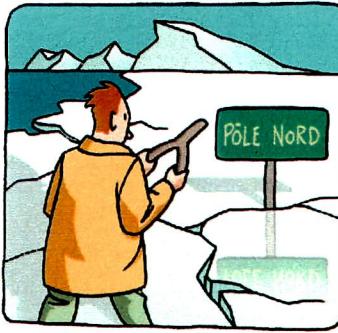
Magnétite, sourciers et parapsychologie

De M. A.R., de Paris : «Je dois m'inscrire en faux contre la remarque que vous faites, p. 14 de votre n° 916, sur le thème "magnétite et sourciers", en réponse à une lettre de Mme L.D., de Bellocq. Ayant été élève du Pr Rocard et ayant été, je crois, le premier chercheur à avoir conditionné des pigeons à des rotations du champ magnétique terrestre, je pense connaître assez bien le problème.

»Il a toujours été évident dans l'esprit de Rocard que la baguette du sourcier, tout comme le pendule du radiesthésiste, n'étaient que des amplificateurs mécaniques, permettant de détecter des mouvements ou des désynchronisations musculaires parfaitement inconscientes de la part de l'opérateur. Je vois

mal comment la baguette avec laquelle j'opérais, qui était composée de deux tiges de plastique reliées à leur extré-

mité par un tissu autocollant, aurait pu être sensible d'une façon quelconque à un gradient du champ magnétique dans lequel je passais. Il paraît aujourd'hui prouvé que sourciers et radiesthésistes sont inconsciemment sensibles dans leurs organismes mêmes (et c'est bien dans le cerveau que la magnétite a été détectée) à des variations du champ magnétique terrestre, comme le sont de très nombreux êtres vivants, depuis les chitons jusqu'aux pigeons voyageurs en passant par les abeilles. Il se pourrait aussi que puissent intervenir d'autres phénomènes d'ordre parapsychologique, dont l'existence est contestée par l'Union des savants rationalistes, bien qu'elle semble avoir été scientifiquement



Psychiatres, psychologues et caricature

«Il est à l'évidence difficile de définir une profession et, dans votre "Forum" de janvier (n° 916, p. 12), en corrigeant l'image du psychiatre écorché par votre lecteur, vous avez un peu gêné le psychologue que je suis», écrit M. E.L., de Mérignac, à la modération duquel nous rendons hommage. «La phrase incriminée est la suivante : "L'attitude des psychiatres n'est d'ailleurs pas tant d'être des conseillers, ce qui est le rôle des psychologues, que de soulager la souffrance", écriviez-vous. Ce qui place ces deux professions dans des rôles étroits et caricaturaux.» Comme le reconnaît ce correspondant, il est bien difficile de différencier en quelques mots les rôles respectifs du psychiatre et du psychologue ; notre nuance n'était évidemment pas limitative, et l'on conviendra que le "Forum" ne se prête pas aux longs exposés.

«Je pense pour ma part que psychiatres et psychologues peuvent être amenés à donner des conseils dans certains contextes d'expertise et à soulager la souffrance dans d'autres contextes, dits thérapeutiques. Et dans ce dernier cas, le psychiatre, en plus de sa parole et de son écoute, peut en tant que médecin prescrire des psychotropes.»

Sans doute aussi faut-il remarquer que le psychiatre est seul habilité à fournir le diagnostic d'un trouble psychique, que le psychologue peut identifier en fonction de sa culture, mais non diagnostiquer ces qualités.

Pas assez d'accent sur la biodiversité

«Depuis le sommet de Rio, il ressort que plusieurs conventions sur la protection de notre environnement ont été fortement médiatisées, comme celle sur la préservation de la couche d'ozone, et que d'autres, comme celle sur la biodiversité, n'ont pas reçu les faveurs de la presse. Cela est particulièrement notable dans "Science & Vie", où, mis à part le dernier dossier de votre n° 908, il n'y a eu presque plus d'article sur ce sujet», déplore M. J.F.R., de Villejuif.

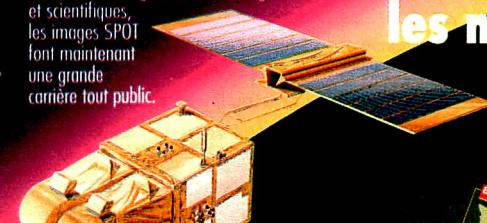
La critique nous surprend : chaque fois que nous mentionnons qu'une espèce est disparue ou réapparue, c'est bien à la biodiversité que nous faisons référence : dans le n° 915, "Les plantes médicinales sont trop cueillies", dans le n° 916, "La chouette qu'on croyait morte" et "Le saumon suédois vous dit au revoir" et, dans le numéro que voici, "Le mystère de la loutre anglaise", "Adieu vaches, moutons, cochons" et la protection des orchidées.



"SPOT",

Satellite Pour l'Observation de la Terre.

SA MISSION : Photographier la terre en permanence. Placé sur une orbite polaire à 830 km d'altitude par les lanceurs Ariane, ils font le tour de la planète en 100 minutes à la vitesse de 26.000 km/h. Conçues pour l'exploration scientifique (agriculture cartographie, géologie,etc.) et destinées à l'origine aux seuls ingénieurs et scientifiques, les images SPOT font maintenant une grande carrière tout public.



57

1 POSTER
COMMANDE

1 POSTER
GRATUIT

format 30 X 45 cm. au choix
Réf.P1. Les Galapagos (équateur)
Réf.P2. Mer de Weddell (Antarctique)
Réf.P3. Kourou (Guyana)

PRÉSENTATIONS

Format papier : 50 X 60 cms.

Format image : 48 X 48 cms.

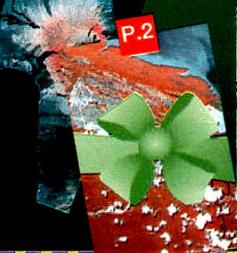
Papier : 250 grs au m²

A livraison en TUBE CARTON

Nos formules "PRET À POSER"
(disponible pour tous les modèles).

B Collé sur un SUPPORT RIGIDE,
légier, stable, épaisseur 10 mm, bordé
de noir.

C Présentation luxe, avec CADRE
aluminium anodisé gris.



LES CAPITALES
EUROPEENNES ET
MONDIALES:

1. PARIS
43. BRUXELLES
59. LUXEMBOURG
101. NEW-YORK
102. BAHAMAS
103. LAC TCHAD
104. SA-FRANCISCO
105. LONDRES
106. ST MARTIN, ST BARTH
107. ROME
108. BONN COLOGNE
109. MADRID
110. KOUROU
111. AMSTERDAM
112. ATHENES
113. COPENHAGUE
114. DUBLIN
115. LISBONNE
116. BERLIN
201. PORTLAND
202. LAKE DISTRICT
203. HONG KONG

POUR TOUS
RENSEIGNEMENTS:
TEL. 50 92 94 46

FACILE ET PRATIQUE !
POUR CHOISIR
ET COMMANDER

LE MINITEL 3615 code CNES
(rubrique images) SCIENCES-IMAGES

- La description des images
- Les offres promotionnelles
- Les vues étrangères

OUI, JE DÉSIRE COMMANDER LES POSTERS SUIVANTS,

ATTENTION, cette offre est limitée.

Présentation	N° D'image	Quantité	Prix unitaire	Total
A Poster en tube carton			130 Frs T.T.C	
B Poster sur support rigide			275 Frs T.T.C	
C Poster avec cadre			430 Frs T.T.C	
Total commande				
Frais d'expédition				30 Frs T.T.C
TOTAL COMMANDE				
JE CHOISIS MON POSTER CADEAU (COCHER LA CASE CORRESPONDANTE)				
P.1 P.2 P.3				

Je joins mon règlement par chèque bancaire ou postal, **À L'ORDRE DE SCIENCES IMAGES**
éditeur pour Spot Image - 10, RUE DE L'INDUSTRIE - B.P. 220 - 74105 ANNEMASSE CEDEX.

SCIEV-04/94

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

N° : _____

Expire fin : _____

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

Nom : Prénom :

Adresse : C.P. : Ville :

* Prix T.T.C pour la France - H.T. frais d'expédition compris pour la C.E.E. - Autres destinations nous consulter.

suite de la page 10

Le cerveau stockeur de mots

Interprète de conférences depuis vingt-trois ans, M. G.B., de Wezembeek, en Belgique, écrit ceci : «J'ai constaté des phénomènes qui confirment et étoffent les informations de J. Bishop, que vous rapportez. En effet, notre "pain quotidien" consiste à transposer des significations d'une structure grammaticale à l'autre, en une fraction de seconde, et souvent à changer sans transition de langue de départ. La répétition littérale en devient interdite, sous peine de perdre tout sens initial. Il s'ensuit que la réflexion logique est indispensable. Celle-ci exige une subdivision et la répartition des connaissances, unies à un accès instantané plus rapide que sur une base informatique et s'appuyant sur des éléments nombreux et complexes. Comme vous le dites, "tout se passe comme si le cerveau classait les mots par catégories".

«Je l'affirme aussi, sinon notre travail serait impossible. Votre deuxième assertion est encore plus vraie : "Les mots ne sont pas seulement stockés par leur forme." Mots et expressions sont en effet stockés selon leurs interactions. En effet, dans les langues où la polysémie est très fréquente, comme en allemand, c'est uniquement un raisonnement croisé (et à rebours, pour contrôler la justesse de la première compréhension, et le tout en un bref instant) qui permet de définir le sens exact. Vous ajoutez :

"L'utilisation du langage est une interprétation active." Juste encore : une fois de plus, l'interprétation de conférences en allemand le démontre ; dans les trois quarts des cas, un interprète expérimenté n'a pas besoin d'attendre le verbe, placé à la fin, pour comprendre le sens. C'est donc la perception de la fonction et sa réinsertion logique qui sont essentielles. Cela rejoint l'affirmation selon laquelle "la compréhension impose une série d'opérations logico-grammaticales".

Ce lecteur demande enfin s'il existe des chercheurs qui étudient en particulier les mécanismes de la traduction.

Nous publions ici sa question dans l'espoir de réponses : nous serions heureux de savoir s'il existe des travaux récents sur les effets du multilinguisme sur le développement intellectuel.

science n'est en soi ni bonne ni mauvaise", écrivez-vous encore. Or, en soi, la science n'existe pas, jusqu'à preuve du contraire, ce sont les hommes qui font la science et non l'inverse. Ce n'est pas la science qui est en question, mais ceux qui la font."

En ce qui concerne le premier point, l'expérience de Hall et Stillman pouvait informer sur divers points de biologie. On pourrait imaginer, par exemple, que, pour une raison qui serait alors à déterminer, les embryons humains ne se prêtent pas au clonage. Ou encore, que les clones n'en soient pas vraiment et diffèrent par des points qui, eux aussi, seraient à déterminer. L'expérience reste donc intéressante.

En ce qui concerne le deuxième point, la distinction nous semble spacieuse, et il nous semble difficile de prétendre, par exemple, que l'astronomie n'existe pas et que ce sont des astronomes qui la font. Si les astronomes ve-

naient à disparaître ensemble, il resterait le résultat de leurs travaux. *Idem* pour les autres sciences. Nous maintenons donc notre affirmation.

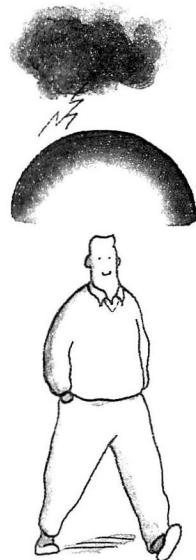
Nous écrivons bien "deuxième" et non "second" point, parce qu'il y en a un troisième : «La sérénité que vous conseillez se situe au mieux entre paresse et complaisance», écrit encore ce lecteur. L'accusation, car c'en est une, nous semble injustifiée : en premier lieu, nous ne croyons pas qu'il soit utile de rendre un débat passionnel. Nous n'oubliions pas que les opinions sont relatives et que la médecine n'a progressé qu'en enfournant systématiquement un tabou, doublé d'une interdiction religieuse et juridique (par exemple, l'interdiction de disséquer des cadavres). En second lieu, il ne nous semble pas que nos prises de position à propos de l'expérimentation de la radioactivité sur des êtres humains reflète ni de la paresse ni de la complaisance.

Clonage d'embryons humains

Se référant à notre éditorial de janvier (sur le clonage d'humains), M. N.P., de Paris, relève : «Vous écrivez que la technologie n'a rien de révolutionnaire et vous dites à la fin que "cette technique a simplement démontré sa faisabilité". Qu'avait-on besoin d'éprouver cette technique sur des embryons humains, puisqu'elle est scientifiquement au point ? En quoi donc l'expérience de Hall et Stillman est-elle utile ? Quelle est sa finalité ? En quoi serait-elle scientifique si l'esprit qui l'anime ne l'est pas ? (...) "La



NORWICH PROTECTION ACCIDENT



RÉSERVÉ
AUX PERSONNES
DE 30 A 75 ANS

1 500 000 F de capital à partir de 7 F par jour. Une sécurité pour vous et votre famille.

Un capital en cas d'accident pour protéger ceux que vous aimez : de 100 000 F à 500 000 F, selon l'option choisie.

En cas de décès accidentel, la personne de votre choix reçoit, selon l'option choisie, un capital de 100 000 F à 500 000 F totalement exonéré de droits de succession.

Un capital multiplié par 3 en cas d'accident de la circulation : jusqu'à 1 500 000 F.

Les accidents de la circulation constituent un risque majeur. En pareil cas, *Norwich Protection Accident* apporte aux vôtres une protection renforcée : le capital est alors multiplié par 3.

Une cotisation de quelques francs par jour.

Fixée une fois pour toutes, lors de votre souscription, elle n'augmentera pas quels que soient votre âge et votre état de santé.

Une protection pour la vie entière.

Vous seul pouvez mettre fin au contrat sans avoir à fournir la moindre explication.

200 F par jour d'indemnités dès le premier jour d'hospitalisation.

En cas d'hospitalisation consécutive à un accident, *Norwich Protection Accident* vous verse 200 F d'indemnités par jour et ceci pendant 2 ans si nécessaire.

Une véritable assistance complète en cas de décès ou d'hospitalisation.

Norwich Protection Accident vous offre un service d'assistance efficace et complet (assistance téléphonique, rapatriement sanitaire...).

**40 000 F de protection
à nos frais pendant un mois
si vous répondez avant le
31 mars 1994.**



NORWICH UNION

NORWICH UNION FIRE
INSURANCE SOCIETY LIMITED -
RCS Paris B 775 750 540. Entreprise
privée régie par le Code des Assurances.
Siège pour la France : 36, rue
de Châteaudun - 75441 PARIS Cedex 09.

GESA ASSISTANCE - Compagnie
Internationale d'Assurances et de
Réassurances. Entreprise régie par le
Code des Assurances.
18/24, rue Troyon - 92310 SEVRES.

Numéro Vert 05 05 36 36
APPEL GRATUIT

DEMANDE DE DOCUMENTATION sans engagement

*A retourner sous enveloppe non affranchie à :
NORWICH UNION - Libre réponse n°043 - 60648 CHANTILLY Cedex.*

OUI, je désire recevoir le dossier d'information sur *Norwich Protection Accident*. Je pourrai l'examiner pendant 30 jours sans engagement de ma part.

M. Mme Mlle Nom _____

Prénom _____ Né (e) le **19**

Adresse : N° _____ Rue _____

_____ tél.

Code Postal Ville _____

Si votre conjoint (e) souhaite également souscrire :

M. Mme Mlle Nom _____

Prénom _____ Né (e) le **19**

Conformément à la loi Informatique et Liberté du 06.01.78, je dispose d'un droit d'accès et de rectification pour toute information me concernant sur votre fichier Clientèle.

suite de la page 12

Lumière électrique et maux de tête

«Je viens de lire la deuxième partie de l'article "La lumière électrique". Et, à propos de lumière, j'ai deux interrogations à vous soumettre», écrit M. A.S., de Berne, en Suisse. «La première : ma femme se plaint très souvent de ce que les néons au-dessus de sa tête, au travail ou ailleurs, ainsi que les lampes économiques [ici un nom de marque] lui vaillent des maux de tête. Peut-on expliquer ce phénomène ? Est-il dû à un type de rayonnement ?»

Oui, les tubes électroluminescents au néon papillotent imperceptiblement et contraignent donc les yeux à un effort particulier. Cet effort est susceptible de déclencher des maux de tête chez des personnes sensibles. Nous ne connaissons pas les "lampes économiques" en cause et ne pouvons donc nous prononcer à leur sujet.

«Deuxième observation : dans mon salon, où j'ai également mis des lampes économiques X, lors de l'allumage de ces dernières, l'amplificateur de ma chaîne stéréo s'arrête.

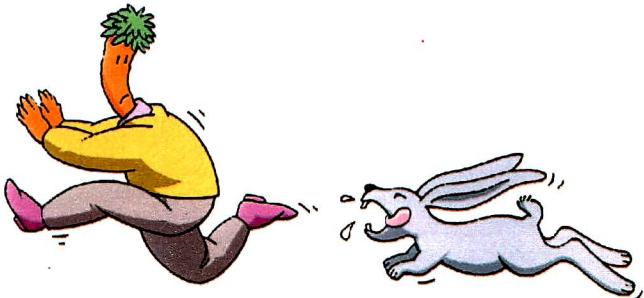
«Pour éviter cet inconvénient, j'ai collé un bout de papier sur la cellule infrarouge de mon ampli. Est-ce que l'allumage de mes lampes produit un rayonnement infrarouge ?»

Si ce sont des ampoules à filaments, elles produisent, en effet, des infrarouges.

Les avatars du bêta-carotène

Un lecteur inquiet nous écrit : «A la lecture de votre très intéressant article intitulé "Vitamines : la nouvelle médecine" et paru dans votre n° 916, une question m'est venue. Vous dites : "Et l'excès de β-carotène n'est pas toxique : il s'accumule dans les cellules adipeuses et celles de la peau sans autre effet que de donner un joli teint de pêche" ; et vous précisez à la fin de l'article que "l'excès s'élimine dans les fèces". Or, on m'a enseigné (à l'Ecole vétérinaire de Toulouse) que le β-carotène était en grande partie transformée en rétinal puis en rétinol (vitamine A) au niveau de la muqueuse intestinale : une molécule de β-carotène donnant une molécule de vitamine A. Seule une très faible partie ne serait pas transformée.

«Alors, je me demande si, même si vous écrivez qu'"au-delà de l'apport nécessaire, le



taux de conversion baisse", une supplémentation orale et journalière de β-carotène (notamment à 6 µg par jour dans le programme Suvimax, soit dix fois le besoin journalier et pendant huit ans) ne risque pas d'entraîner une hypervitaminose A (dont vous avez très bien décrit les conséquences aiguës et chroniques).»

Rassurons ce lecteur. Dans une étude réalisée chez des volontaires recevant 180 mg de β-carotène par jour (100 g de carottes cuites en apportent 10 mg) pendant dix semaines, aucun signe d'hypervitaminose A ne fut noté. Aucun effet secondaire toxique non plus pour des consommations de l'ordre de 120 fois les apports habituels pendant plus de quinze ans... Cela s'explique. La molécule de β-carotène est bien transformée dans la cellule intestinale en rétinal (directement ou par l'intermédiaire d'apocaroténal, selon les

écoles) puis en rétinol ou vitamine A. Mais cette conversion est régulée par des enzymes qui, au-delà d'une certaine quantité de β-carotène, sont saturées. Ainsi, plus on mange de β-carotène, moins on le transforme en vitamine A ; d'où l'introduction récente de trois rapports d'équivalence. Le classique "6 µg de β-carotène ingéré pour 1 µg de vitamine A formé" ne serait valable que pour une consommation de 1 à 4 mg de β-carotène par jour ; en deçà, le rapport est de 4 à 1, au-delà, il est de 10 à 1 (source FAO).

Le β-carotène absorbé par la cellule intestinale (de 10 à 50 % du β-carotène ingéré, le reste se retrouvant, comme nous l'écrivions, dans les fèces) et non transformé en vitamine A passe inchangé dans la lymphe puis le sang et est stocké dans les cellules adipeuses (55 %), le foie (37 %) et autres tissus (alors que la vitamine A n'est stockée que dans le foie). Il est également excrété par les glandes sudorales et sébacées. D'où la peau orangée des bébés nourris à la purée de carottes (l'hypercaroténémie s'observe pour des consommations de 30 mg de β-carotène par jour). On connaît peu de choses sur l'absorption et la transformation du β-carotène. Pascal Grolier, de l'unité de nutrition et sécurité alimentaire de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique), lauréat du prix 1993 du centre d'étude et d'information sur les vitamines, étudie ces aspects... ■

Et revoilà ce bon an 2000 !

Nous n'en avions pas entendu parler depuis quelque temps, mais c'est un lecteur de Monceau-sur-Sambre, M. J.J.P., qui le rappelle à notre bon souvenir ; il nous adresse, en effet, un texte déconcertant dans lequel un fabricant écrit : «Nous redisons que le xx^e siècle a commencé en l'an 1900 + 1 seconde, et qu'il se termine bien le 31 décembre 1999 à 24 h. La seconde qui suit est bien la première seconde du xx^r siècle.» Que ferait donc ce commerçant si on ne lui donnait que 99 F pour chaque billet de 100 F ?»

Une fois pour toutes, l'an 2000 sera la dernière année du xx^e siècle, et c'est le 31 décembre de cette année-là, à minuit passé d'une seconde, qu'on pourra lever son verre au siècle suivant. On peut en croire le Bureau des longitudes et non, à cet égard, le musée Georges-Pompidou, qui a commis la même erreur que notre fabricant.

Vivez en intelligence avec le monde.

Abonnez-vous à
SCIENCE & VIE

pour
seulement

60 centimes
par jour*



220 F divisés par 365 jours



BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner sous pli affranchi avec votre règlement à SCIENCE & VIE 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15

OUI

je m'abonne dès aujourd'hui
à **SCIENCE & VIE** et je
choisis la formule suivante

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

1 AN couplé / 12 N° + 4 hors série: **295 F seulement**
au lieu de 364 F*.

2 ANS simples / 24 N° : **440 F seulement**
au lieu de 528 F*.

Cochez SVP *Prix normal de vente des magazines chez votre marchand de journaux

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.

OFFRES VALABLES JUSQU'A FIN 1994, ET RESERVEES A LA FRANCE METROPOLITAINE.ETRANGER: NOUS CONSULTER Tel (33-1) 46 48 48 48

Vous pouvez aussi vous abonner par Minitel en tapant 3615 ABON

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____

Ville _____

Je choisis de régler par :

chèque bancaire ou postal à l'ordre de **SCIENCE & VIE**

carte bancaire

N° _____

expire le mois _____ année 19 _____

Date et Signature obligatoires

**L'Europe
est riche.
Riche de
40 millions
de pauvres.**

**Mes amis, réveillez-vous. Assez d'indifférence.
C'est la guerre.**

En Europe 40 millions de personnes vivent en dessous du seuil de pauvreté. Dans les banlieues, des générations de jeunes sont laissées à l'abandon, sans projet, sans avenir.

Faut-il attendre des catastrophes bien visibles, bien filmées pour se mobiliser?

Ce cri s'adresse à chacun d'entre nous, et surtout à vous les jeunes.

Ensemble, écrasons la misère. Elle agresse la planète entière. A nous de la vaincre.

Faites ce que vous voudrez, mais faites-le.

**Soutenez le combat de l'abbé Pierre. Ecrivez.
B.P. 1954, 99 599 Paris. Postréponse.**

**POUR LE COMBAT
DE L'ABBÉ PIERRE**



Sous l'égide d'Emmaüs International.

échos de LA RECHERCHE

Archéologie

Un témoignage unique d'une vieille guerre d'Israël

Le monde archéologique attend avec curiosité la communication des inscriptions tracées sur une stèle trouvée l'an passé à la frontière israélo-libanaise. C'est, en effet, la première stèle royale connue avec un texte qui ne soit pas de caractère biblique ; il apportera un témoignage exceptionnel sur l'histoire ancienne de la Palestine. Son découvreur, le Pr Avram Biram, refuse pour le moment de communiquer une photo de la stèle et la teneur des inscriptions.

Le vestige date du IX^e siècle

avant notre ère. La stèle entière dut mesurer environ 1 m avant d'être cassée ; le fragment retrouvé comporte treize lignes tronquées, dont on sait seulement qu'elles célèbrent la victoire du roi de Damas contre le roi d'Israël.

Le royaume d'Israël d'alors ne correspond pas au territoire actuel du pays (c'est le royaume de Judée, identifié à la maison de David, qui préfigure l'Etat d'Israël actuel), mais à un royaume dissident fondé en Samarie par une dizaine de tribus qu'on déclara plus tard, et

un peu laconiquement, "perdues".

Attaqué donc par son voisin le roi d'Israël, Baasa, Asa, roi de Judée, appela à sa rescousse le roi d'Aram, Ben Hadad, qui siégeait à Damas. Les armées de Ben Hadad défirerent celles des "tribus perdues", sauvant ainsi le royaume de Judée. Il s'agissait donc d'une guerre fratricide, et la teneur des inscriptions de la stèle permettrait de mieux comprendre l'éénigme des fameuses "tribus perdues", que certains crurent parties aux confins du monde connu et même... aux Amériques !

Astronomie

Hubble perce enfin

Les responsables de la mission de réparation du télescope spatial *Hubble* n'ont pas eu de mot assez fort pour qualifier le succès total de l'opération menée en décembre dernier.

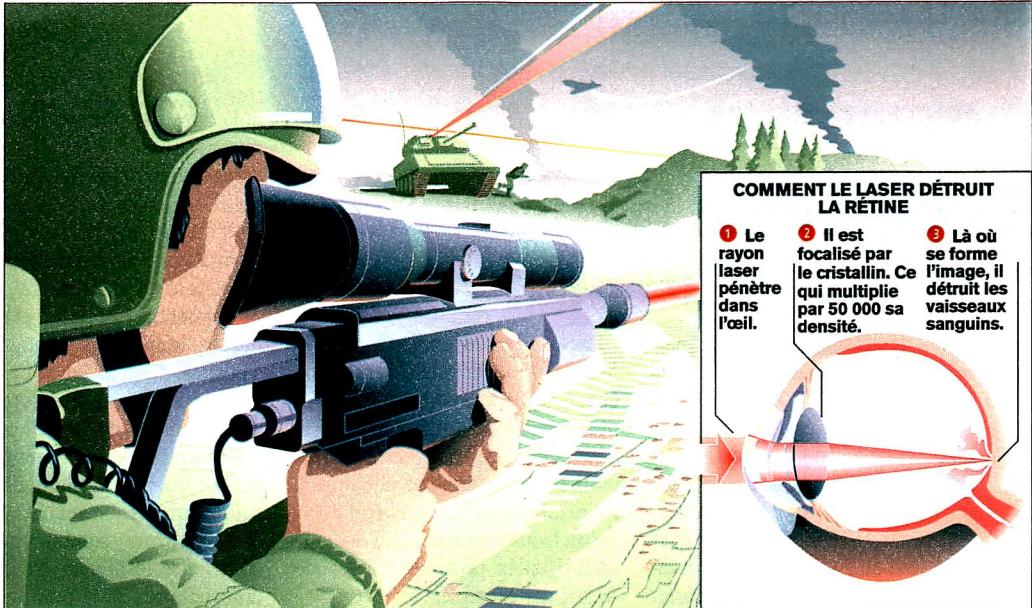
Pour preuve : en grande hâte, ils ont pointé la nouvelle caméra à grand champ sur la galaxie spirale M 100. Les étoiles s'allument individuellement (en attendant que certaines explosent en supernovae...), et les plus faibles font leur entrée dans le catalogue des conquêtes de l'astronomie. Une manière surtout de déterminer leur âge, leur composition et ainsi de retracer la naissance et l'évolution de la galaxie. Chose promise, chose due : on attend avec impatience les images les plus lointaines de l'Univers (et de son origine).

J.-F.R.

Le mystère des vétérans de la guerre du Golfe

● Quelque 8 000 soldats américains ayant combattu dans la guerre du Golfe continuent de souffrir de pertes de mémoire, d'éruptions et de problèmes cardiaques. Des enquêtes tchèques, dont les conclusions sont admises par le Pentagone, rapportent qu'il y avait bien, sur les sites militaires occupés par le détachement tchèque, du gaz moutarde et un toxique nerveux, le sarin. Toutefois, on ne comprend pas pourquoi les soldats américains auraient été affectés par ces toxiques, alors que leurs positions étaient éloignées de celles des Tchèques et que, de surcroît, le vent soufflait dans le sens opposé c'est-à-dire portait ces gaz vers l'Irak.





Avec une autonomie de 2 000 tirs, le fusil à laser devient l'arme la plus dangereuse sur le terrain.

Armes

Le fusil qui rend aveugle

Plusieurs bureaux d'études militaires de pays membres de l'OTAN mettent actuellement au point un fusil à laser dont le seul effet est d'aveugler les troupes ennemis. Cela permet de neutraliser des troupes à bon compte, le rayon laser coûtant apparemment moins cher que des munitions. Le fusil en question, dont le nom de code est Stingray ou Outrider, permet également d'aveugler les systèmes optiques et les télémètres des adversaires.

Ce n'est pas là une arme futuriste, elle est déjà opérationnelle. On pense même que la Royal Navy s'en est servie durant la guerre des

Malouines et que c'est grâce à un fusil ou à un canon de ce genre que trois avions argentins furent alors abattus. La démonstration du nouveau modèle en a été faite récemment à la Royal Navy par une délégation américaine.

Un rapport de 370 pages a été rédigé, à la demande du Comité international de la Croix-Rouge, par le Pr Myron Wohlbarst, ophtalmologue, de l'université Duke, aux Etats-Unis. L'organisation humanitaire demande que cette arme soit mise au ban, parce qu'elle rend les humains définitivement aveugles (voir dessin ci-dessus).

Croix-Rouge craint aussi que cette arme finisse par servir aux terroristes et aux criminels banals. En effet, l'armée américaine en a dérivé des armes de poing, appelées Cobra et Dazer, spécifiquement destinées à aveugler les humains.

Bien entendu, personne n'est au courant de ces armes : selon notre confrère britannique *The Sunday Times* (1), le directeur des programmes pour les défenses non létales au Los Alamos National Laboratory, aux Etats-Unis, John Alexander, assure que les principes éthiques de la plupart des nations occidentales civilisées rejettent une telle arme, et un responsable du ministère britannique de la Défense a, lui aussi, assuré que son pays ne projetait pas d'acheter de telles armes ; ce qui est reconnaître implicitement qu'il en a connaissance et, donc, qu'elles existent.

Tout le monde n'est en tout cas pas dupe de ces démentis ; témoin le général Bengt Anderberg, chef de la planification et du budget de la Défense suédoise, qui a publié un livre sur les armes qui aveuglent.

300 F le flacon de "parfum sexuel"

● Commercialisation en Grande-Bretagne d'un parfum qui serait à base d'une cinquantaine de phéromones humaines qu'un chercheur, le Dr Georges Dodd, prétend avoir trouvées dans la sueur humaine. 300 F les 15 ml de "Pheromone Factor". L'ennui est que personne n'a trouvé chez les humains de phéromones, ces hormones qui agissent sur le système olfactif des animaux.

(1) 9 janvier 1994.

Enseignement

Où sont donc les meilleures écoles du monde ?

Les deux tableaux que voici parlent d'eux-mêmes. Etablis à l'aide du dernier rapport (1) de l'OCDE (l'Organisation de coopération et de développement économiques), ils montrent que, pour l'enseignement, en matière d'investissements, la France est nettement devancée en Europe par la Norvège, la Suède, la Hongrie, le Danemark et la Finlande, avec une part qui, investissements privés compris, représente 6 % du PIB, alors que ces pays dépensent tous un pourcentage plus élevé en investissements publics seuls.

La Suisse est cependant le pays du monde qui dépense le plus pour son enseignement, avec 16 % des dépenses publiques totales, contre 9 % pour la France (distinguons à cet effet le PIB des dépenses publiques). Le résultat en est évident : c'est là qu'on trouve les meilleurs niveaux scientifiques pour les élèves de 13 ans, par exemple.

Contrairement à ce qu'on eût pu croire, le Japon et l'ex-RFA dépendent moins que nous (5 % pour le premier, investissements privés compris, 5,50 % pour la seconde). Mais, paradoxe, le Japon est le pays

qui compte le plus de diplômés de sexe masculin.

Incidentement, ce sont la Norvège et le Canada qui comptent le plus de diplômés de sexe féminin.

Un des intérêts particuliers du rapport de l'OCDE est de révéler qu'en matière de science et de techniques, le meilleur enseignement (mesuré d'après les taux de diplômes décernés) est offert par les établissements de l'ancienne Tchécoslovaquie : proportionnellement près de quatre fois plus de bons résultats que pour les Etats-Unis. Résultat que semble pourtant contredire le niveau d'éducation universitaire : 36 % pour les Etats-Unis et 10 % seulement pour l'ancienne Tchécoslovaquie.

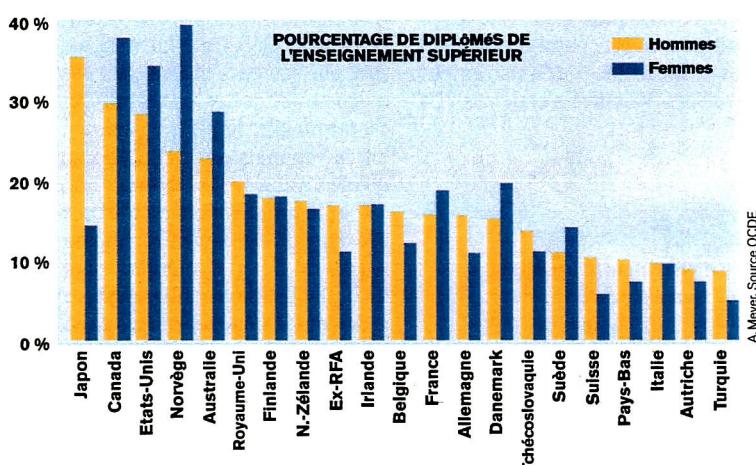
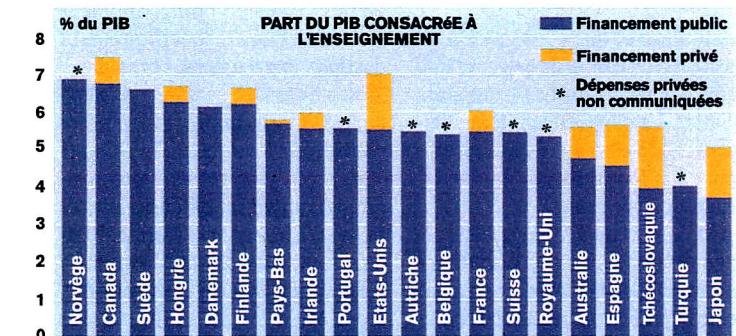
Relevons aussi qu'en matière de performances en sciences la France occupe la 5^e place. Ne nous décernons pas trop vite de satisfaction, mais relevons toutefois qu'en matière d'apprentissage de la lecture, la France détient cette fois la première place.

(1) "Regards sur l'éducation", OCDE 1993.

Hamburgers tueurs et jus de fruits cancérogènes

● 500 empoisonnements et 4 morts, aux Etats-Unis, par des hamburgers contenant des bactéries

Escherichia coli. La nouvelle a effrayé l'opinion. Rappelons que ces hamburgers auraient été inoffensifs si on les avait fait bien cuire. Plus alarmante est l'information d'un chercheur de l'université Cornell selon laquelle les jus de fruits conditionnés peuvent contenir des moisissures indécelables au goût, mais qui, à la longue, seraient cancérogènes.



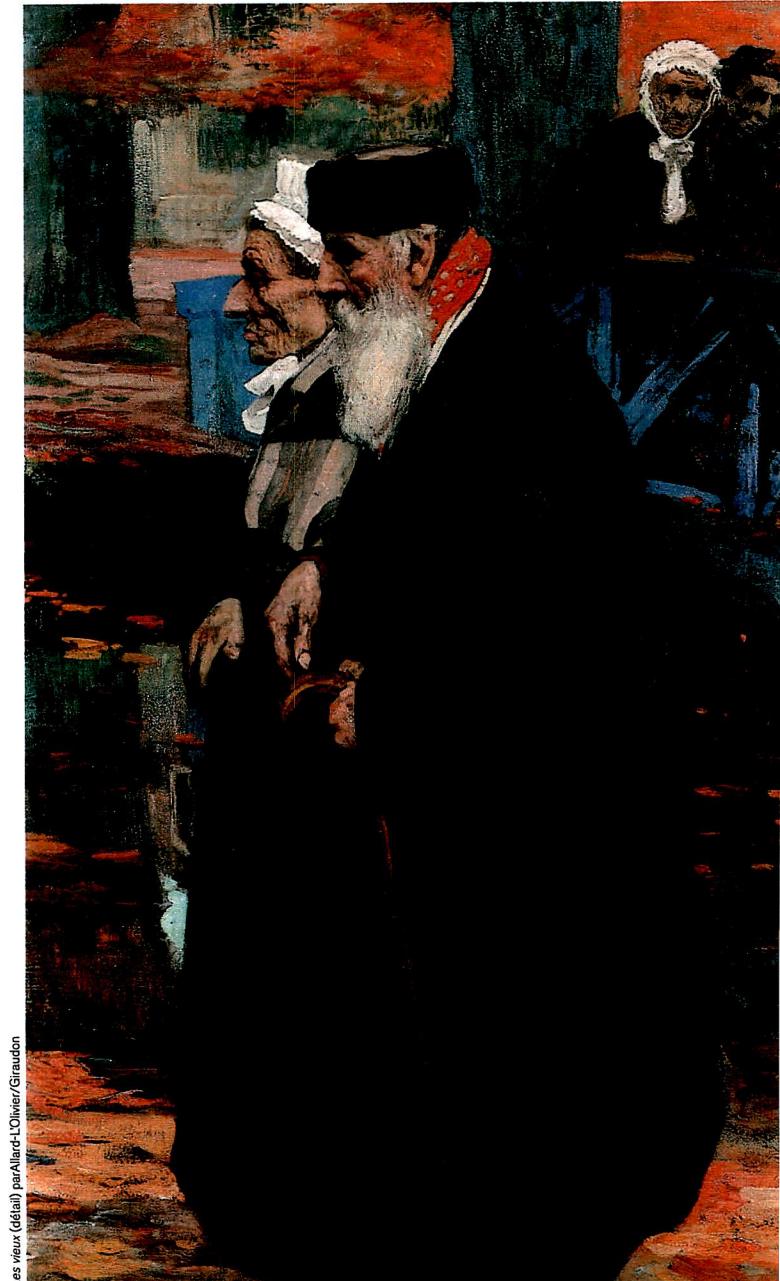
Génétique

Les gènes du centenaire existent bien

Deux gènes de la longévité ont été retrouvés chez 300 centenaires. Ils se présentent chez eux avec une fréquence particulière⁽¹⁾. Découverts par le Pr Daniel Cohen et son équipe, ce sont un allèle du gène de l'apoprotéine E, dit epsilon 2, sur le chromosome 19, et un gène codant pour l'enzyme de conversion de l'angiotensine 1, qui joue un rôle dans la régulation de la tension artérielle et qui avait été jusqu'alors, paradoxalement, soupçonné d'implication dans l'infarctus du myocarde, puisqu'il provoque une vasoconstriction intense. Pour mémoire, les apoprotéines sont des complexes de graisses et de protéines qu'on trouve dans le sang et qui se caractérisent par des densités différentes.

Cette découverte n'annonce pas de bénéfices médicaux dans un avenir prévisible. Elle éclaire, en effet, des mécanismes biologiques d'une complexité redoutable, mal connus ou inconnus jusqu'ici. On est, en effet, contraint de se demander pourquoi le second gène protégerait les centenaires et s'il n'exercerait cette action protectrice qu'à un âge avancé de la vie, alors qu'il serait nocif à un autre. On peut aussi se demander s'il n'agirait pas de concert avec le premier, en raison de son action sur le taux de cholestérol sanguin. Enfin, il faut chercher à savoir si ce gène n'augmenterait pas par tranche d'âge.

La découverte de ces deux gènes



Vivre un siècle : affaire de gènes autant que d'hygiène.

ne signifie pas qu'ils soient les seuls ; on a de bonnes raisons de penser qu'il y en a d'autres et même beaucoup d'autres. Elle ne signifie pas non plus forcément que la présence de ces gènes suf-

fise à expliquer la longévité ; on a, en effet, relevé que les centenaires se distinguent aussi par l'absence de gènes de prédisposition aux maladies (voir notre article p. 74).

(1) F. Schachter, L. Faure, F. Guénot, D. Cohen, "Association de deux gènes avec la longévité", *Nature Genetics*, 1^{er} janvier 1994.

Aspirine merveilleuse

● Bienfaits préventifs et curatifs confirmés de l'aspirine pour les maladies cardiovasculaires. En plus, elle stimule la prise des greffes vasculaires comme les pontages.



G. Delaye

Le baiser de Mercure

● Les seules prévisions certaines concernent... l'astronomie. Nous vous avions annoncé dans notre numéro de juin 1993 (p. 148) le passage de la planète Mercure devant le Soleil. Le 6 novembre dernier, le rendez-vous (invisible en France métropolitaine) a été parfaitement honoré. Depuis la Réunion, le spectacle de Mercure frôlant la région sud-est de notre étoile (photo ci-dessus) a duré 1 h 40 min. Pour ceux qui ont des regrets, prochain rendez-vous le 15 novembre 1999.

Médecine

Sida : les chanceux de l'HLA

Exercer "le plus vieux métier du monde", comme on dit courtoisement, dans un pays où le sida est endémique, c'est courtiser la mort. Les chances d'en réchapper sont nulles.

Et pourtant, 25 prostituées de Nairobi, sur 1 700 qui sont suivies depuis huit ans par une équipe de médecins canado-kényans, n'ont pas le sida. Elles font partie de ces chanceux sur lesquels nous avons déjà attiré l'attention dans ces colonnes (voir *Science & Vie* n° 912, p. 18). Ces cas, hélas rares, détiennent en effet l'une des clés de la lutte contre la maladie.

Une hirondelle ne fait certes pas le printemps, mais une autre étude, signée de huit chercheurs, dont le Pr Luc Montagnier (1), a montré que des individus séronégatifs peuvent présenter dans leurs urines des anticorps contre le sida. Cela signifie qu'ils ont bien été en contact avec le virus, mais que celui-ci n'a pas infecté leur sérum.

L'hypothèse qui se fait jour est que cette chance dépend du groupe HLA auquel appartient ces séronégatifs éternels. Pour simplifier les notions, disons que le groupe HLA est constitué de molécules spécifiques à chaque individu, qui se trouvent à la surface de toutes ses cellules. Ces molécules, dites marqueurs, permettent au système immunitaire de reconnaître lesquelles des cellules qu'il rencontre sont celles de l'organisme et lesquelles ne le sont pas et qu'il doit détruire.

C'est ainsi que, lorsqu'une personne est infectée, le virus qui s'est répliqué à l'intérieur d'une cellule reprend sur son enveloppe une partie de la membrane de la cellule et donc des marqueurs HLA qui lui permettent d'échapper à

l'agression du système immunitaire. Il semble que certains types HLA ne se prêtent pas à cette stratégie du virus, pour des raisons qui restent à découvrir. Ou bien le virus n'accroche pas les marqueurs, ou bien les marqueurs qu'il accroche ne parviennent pas à duper le système immunitaire qui détruit quand même l'intrus.

Selon les Canadiens, les marqueurs seraient des allèles de classe 1 A 69, B 18 et B 70. Selon le Pr Marc Girard, de l'Institut Pasteur (2), il n'y a pas d'information qui prouve que ce soient ces allèles qui garantissent contre l'infection. Mais il se trouve que les marqueurs de la classe 1 ont une fonction intéressante et qui "colle" particulièrement bien aux hypothèses canadiennes : celle de s'associer avec les antigènes viraux à la surface des cellules infectées par un virus ; une fois ces antigènes mis en évidence et "ligotés" par leur association avec les marqueurs, ils sont désignés comme cibles aux lymphocytes T cytotoxiques.

Tout se passerait comme si le virus ne parvenait jamais à quitter la cellule qu'il a infectée, ou bien ne parvenait même pas à y entrer. Toujours est-il que cette piste semble en être une de plus vers un vaccin.

(1) "HIV-1 Antibody Serum Negativity With Urine Positivity", *The Lancet*, 11 décembre 1993.

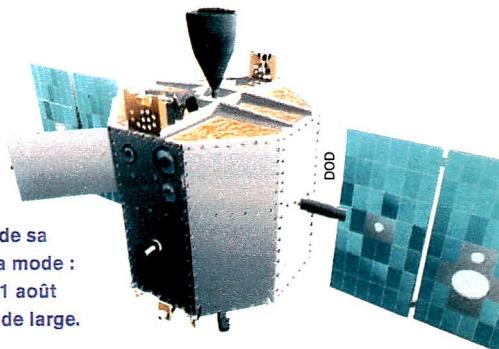
(2) *Le Quotidien du médecin*, 2 novembre 1993.

Des dangers d'être gaucher [2]

● Nouvel ouvrage sur la latéralité et les dangers d'être gaucher : neuf ans de différence dans la longévité pour les joueurs de base-ball.

Retour à la Lune

On l'avait un peu oublié, la Lune reste encore sur bien des points une planète à découvrir. Le 25 janvier dernier, la NASA lui a envoyé une nouvelle sonde, baptisée *Clementine*. Vingt-cinq ans après sa conquête pédestre, de nombreux mystères demeurent (dont celui de son origine et de son volcanisme). Au programme : une étude détaillée et complète de la composition de sa surface. Aujourd'hui, les rencontres avec des astéroïdes sont à la mode : *Clementine* quittera donc l'orbite lunaire en mai pour visiter le 31 août *Géographos*, une pierre errante de 3 à 4 km de long pour 1,5 km de large.



Chimie

L'eau, cette inconnue

« Notre compréhension des forces microscopiques qui régissent la structure de l'eau reste incomplète », souligne un groupe de scientifiques italiens et britanniques qui viennent pourtant d'apporter un nouvel élément au puzzle (1). Dans une expérience réalisée au Rutherford Appleton Laboratory (Angleterre), ces chercheurs ont réalisé, par diffraction de neutrons, une véritable « radiographie » de l'eau dans l'état supercritique, c'est-à-dire dans un régime où il n'y a plus de distinction entre état liquide et vapeur. Leur but : savoir si les différents modèles actuels de l'eau sont capables d'en décrire les propriétés à des températures de 300 °C et 400 °C.

La diffraction de neutrons révèle à quelles distances moyennes les atomes d'hydrogène (H) et d'oxygène (O) se situent les uns des autres. Dans l'état supercritique, la

comme à température ambiante, la structure de la molécule H₂O elle-même reste pratiquement inchangée (avec des distances moyennes O-H et H-H respectivement de l'ordre de 1 et 1,55 angström). En revanche, la disposition relative des molécules évolue de façon inattendue. À température ambiante, en effet, le trait dominant qui la caractérise est l'existence d'une liaison chimique entre l'oxygène et l'un des atomes d'hydrogène de deux molécules voisines. Cette « liaison hydrogène », comme on l'appelle, maintient les deux atomes en question à une distance moyenne de 1,9 angström. Autrement dit, cette distance est une véritable « signature expérimentale » de la liaison. Or, à 300 °C et 400 °C, la diffraction de neutron montre que cette signature disparaît complètement, alors que l'agitation thermique des molécules d'eau est en principe largement insuffisante pour « casser » une telle liaison hydrogène.

Plus généralement, aucun modèle ne permet de reproduire avec exactitude l'évolution en fonction de la température des différentes distances interatomiques. Ce qui confirme la toute première phrase de l'article où les chercheurs décrivent leurs résultats : « L'eau, ce milieu dans lequel la vie a commencé et s'est développée, est par bien des côtés le plus inhabituel des fluides. »

Décryptage du génome (suite)

Une équipe française vient de publier la cartographie quasi complète du génome humain. Jean Weissenbach, Daniel Cohen et Ilya Chumakov, du laboratoire Génethon, à Ivry, et du Centre d'étude du polymorphisme humain (CEPH), à Paris, ont jalonné ce génome, contenant quelque 100 000 gènes caractérisant l'espèce humaine, de marqueurs qui aident à repérer la position des gènes dans l'arrangement qui forme les chromosomes.

Le Dr Cohen compare le résultat de ce travail à une carte rudimentaire que Christophe Colomb aurait

pu utiliser pour atteindre le Nouveau Monde. Au fur et à mesure du placement de nouveaux jalons et de l'identification de gènes encore inconnus, elle deviendra de plus en plus précise et facilitera l'identification de gènes associés à des maladies. Des travaux financés en grande partie par l'Association française contre les myopathies (AFM) et donc par le public qui contribue au Téléthon.

A.D.

(1) "A First Generation Physical Map of the Human Genome", *Nature*, 16 décembre 1993, et Comptes rendus de l'Académie des Sciences du 16 décembre 1993.

(1) P. Postorino et collaborateurs, *Nature*, vol.366, p. 668, 1993.

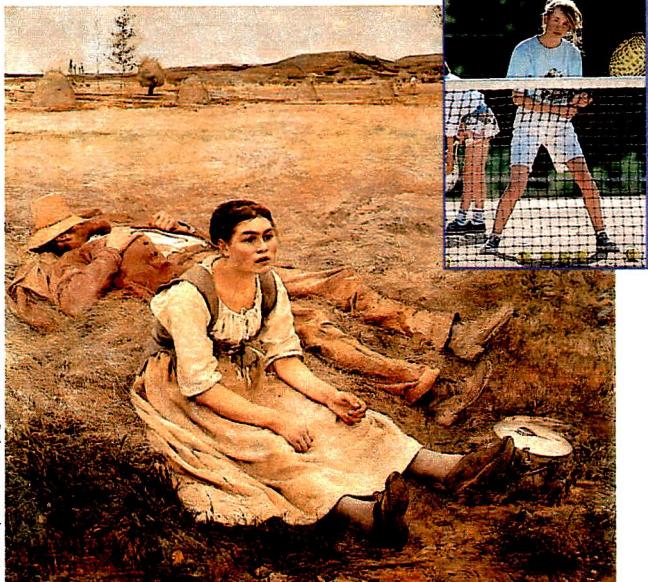
Le ménarche remonte après être descendu

Le ménarche, c'est-à-dire l'âge des premières règles, se situait à 16,5 ans en 1840 ; il est actuellement de 12,8 ans. Une enquête en cours indique que cet âge tend actuellement à remonter dans beaucoup de pays industriels. Pourquoi ?

Il faut savoir que l'âge du ménarche est descendu régulièrement (de 3-4 mois par décennie) grâce à l'amélioration de l'hygiène et de l'alimentation. Cet âge est lié à la taille et au poids : aux Etats-Unis, par exemple, il correspond en moyenne à un poids de 47,8 kg pour une taille de 158,55 cm.

L'importance du poids est évidente : les tissus adipeux représentent une source essentielle d'oestrogènes et leur taux en conditionne le métabolisme et la nature. C'est ainsi que, chez les femmes maigres, il y a

Les Foin, par Bastien Lepage/Lauros Giraudon



Gaillard/American

Des images qui parlent d'elles-mêmes : hier et aujourd'hui.

accroissement d'une forme spécifique des oestrogènes, qui est relativement inactive, rappelle notre confrère *The Lancet* (1).

Depuis plusieurs années, donc, on observe un retard dans l'âge du ménarche. Or, l'hygiène n'a pas varié. En revanche, l'alimentation et le mode de vie ont, eux, changé, les jeunes filles se soucient beaucoup

plus de minceur et de "forme", c'est-à-dire pratiquent nettement plus de sport, ce qui a réduit leurs réserves adipeuses. Il semblerait qu'il faille ne pas s'en alarmer. Médicalement, on a relevé qu'un ménarche précoce semble être en corrélation avec un risque plus élevé de cancer du sein. Et, en sexologie, certains trouveront préférable que l'âge de la puberté ne soit pas trop précoce...

(1) "Menarche When and Why?", 4 décembre 1993.

Le revolver à gènes est né

Une des armes les plus inattendues est déjà en cours d'utilisation : c'est le revolver à gènes. Les petites balles qu'il tire sont enduites de gènes de résistance à tel ou tel nuisible ou parasite et, sous la force de l'impact, pénètrent dans les plantes et les rendent donc résistantes. On mitraille les champs et on traite ainsi les cultures.

Mais la société qui fabrique ce revolver, Agracetus Inc., de Middleton, Wisconsin, vient de déposer le brevet d'un revolver similaire qui

servirait à injecter dans des êtres vivants, humains entre autres, des gènes de résistance à telle ou telle maladie (le répertoire des maladies sensibles à la thérapie génique commence à s'allonger). Les gènes seraient fixés chimiquement sur de minuscules balles d'or, lesquelles seraient tirées le plus directement possible sur les tissus visés, muscles, foie, estomac, poumons, etc. et pénétreraient d'autant plus profondément que leur vitesse serait grande. C'est de la thérapie génique

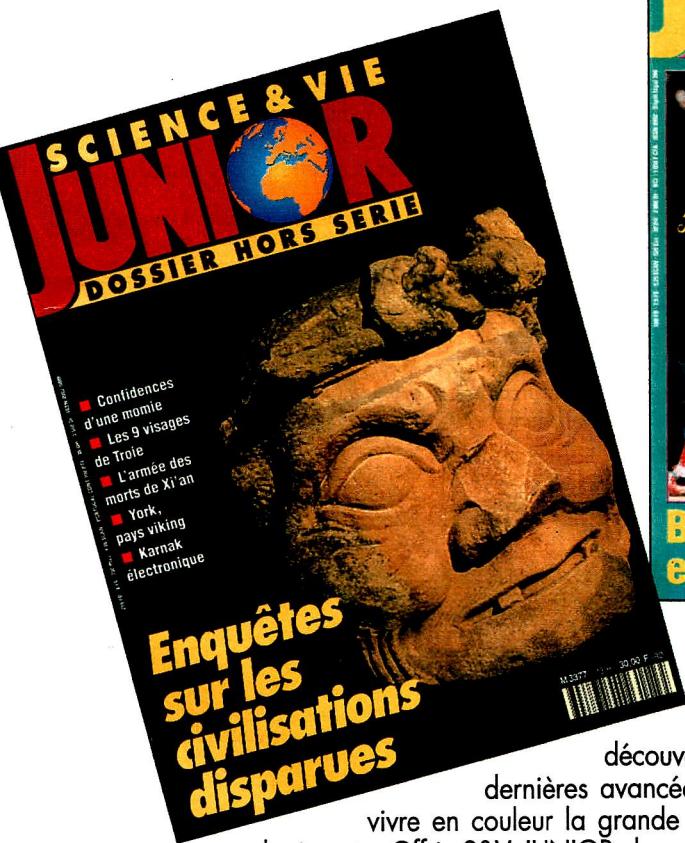
rapide, si l'on peut dire, car elle dispense de l'hospitalisation. Les essais cliniques sont prévus pour 1995.

Ce sera donc la seule circonstance où un malade ira de son plein gré se faire revolvriser. Il faut toutefois souhaiter que l'utilisation de ce genre d'armes soit sévèrement réglementée, car on peut aussi imaginer des terroristes mitraillant des populations avec des gènes indésirables. Par exemple, celui de la bioluminescence, qui rendrait les gens phosphorescents... ■

Ont collaboré à cette rubrique : Alexandre Dorozynski, Jean-François Robredo et Daniel Tarnowski.

ABONNEZ VOTRE ENFANT A JUNIOR

ECONOMISEZ
JUSQU'A 52 F.



Vous avez un "junior" ? Alors, vous devez connaître SCIENCE & VIE JUNIOR, le magazine de toutes les découvertes. Son ambition: expliquer aux enfants les dernières avancées des sciences et des techniques, leur faire vivre en couleur la grande aventure scientifique et ses exploits les plus ahurissants. Offrir S&V JUNIOR chaque mois, c'est une façon intelligente de faire plaisir. Pour aller plus loin, S&V JUNIOR publie des DOSSIERS HORS SERIE trimestriels qui approfondissent un grand sujet.

BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner avec votre règlement à SCIENCE & VIE JUNIOR 1, rue du Colonel Pierre Avia 75 503 PARIS CEDEX 15

OUI

je souscris un abonnement d'un an à

SCIENCE & VIE JUNIOR (11 numéros)

223 F seulement au lieu de 245 F*

OUI

je souscris un abonnement d'un an à

SCIENCE & VIE JUNIOR (11 numéros + 4

HORS SERIE) 313 F seulement au lieu de 365 F*

* Prix de vente en kiosque

. Ci-joint mon règlement par chèque à l'ordre de SCIENCE & VIE JUNIOR-BRED

NOM _____

PRENOM _____

ADRESSE _____

CODE POSTAL _____ VILLE _____

DATE DE NAISSANCE DE L'ENFANT _____

VOUS POUVEZ AUSSI VOUS ABONNER SUR MINITEL EN TAPANT 3615 ABON

En application de l'article L.27 du 06/01/78, les informations demandées dans votre bon de commande sont nécessaires au traitement de ladite commande. Les catégories de destinataires sont uniquement celles liées à l'exécution du contrat et aux services associés du Groupe. Vous pourrez accéder aux informations et procéder éventuellement aux rectifications nécessaires.

OFFRES VALABLES JUSQU'À FIN 1993, ET RESERVÉES À LA FRANCE METROPOLITAINE RC PARIS B 572 134 773

échos de L'ENVIRONNEMENT

Océanographie

La biodiversité touche le fond des océans

Au-delà de 2 000 m de profondeur, le paysage et la faune des abysses semblaient jusqu'ici uniformes aux quatre coins de la planète. Mais l'équipe de Mickael A. Rex, de l'université du Massachusetts, bouleverse cet *a priori* par l'étude de la biodiversité des sédiments sous-marins (entre 500 et 4 000 m de profondeur) (1).

Dans les 97 échantillons prélevés dans l'Atlantique Nord et la mer Norvégienne, les chercheurs ont collecté près de 200 000 invertébrés (isopodes, gastéropodes, bivalves). Résultat : la richesse et la diversité des espèces diminuent en fonction de la latitude (de l'Équateur vers les pôles). Ce schéma est donc à l'image de celui observé pour la faune et la

flore terrestres et celles des eaux superficielles des océans.

Première hypothèse, selon Michael A. Rex, «le moteur de cette hétérogénéité repose sur la dynamique du flux de nourriture produit par les couches superficielles de l'océan». Au départ de la chaîne alimentaire se trouve le phytoplancton qui est englouti par le zooplancton, lui-même croqué par les poissons. Ces derniers produisent des pelotes fécales chargées en matières organiques qui atteignent le fond des océans en dix jours en moyenne.

Ainsi, la quantité et la qualité de cet arrivage de nourriture «fraîche» déterminent la nature des espèces peuplant les grands fonds. Par exemple, pour les zones boréales, l'apport subit de

nourriture durant l'éclosion du phytoplancton au printemps favorise l'émergence d'espèces opportunistes au détriment des autres, entraînant une diminution de la biodiversité.

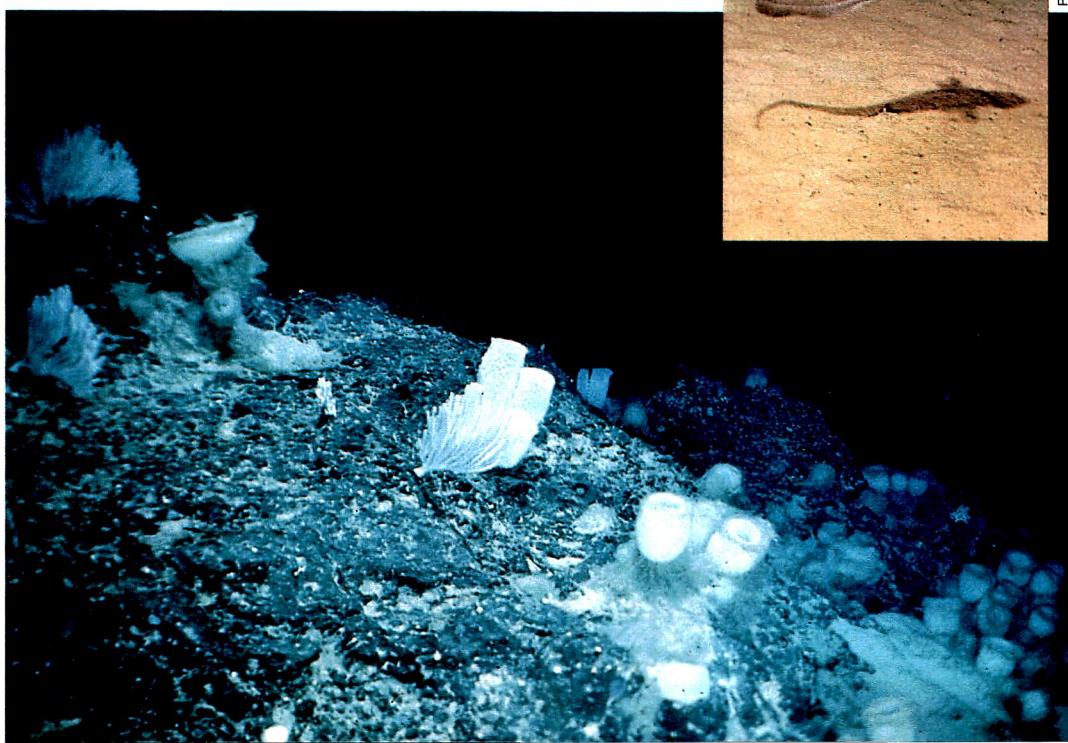
Deuxième hypothèse : en mer Norvégienne, c'est plutôt la «jeunesse» du bassin qui peut expliquer la pauvreté de la faune.

(1) "Global-Scale Latitudinal Patterns of Species Diversity in the Deep-Sea Benthos", *Nature*, vol. 365, p. 636.



Photos CNEO/CEDRI

Dans les abysses, la faune et la flore semblaient uniformes aux quatre coins de la planète. En fait, elles varient selon les latitudes. Le moteur de ces changements : l'apport de nourriture venant de la surface de l'océan.



Cantines : restons carnivores

La part des aliments transformés (légumes farcis, quiches, pizzas...) et de la charcuterie augmente dans la restauration collective, scolaire en particulier. A Paris, dès la maternelle, deux enfants sur trois déjeunent à la cantine (1). Une enquête du CREA (Centre de recherche et d'études pour l'alimentation) sur les cantines de dix collèges et lycées français révèle une évolution inquiétante pour l'équilibre nutritionnel des adolescents : la viande traditionnelle, surgelée ou précuite, n'apparaissait déjà plus en 1992 qu'aux menus de 35 à 64 % des repas, au profit des produits transformés (30 %). Or, un plat de bonne valeur nutritionnelle doit afficher un rapport protéines/lipides supérieur à 1,5. Ce n'est pas le cas des produits transformés tels que quiches, friands, quenelles ($p/l = 0,4$), charcuterie (0,6), poisson pané (1), raviolis (1,4). Ce rapport est au contraire de 10 pour le poisson, 7,6 pour le rôti de bœuf, 3,3 pour le poulet rôti...

Ces résultats feront plaisir au Centre d'information sur les viandes (CIV) qui, de son côté, se bat pour réhabiliter cette source de protéines, de vitamines et de minéraux délaissée. Aujourd'hui, parées et dégraissées, les viandes ont une teneur en gras inférieure à 10 %. 40 % des viandes rouges ont même moins de 5 % de matières grasses. La viande nous oblige à mastiquer, à utiliser nos incisives, canines, molaires et prémolaires, à saliver, à goûter... Surtout, elle est riche en fer (près de 5 mg pour 100 g dans le collier de bœuf), et plus de la moitié de ce fer est sous

D. Simon/Gamma

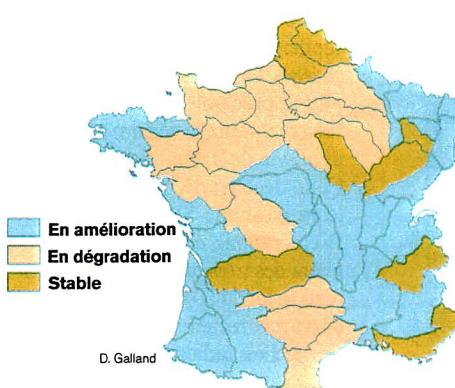

forme dite "héminique" : il constitue le centre de la structure (hème) qui est au cœur des pigments à oxygène (hémoglobine dans le sang, myoglobine dans le muscle) et de certaines enzymes. Or, le fer héminique de la viande (et du poisson) est assimilé en plus grande proportion que le fer non héminique des œufs et des végétaux (25 % contre 1 %). Par exemple, un steak apportant moins d'un tiers de la teneur en fer du repas représentera, *in fine*, les trois quarts du fer absorbé. D'où l'intérêt des viandes et poissons ; beaucoup d'enfants en période de croissance rapide, d'adolescents, de femmes (surtout en fin de grossesse) ne couvrent pas leurs besoins en fer qui vont de 8 à 16 mg par jour. En deçà de l'anémie que provoque une carence, une simple déficience perturbe la gestation, amoindrit la capacité physique à l'effort, les performances intellectuelles, la résistance aux infections, au

L'école apprend à lire, écrire et compter. Comme la plupart des enfants mangent aujourd'hui à la cantine, ne doit-elle pas aussi leur apprendre à se nourrir ?

froid... Pour sensibiliser les enfants, le CIV a édité une petite brochure qui détourne... Popeye. Son ennemi croit avoir percé le secret de sa force et avale des épinards ; bien mal lui en prend car, le secret, c'était bien sûr un bon bifteck. C'est l'occasion de corriger une grossière erreur nutritionnelle – à l'origine de combien de scènes familiales ? Les épinards ne sont pas la meilleure source de fer : à peine 2 mg (dont seulement 1 % sera assimilé) pour 100 g d'épinards bouillis et égouttés, contre de 2 à 6 mg pour 100 g de haricots, de lentilles et surtout de viande (bœuf, agneau) ou d'abats, dont 25 % du fer est assimilable.

M.-L.M.

(1) Jusqu'au 1^{er} avril 1994, la Direction des affaires scolaires de Paris propose une exposition sur la restauration scolaire au 3 rue de l'Arsenal, 75004 Paris.



La santé des cours d'eau

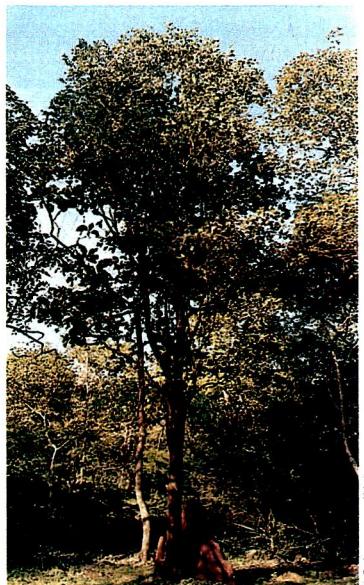
● Depuis vingt ans, l'Institut français de l'environnement (IFEN) mesure la pollution des eaux superficielles (fleuves et rivières) sur les 41 bassins versants de l'Hexagone. Il publie aujourd'hui une carte qui décrit l'évolution de la qualité des eaux.

Nucléaire

Nouvelles armes contre la radioactivité

Le *Strychnos potatorum*, un petit arbre poussant en Inde, en Birmanie et au Sri Lanka, n'a pas fini de faire parler de lui. En effet, sa graine contient une protéine capable de fixer les éléments radioactifs tels que l'uranium et ses isotopes mais aussi les métaux lourds comme le cadmium ou le mercure. Depuis des siècles, cette graine broyée en poudre est utilisée par les Indiens pour transformer les eaux boueuses des ruisseaux ou des puits en eau potable. «Tout ce que nous avons fait a été d'isoler la substance responsable de la propriété que les Indiens connaissent», souligne, dans un article publié dans la revue *Nature*, Durga Prasad, biochimiste à la Girijan Cooperative Corporation. Selon Prasad, l'affinité de la protéine pour les métaux tourne autour de 1 protéine pour de 20 à 25 molécules de métal et dépend du pH de la réaction.

Les propriétés des graines de cet arbre serviront à traiter les effluents radioactifs.



K. S. Jayaraman / Nature

Cette propriété de "biofloculation" pourrait être exploitée pour le traitement des effluents nucléaires, mais aussi dans l'industrie minière car la protéine se lie également aux métaux comme l'or, l'argent, le cobalt, le cuivre et le nickel. Un programme de recherche soutenu par l'International Atomic Energy Agency (IAEA) vise donc à purifier cette protéine afin d'augmenter son affinité avec les métaux, tout en recherchant le gène responsable de sa production. Il sera alors facile de cloner ce gène pour le produire industriellement.

Au laboratoire de l'Ecole européenne des hautes études des industries chimiques de Strasbourg, c'est la chimie qui vient au secours des chercheurs. Une molécule de la famille des calixarènes – une résine phénolique couramment utilisée en chimie organique de synthèse – s'avère un redoutable piège à césum 135. «Cette molécule peut être comparée à une pince chimique : elle saisit un élément précis en formant un composé et peut relâcher cet élément hors de la solution», commente-t-on au Commissariat à l'énergie atomique (CEA).

Le césum 135 pourra donc être extrait des déchets des centrales nucléaires, réduisant dans le meilleur des cas jusqu'à dix, voire cent fois le volume de déchets radioactifs habituellement dirigés vers les décharges. Une performance d'autant plus appréciable qu'un produit de fission comme le césum 135 a une demi-vie de 2,9 millions d'années. Cette découverte, qui s'inscrit dans le programme SPIN (SéParation INCinération), correspond à la première des trois orientations figurant dans la loi du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs.

Bon filon

● L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) offre 80 allocations d'études et de recherches (10 313 F par personne et par mois) à des étudiants souhaitant s'engager dans une thèse traitant de l'environnement (lutte contre les nuisances sonores, prévention de la pollution des sols, limitation de la production de déchets...). 36 15 code ADEME.

Déchets

Le stockage des déchets à l'étude

Dans un rapport remis aux ministres de l'Industrie et de l'Environnement, le député Christian Bataille, responsable d'une mission de médiation, révèle que quatre sites sont candidats pour accueillir deux laboratoires de recherche sur le stockage souterrain des déchets très radioactifs. Il s'agit de secteurs du Gard, de la Haute-Marne, de la Meuse et de la Vienne, départements dont les conseils généraux sont favorables à un tel projet. Le gouvernement devra trancher d'ici un an en fonction de critères géologiques et "humains". Selon la loi du 31 décembre 1991, ces laboratoires ne recevront aucun déchet hormis les petites quantités de matières radioactives nécessaires aux expériences qui s'y dérouleront pendant dix ans. Ce n'est qu'autour de 2010 que le Parlement décidera de construire ou non un centre de stockage. Sur le terrain, ces projets suscitent de vives oppositions. Dans la Vienne, le maire de Chatain s'est suicidé après avoir organisé un référendum. A 60,33 %, les habitants étaient pour l'installation d'un laboratoire dans leur commune. M.M.

Aérologie

Diminution spectaculaire des CFC dans la stratosphère

Les chlorofluorocarbones, plus connus sous leur sigle CFC, ont diminué de façon spectaculaire, selon les derniers relevés américains⁽¹⁾ dont les deux courbes ci-dessous résument la teneur (en violet, la concentration de CFC me-

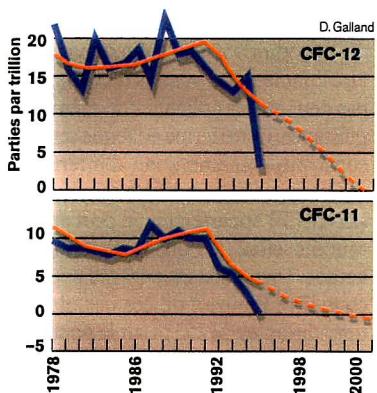
surée ; en rouge, l'estimation de cette concentration en fonction de l'activité industrielle). «Beau cas de figure de ce que la science et les mesures nationales peuvent donner», a jugé le Dr James W. Elkins, de la National Oceanic and Atmospheric Administration. Les relevés remontant à août dernier, la surprise des spécialistes, qui ne s'attendaient pas à une baisse aussi forte, demeure jusqu'ici.

Cela ne signifie pas que la couche d'ozone se reconstituera sur-le-champ, car il reste encore là-haut assez de CFC pour continuer à l'endommager pendant quelques années. Ce ne sera qu'au début du siècle prochain qu'on pourra vérifier l'hypothèse, car ce n'est encore qu'une hypothèse, selon laquelle les trous qu'on enregistrait au-dessus

des pôles étaient, oui ou non, dus à l'action des CFC et s'ils l'étaient entièrement ou partiellement. Il est possible, en effet, que les "trous d'ozone" soient provoqués par des causes indépendantes de l'activité industrielle sur la planète. L'ozone se reconstitue normalement en permanence sous l'effet des ultraviolets et à certaines températures ; quand celles-ci sont trop basses, comme c'est le cas au-dessus des pôles, le renouvellement est ralenti ou arrêté.

D'ici là, il faut espérer qu'on aura trouvé un remplaçant commode à ces produits, notamment dans le domaine de la réfrigération. G.M.

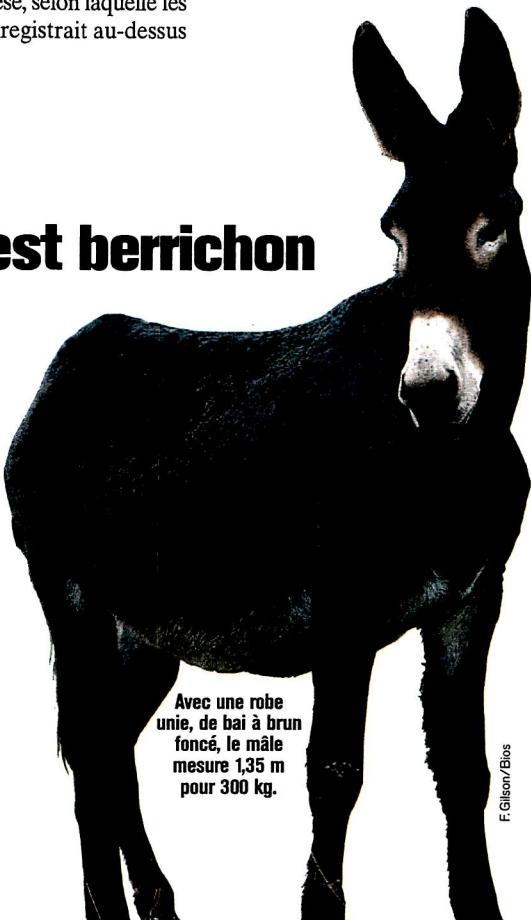
(1) *Nature*, 27 août 1993.



Patrimoine

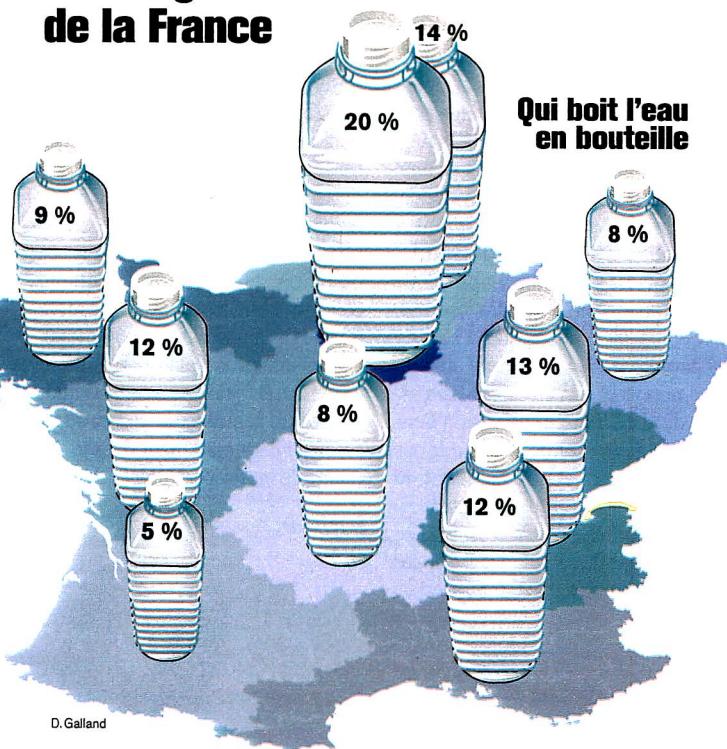
L'âne du siècle est berrichon

Il sera présenté pour la première fois au Salon de l'agriculture ce mois-ci (du 27 février au 6 mars), car les Haras nationaux viennent de reconnaître l'âne "grand noir du Berry" comme une race à part entière. Le seul précédent remonte à 1896, date à laquelle les Haras nationaux avaient reconnu le célèbre baudet du Poitou. Au bord de l'extinction, puisqu'il n'en reste plus que soixante individus, le grand noir du Berry doit son salut aux "Thiaulins" de Lignières (60 km au sud-ouest de Bourges), un groupe de sauvegarde des arts et traditions populaires du Berry, ainsi qu'au succès de la foire aux ânes de Lignières, lancée en 1987.



Consommation

L'Auvergne, château d'eau de la France



Les Français sont les premiers producteurs et consommateurs d'eaux embouteillées (eaux minérales et eaux de source) au monde. Nous buvons chaque année 80 litres d'eaux embouteillées, alors qu'un Allemand en consomme 21 l, un Britannique 7 l et un Japonais 1 l. Depuis qu'un édit du roi Henri IV leur a donné un statut légal en 1605, les eaux minérales constituent l'essentiel de la consommation d'eaux embouteillées. Mais ce marché, qui a été bâti de toutes pièces par les grands minéraliers (Evian, Vittel, etc.), est aujourd'hui le théâtre d'une compétition acharnée entre eaux de source et eaux minérales régionales. Dans cette bataille commerciale, l'Auvergne s'affiche comme la région phare de l'Hexagone. Sa production représente en

viron le cinquième de la production nationale et le dixième des exportations vers l'étranger. Ce sont pas moins de quatorze étiquettes différentes que l'on recense en Auvergne (Volvic, Vichy Saint-Yorre, Régina, Sainte-Marguerite, etc.). Ainsi, pendant que les volcans sommeillent, Volvic, qui est une eau minérale, a produit cette année 548 millions de bouteilles tout en doublant en trois ans ses ventes à l'étranger, avec 98 millions de bouteilles.

Paris poubelle

- La région d'Ile-de-France produit un quart des déchets français sur 2 % du territoire national, soit 1,28 kg/hab./jour.

Energie

Coup de tabac dans le port de Dunkerque

Voilà plus de deux ans qu'une éolienne de 300 kWh trône sur les dunes de la petite station balnéaire de Malo-les-Bains, près de Dunkerque. Cette machine, qui a déjà produit 950 000 kWh, devrait être épaulée d'ici le mois d'octobre par neuf autres éoliennes de même puissance. Cette ferme éolienne sera construite sur une zone d'intérêt écologique, floristique et faunistique (ZNIEFF) appartenant au port autonome situé à l'ouest de Dunkerque. Une étude est engagée pour connaître l'impact de ces installations distantes de 250 m sur la population ornithologique du littoral. Il est d'ores et déjà prévu d'équiper les pales d'avertisseurs lumineux.

La ville de Dunkerque – haut lieu de la sidérurgie et de la pétrochimie qui crache chaque année dans l'atmosphère 12 000 tonnes de poussières et 27 000 t d'oxyde de soufre (SO_2) – se forge une image écolo. Mais cette nouvelle tentative de relance des turbines à vent ne doit pas nous faire oublier qu'il s'agit pour l'instant d'une goutte d'eau dans la mer, compte tenu de l'absence quasi totale de décisions politiques dans le domaine des énergies renouvelables en France (1).

(1) Pour en savoir plus, lire le n° 96-97 de la revue mensuelle *Système solaire*.

L'environnement employeur

- Un million d'Allemands travailleront dans les domaines liés à l'environnement d'ici la fin du siècle. Et en France ?

SI CE PHARAON
N'EST PAS ASSEZ
BRILLANT,
ON VOUS L'ÉCHANGE.

ETONNÉ
OU
ÉCHANGÉ

Avec National Geographic Video, vous allez regarder les documentaires d'un autre œil. Remontez le temps et découvrez l'histoire de l'ancienne Egypte. Le secret des pharaons, le mystère des hiéroglyphes, désormais tous ces trésors vont vous appartenir. Et si vous n'étiez pas momifié, National Geographic Video s'engage à vous échanger la cassette que vous avez achetée contre un autre titre de la collection.

NATIONAL GEOGRAPHIC VIDEO

TOUCHEZ LE MONDE AVEC VOS YEUX

Le mystère de l'île de Wight

● En vingt-trois mois, cinq cas de malformation de la main sont apparus chez des bébés de l'île de Wight, au sud de l'Angleterre. L'affaire est assez sérieuse pour avoir déclenché une enquête dans la petite ville côtière de Ryde où habitent quatre des mères dont les bébés présentent ces anomalies. Résultat : le seul point commun est le fait que les mères se sont toutes baignées dans la mer durant leur grossesse. Or, de nombreux effluents industriels polluent cette région. De plus, des scientifiques du gouvernement britannique affirment que des traces de déchets radioactifs issus de l'usine de retraitement de déchets nucléaires de la Hague, en Normandie, atteignent l'île !!!

Malade comme une chèvre espagnole

● L'épidémie de gale (*Sarcoptes scabiei*) apparue voilà quinze ans dans les peuplements de bouquetins (*Capra ibex ibex*) du sud de l'Espagne (Sierra Nevada, réserves de Carzorla et de Segura, parc naturel de Magina) prend la tournure d'une catastrophe écologique. La gale, transmise probablement par les chèvres domestiques, a tué la moitié du cheptel sauvage (4 000 bouquetins). Cette épidémie menace aujourd'hui de s'étendre à d'autres populations européennes.

Ecologie

Halte aux envahisseurs !

La caulerpe, la tortue de Floride ou l'écureuil du Viêt-nam sont autant d'espèces exotiques qui s'approprient le biotope des espèces françaises. Mais, au-delà du problème écologique, souvent irréversible, l'émergence de ces envahisseurs s'avère coûteuse pour les pays d'accueil. Aux Etats-Unis, sur les 4 500 espèces introduites durant le xx^e siècle, 79 ont provoqué près de 97 milliards de dollars de dégâts. L'anthonome des cultures du cotonnier (*Anthonomus grandis*) a fait, à lui seul, près de 50 milliards de dommages dans les champs de coton. La mouche à fruit de Méditerranée (*Ceratitis capitata*) est responsable de 897 millions de dollars de pertes par an dans les vergers californiens. Enfin, le daphné à feuilles (*Daphne laureola*), une plante que le

bétail refuse de brouter, a coûté 100 millions de dollars aux éleveurs de l'ouest des Etats-Unis en 1990. «Bref, les lois et les règlements qui régissent le contrôle phytosanitaire aux frontières sont inadéquats», souligne un récent rapport du Congrès américain. Mais, si les Etats-Unis pâtissent des envahisseurs, l'oncle Sam exporte lui aussi sa faune à l'étranger. La mer Noire et la mer d'Azov sont aujourd'hui colonisées par une méduse (*Mnemiopsis leidyi*) importée par des bateaux américains en 1982. Selon David Aubrey, de l'institut océanographique de Woods Hole, «ce cténophore a provoqué une perte de 250 millions de dollars dans les pêcheries de la mer Noire, et la pêche en mer d'Azov serait tombée au plus bas en raison de la prolifération des méduses».





SI CE GORILLE NE
VOUS PARAIT PAS
ASSEZ COSTAUD,
ON VOUS L'ÉCHANGE.

ETONNÉ
OU
ÉCHANGÉ

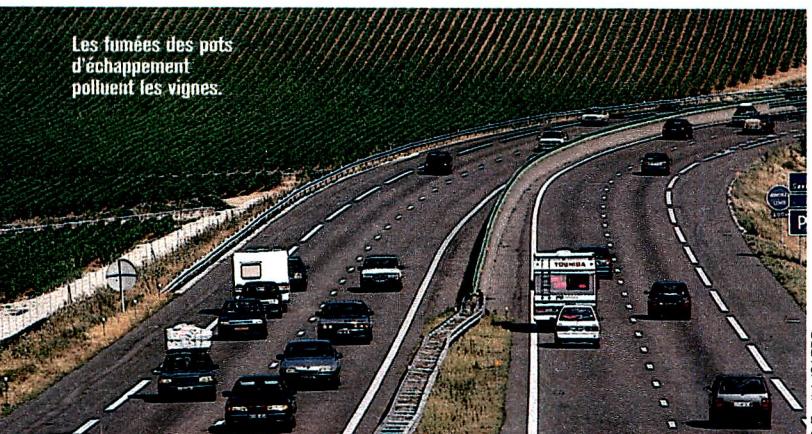
Avec National Geographic Video, vous allez découvrir une nouvelle espèce de documentaire. Gare aux gorilles, ils vont vous étonner ! Bien plus dociles qu'ils n'y paraissent, ils ont beaucoup à nous apprendre. Et si vous n'étiez pas conquis, National Geographic Video vous offre la possibilité d'échanger la cassette que vous avez achetée contre un autre titre de la collection.

NATIONAL GEOGRAPHIC VIDEO

TOUCHEZ LE MONDE AVEC VOS YEUX

La guerre du vin à coups de plomb

Les fumées des pots d'échappement polluent les vignes.



D. Tonello/SAPRE

En cette fin de siècle, les fantas-sins des guerres commerciales ont une nouvelle arme en main : les normes environnementales. Toujours plus contraignants, ces textes sont brandis aux frontières des pays pour endiguer le flux des importations étrangères. Les Américains, passés maîtres en la matière, s'en prennent depuis le début des années quatre-vingt-dix aux vins européens. L'importation des bourgogne, chianti et autres breuvages de choix est freinée par les conclusions de la puissante FDA (Foods and Drugs Administration) qui a mis en évidence les fortes teneurs en plomb de certains crus. Le plomb, rappelons-le, est responsable de la maladie appelée saturnisme. Suite à une enquête du NBATF (Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms), les Etats-Unis menaçaient même de li-

miter la concentration en plomb des vins à 0,1 mg/l. Privant du coup les vignerons français du marché américain. La réponse française a pris la forme d'une vaste enquête. Cette étude, conduite par Jean-Claude Cabanis, du Centre de formation et de recherche en œnologie de Montpellier, a permis de dépister les sources de contamination. Premier accusé : le matériel des vignerons. Les cuves émaillées, les robinets, les pompes, les peintures des érafloirs ou des bennes, etc. libèrent de petites quantités de plomb qui polluent à chaque étape de la vinification le jus de raisin. L'Office national interprofessionnel des vins (ONIVIN) lance donc un appel aux vignerons pour contrôler l'état du matériel. Cet organisme dispose d'ailleurs d'une cartographie précise de la teneur en plomb des différents crus français, sans toutefois vouloir la communiquer au grand public !

L'étude suggère aussi quelques modifications des techniques de vinification. Premièrement, les vignerons devraient mettre la pédale douce sur le pressoir afin d'éviter le passage du plomb des pellicules ou des pépins des baies vers le jus.

Mégapole en danger

- L'épidémie de choléra qui toucha Buenos Aires en 1863 plane toujours sur cette ville. En effet, 95 % des eaux usées partent dans le Rio de la Plata sans traitement.

Deuxièmement, modifier le temps et la température de macération, qui influent également sur le passage du plomb des pépins dans le jus.

Autre source de contamination : le trafic routier. L'utilisation du tétraalkylplomb comme agent antidétonant dans l'essence contamine l'atmosphère. Une fois dans l'air, le tétraalkylplumb donne naissance à de nombreux organométaux (triméthylplomb, triéthylplomb, diéthylplomb) en réagissant avec les radicaux hydroxyles (OH) de l'eau, les rayons ultraviolets ou encore l'ozone. Ces toxiques contaminent les vignobles en bordure de route ou d'autoroute. Une mini-cartographie, pour des vins de différentes origines et millésimes du sud-est de la France, a pu être réalisée par Pierre-Louis Tesseidre, chercheur à l'université de Montpellier I. Résultat, les millésimes 1970, 1984, 1986, 1987 présentaient des teneurs en triméthylplomb et en triéthylplomb quatre fois plus importantes que les millésimes 1989 et 1990. Conclusion : «Les basses teneurs en plomb pour de récents millésimes pourraient être liées à l'apparition sur le marché français de l'essence sans plomb», souligne P.-L. Tesseidre. Cependant, quels que soient les efforts entrepris par le monde vinicole, la teneur en plomb du vin français ne sera jamais nulle. Les terres vinicoles renferment du plomb que la vigne absorbe comme n'importe quel végétal...

En trente ans, la teneur en plomb des vins français a diminué de plus de la moitié. Elle est passée de 150 µg/l à 64 µg/l. Mais les Etats-Unis seront-ils sensibles à de telles performances ? ■

Ont collaboré à cette rubrique :
Marc Mennessier, Gérald Messadié et Marie-Laure Moinet.



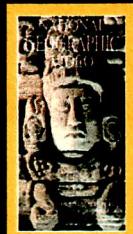
Les hyènes et les lions



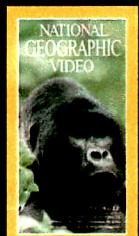
Les orques



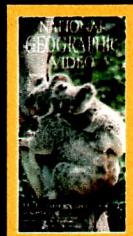
Caméraman
de l'impossible



Les Mayas



Le gorille



Les animaux
d'Australie



Les requins

NATIONAL GEOGRAPHIC VIDEO

TOUCHEZ LE MONDE
AVEC
VOS YEUX

Depuis 1888, la National Geographic Society s'efforce de mieux faire comprendre à l'homme le monde dans lequel il vit. À travers des reportages vidéo dont la qualité n'a jamais été égalée, National Geographic Video vous fera découvrir les mystères de notre planète.

Du monde des animaux - tigres, pandas, requins, ou gorilles - les cassettes National Geographic Video

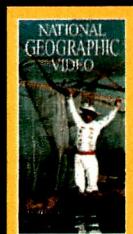
vous livrent tous les secrets. Des Egyptiens en quête d'éternité aux mystères de la civilisation maya, National Geographic Video vous entraîne à la découverte des civilisations les plus fascinantes.

La qualité incomparable du son et des images, alliée à l'originalité et l'insolite des sujets abordés, font de cette collection la référence incontestée des documentaires.

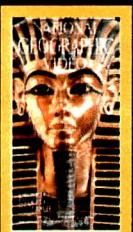
**ETONNÉ
OU
ÉCHANGÉ**

OFFRE ÉTONNÉ OU ÉCHANGÉ !

L'originalité et la qualité des reportages National Geographic Video vous étonneront. Nous en sommes tellement sûrs que nous sommes prêts à vous échanger votre cassette si elle ne vous étonne pas.



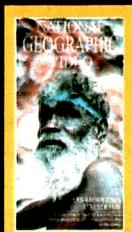
Les Mexicains



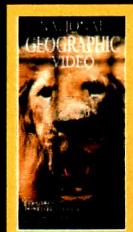
L'Egypte



Les paquebots de
grande ligne



Les aborigènes
d'Australie

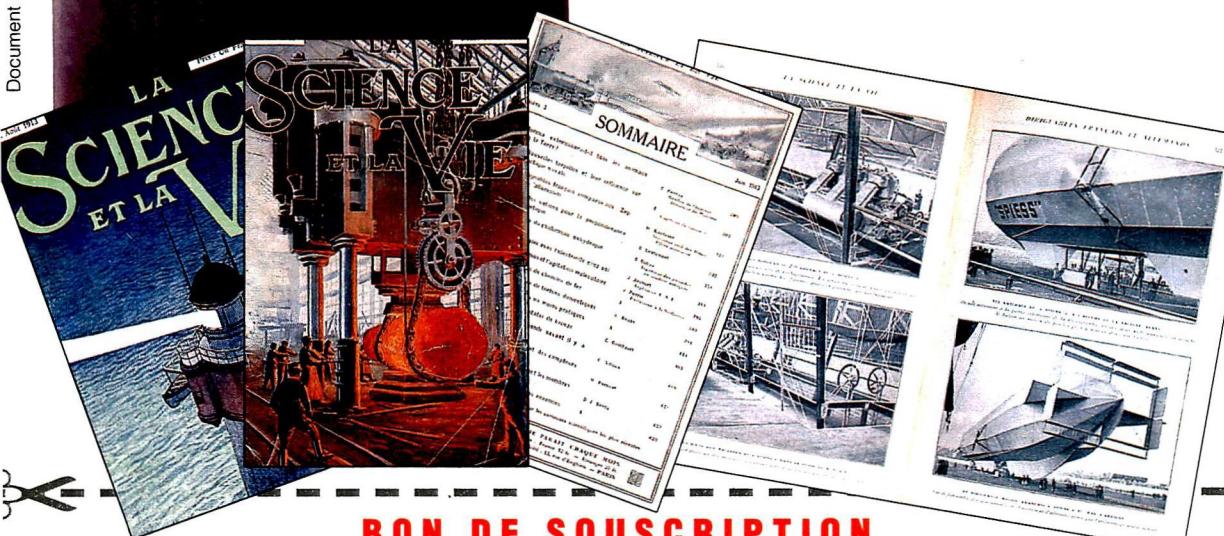


Gardiens du
monde sauvage

**1913-1993 SPÉCIAL ANNIVERSAIRE : OFFREZ-VOUS LA COLLECTION
DE TOUS LES NUMÉROS DE 1913 DE LA SCIENCE ET LA VIE
ENFIN RÉÉDITÉE EN ÉDITION RELIÉE.**

370 F SEULEMENT !

Document non contractuel



BON DE SOUSCRIPTION
à retourner à Science & Vie 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15

OUI je désire recevoir la réédition en un volume relié façon cuir des neuf premiers numéros de **LA SCIENCE ET LA VIE** (année 1913) au prix de **370 F** (TVA à 5,5%) + 25 F de port pour la France métropolitaine, soit 395 F TTC au total.

● Ci-joint mon règlement total d'un montant de 395 F TTC
J'ai bien noté que la livraison interviendra dans un délai de quatre semaines.
Prénom _____

Nom _____

Adresse _____

Code postal _____

Ville _____

Si vous êtes abonné à **SCIENCE & VIE**, merci de nous indiquer votre numéro d'abonné : _____

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.

Ettranger : nous consulter au 46 48 47 08

SAV 918

RC PARIS B 572/134773

Pollution Les dangers



Transglobe - J. Ricard

PAR FRÉDÉRIQUE VERLEY

La pollution atmosphérique semble jouer un rôle capital dans les problèmes respiratoires, les risques de cancer du poumon, les dermatoses, le vieillissement cutané et même certains troubles psychiques. Un inventaire qui n'est pas à la Prévert et qui n'est sans doute pas définitif.

Un rapport du ministère de la Santé, "Asthme, allergies et environnement",

rendu public en janvier dernier, s'en inquiète au point d'envisager une révision à la baisse des normes de pollution européennes.

Le contrôle de la pollution en milieu urbain, notamment celle engendrée par un parc automobile toujours croissant, est la préoccupation principale des chercheurs et des responsables de la santé. Car la cible principale est bien l'homme.

**ATMOSPHERE
ET SANTÉ :
LES LIAISONS
DANGEREUSES**
PAGE 38

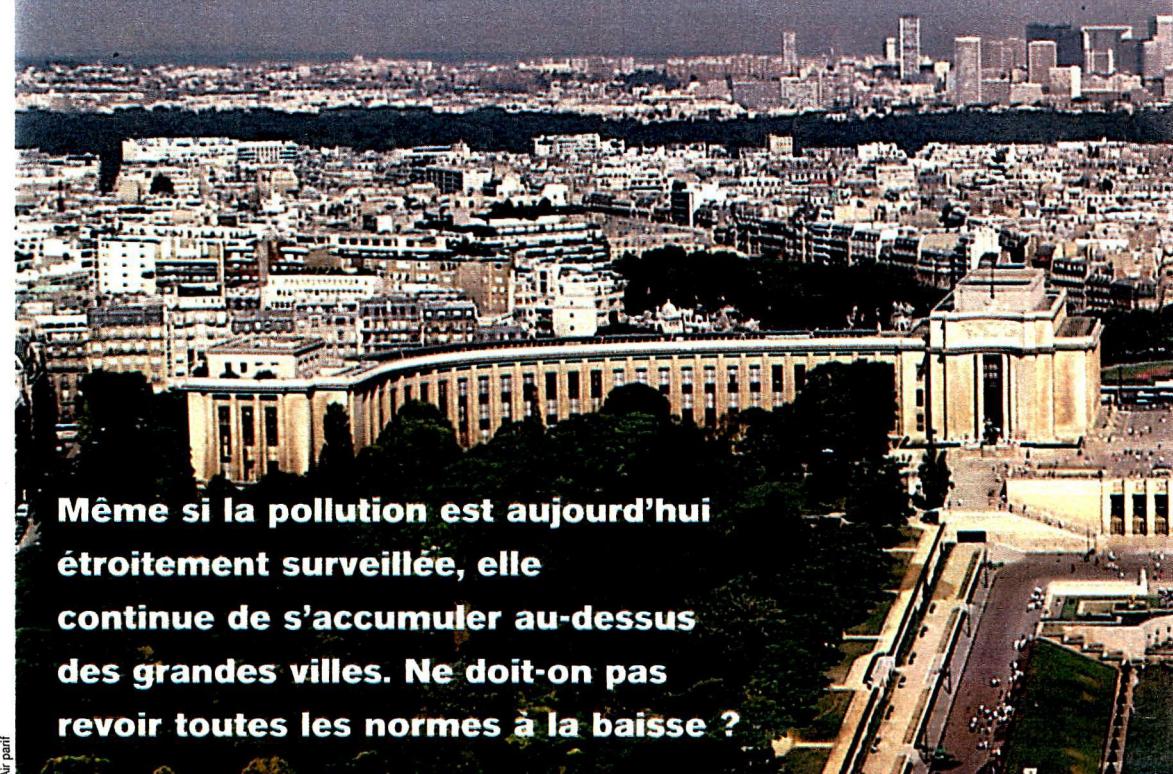
**L'HOMME
UNE CIBLE DE CHOIX**
PAGE 42

**LA POLLUTION
VEUT VOTRE PEAU**
PAGE 46



Atmosphère et santé

Les liaisons



Même si la pollution est aujourd'hui étroitement surveillée, elle continue de s'accumuler au-dessus des grandes villes. Ne doit-on pas revoir toutes les normes à la baisse ?

Air parif

Le 25 novembre dernier, la région parisienne enregistrait l'une des plus fortes pointes de pollution de ces dernières années. Le phénomène, désormais identifié, d'inversion de température (voir photo ci-dessus) a propulsé le taux de dioxyde d'azote (NO_2) au-delà des valeurs moyennes d'ordinaire observées dans la capitale : $418 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (taux enregistré à 14 h à Neuilly-sur-Seine), contre $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (seuil de référence européen). Cela signifie-t-il que les Parisiens se sont plus mal portés ce jour-là ?

La réponse à cette question est fondamentale pour la santé des citadins. Mais, si aujourd'hui nous savons parfaitement mesurer les principaux

polluants présents dans l'atmosphère (voir tableau p. 44), leur impact exact sur la santé humaine est difficile à établir.

L'expérimentation animale a permis de comprendre comment les polluants agissent sur l'organisme. Des animaux, soumis en laboratoire à de fortes concentrations de polluants, ont ainsi présenté, sur le court terme, une sensibilité accrue aux infections bactériennes aérogènes ainsi qu'une inflammation réactionnelle de leur système respiratoire. Les effets sur le long terme (après exposition prolongée aux gaz toxiques) se traduisent par des lésions dégénératives au niveau des voies aériennes et du tissu pulmonaire (bronchite

(1) Professeur à la faculté de médecine de Lille. Chef du service de pathologie respiratoire expérimentale et de pollution atmosphérique, à l'institut Pasteur de Lille.

dangereuses



Un beau temps trompeur sur Paris

Par temps froid ensoleillé, la couche d'air proche du sol se refroidit à son contact pendant la nuit, alors que les couches plus élevées conservent leur température clément de la journée. Résultat : l'air chaud des couches supérieures se comporte comme un couvercle qui empêche les polluants de s'élever et de se disperser. Dès les premières lueurs du jour, le rayonnement solaire déclenche des réactions chimiques à partir de ces polluants bloqués près du sol.

chronique, emphysème, fibrose...). Cependant, « il est difficile de transposer ces résultats en santé humaine, précise Cyr Voisin (¹), de l'institut Pasteur de Lille, car les différentes espèces animales ne répondent pas de la même façon à l'action d'un polluant donné ».

L'expérimentation humaine s'avère donc indispensable. Même si elle n'est concevable que sur des volontaires et ne peut concerner que des expositions contrôlées de courte durée. Elle permet notamment de comparer l'action des différents polluants, après inhalation, sur des sujets sains et sur des patients à risque, atteints de bronchite chronique ou d'asthme allergique. Ainsi, un sujet sain ne ressent aucun effet en dessous d'une concentration de 5 ppm (parties par millions) de dioxyde de soufre (SO_2), l'asthmatique, lui, rencontre des problèmes de constriction des bronches, à partir d'une concentration de 1 ppm ($2\,900 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Les bronches d'un sujet sain réagis-

suite de la page 39

sent à partir de 0,08 ppm d'ozone (O_3), tandis que l'asthmatique enregistre, en plus et au même taux, une sensibilité accrue aux allergènes (voir encadré p. 44).

D'autres volontaires ont été exposés à des taux de brouillard d'acide sulfurique, puis d'ozone, correspondant aux pics de pollution des zones urbaines (respectivement 480 mg/m³ et 0,2 ppm pendant deux heures). Ils ont alors présenté une diminution de l'activité muco-ciliaire (qui intervient dans l'élimination des particules polluantes, pénétrant par inhalation dans l'appareil respiratoire). Des études *in vitro* sur des cultures de macrophages alvéolaires (c'est-à-dire de cellules de la paroi alvéolaire qui défendent l'appareil respiratoire contre les polluants) ont permis de compléter ces résultats, et notamment d'expliquer l'enchaînement des mécanismes complexes qui aboutissent à une inflammation pulmonaire.

Mais l'approche expérimentale se limite à l'étude analytique de certains composants simples (SO_2 , NO_2 , O_3 , composés organiques volatils...) et à celle de mélanges complexes directement prélevés à leur source (gaz d'échappement automobile ou fumées industrielles). Elle ne prend donc pas en compte les réactions chimiques qui se produisent dans l'atmosphère. Or, les substances polluantes sont multiples, leurs concentrations sont en constante évolution et leurs interactions éventuelles, liées ou non à des facteurs météorologiques, sont difficiles à analyser.

On sait, par exemple, que le dioxyde d'azote, seul, agit sur l'organisme à un taux de 3 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Associé à un autre polluant, tel que le dioxyde de soufre ou certaines poussières, il agit dès 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. D'autre part, les études en laboratoire ne prennent pas en compte l'exposition "réelle" des individus aux polluants. Exposition qui varie considérablement en fonction de leurs déplacements, et qui ne peut donc être mesurée par les stations de surveillance fixes. Pour combler cette lacune, Frédéric Dor, toxicologue et ingénieur santé et environnement à l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) a effectué des mesures dans les différents modes de transport parisiens, entre les mois d'octobre 1991 et septembre 1992.

Il a notamment relevé des teneurs en polluants particulièrement élevées à l'intérieur des habitats de voiture : 11 ppm en moyenne pour le CO (monoxyde de carbone), 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le benzène et 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le toluène. Elles correspondent à celles enregistrées par les stations de mesure de proximité les plus exposées au trafic automobile (situées au cœur d'un carrefour, par exemple). Un citadin qui effectue en voiture un

L'ILE-DE-FRANCE SOUS SURVEILLANCE

L'Ile-de-France représente, avec ses dix millions d'habitants, l'une des plus fortes concentrations d'activités de toute l'Europe.

Pour mesurer la qualité de son air, la société de surveillance Airparif dispose de stations fixes et d'une unité mobile implantées en fonction des objectifs : analyse de l'environnement urbain (réseau de fond) ou des zones fortement fréquentées par le public (réseau de proximité). L'air prélevé est acheminé aux analyseurs de la station. Les résultats sont ensuite transmis par modem

au poste central (et y sont disponibles 24 h/24 sur minitel 3614 AIRPARIF).

Pour compléter ces méthodes d'analyses classiques, Airparif fait appel, depuis peu, à la "spectroscopie d'absorption spécifique de la lumière par les composés". Ainsi, deux rayons lumineux permettent-ils de mesurer les concentrations de NO, NO_2 , SO_2 , benzène, toluène, formaldéhyde sur plusieurs centaines de mètres : de Airparif, dans le IV^e arrondissement, à la tour Saint-Jacques (1 600 m de distance), par exemple.



Roy / RATP

Métro, boulot, CO₂

Dans le métro, le Laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris (LHVP) et la RATP analysent la qualité de l'air quatre fois par an.

En résumé, l'air y contient peu de monoxyde de carbone : entre 2 et 5 ppm, contre 10 ppm en surface. En revanche, le taux de dioxyde de carbone (tout comme le taux de poussières) y est plus élevé : 800 ppm environ contre 400 ppm pour l'atmosphère urbaine en général.

aller-retour quotidien domicile-travail ne dépasse donc pas les valeurs limites édictées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (2), à savoir 10 ppm de CO pendant huit heures. En revanche, les personnes qui utilisent leur voiture dans le cadre professionnel risquent de dépasser ce seuil.

Les valeurs enregistrées sont plus faibles dans les autobus, dans le métro ainsi que pour les pié-

(2) L'OMS a déterminé, par expérimentation animale, des normes (concentration de polluant et durée d'exposition à celui-ci) en décalage, normalement, il n'y a pas d'effets néfastes sur la santé.

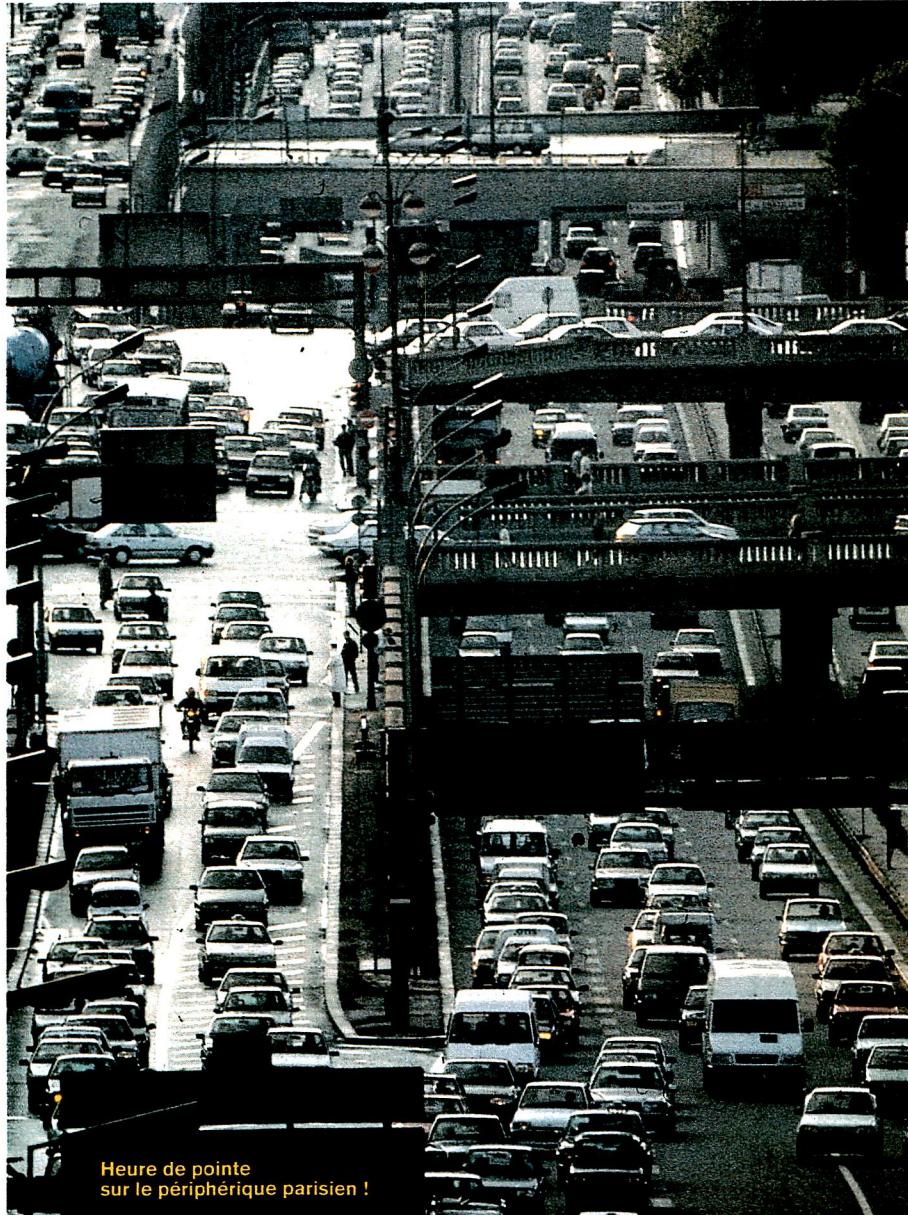
LE TRAFIC ROUTIER AU BANC DES ACCUSÉS

La part du transport routier dans la pollution de l'air des grandes villes va de 73 % (Munich) à 90 % (Athènes). L'introduction du pot catalytique a certes fait chuter les émissions d'oxydes d'azote (NOx), mais, après 2010, les spécialistes redoutent une nouvelle augmentation des émissions, due à l'accroissement constant du parc automobile.

Un véhicule émet principalement du CO (monoxyde de carbone), des NOx (oxydes d'azote), des hydrocarbures et des SOx (oxydes de soufre).

Pour tenter d'évaluer en région parisienne les taux de ces différents polluants rejetés dans l'atmosphère, et savoir ainsi à quoi s'expose tout citadin, l'Institut français du pétrole (Ifip) et l'Institut national pour la recherche des transports et de leur sécurité (Inrets) viennent de mettre au point une carte de simulation fort complexe.

Pour cela, en chaque point de l'Ile-de-France, il a fallu mesurer la vitesse moyenne des véhicules et la composition de leurs émissions. Avec cette carte, qui devrait être présentée aux Etats-Unis dans quelques mois, il sera possible de prédire les émissions de NOx, d'hydrocarbures et de CO, à toute heure et en chaque point de l'ensemble de la région parisienne.



Leimendorfer / REA

(3) Ces taux moyens sont mesurés par les stations de fond (en haut de la tour Saint-Jacques, par exemple). Les stations de proximité sont situées au cœur des carrefours, sur le périphérique...

tons : entre 2 et 5 ppm, en moyenne, pour le CO, entre 18 et 22 µg/m³ pour le benzène et entre 90 et 110 µg/m³ pour le toluène. Elles sont quand même trois fois plus élevées que les taux moyens (3) observés dans l'environnement urbain général. L'exposition individuelle, unique indicateur de ce que le citadin respire réellement, varie également en fonction de la taille d'une personne et de son

éloignement de la source de pollution. Les bébés dans leur poussette et les jeunes enfants, qui se déplacent plus près du sol, absorbent deux ou trois fois plus d'air pollué que leurs parents. A l'inverse, un piéton qui marche sur un large trottoir, côté immeubles, absorbera trois fois moins de polluants que n'en indiquent les stations de mesure postées au bord de la chaussée.



S a **n** t é

L'homme : une cible de choix

**Les résultats des études épidémiologiques
ne permettent plus d'en douter :
la pollution s'attaque bel et bien à la santé.**



(1) Organisé par l'ADEME, en collaboration avec le CNRS et les ministères de l'Environnement et de la Santé.

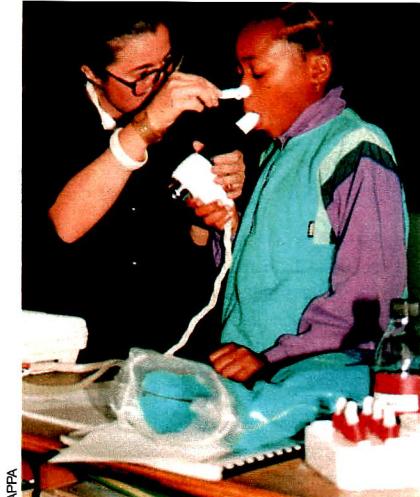
(2) Un rapport du groupe ERPURS (publié par l'ORS-Île-de-France) rassemble l'ensemble des études publiées entre 1980 et 1991.

Le colloque de Cachan sur "La pollution atmosphérique à l'échelle locale et régionale" (1) a regroupé, au mois de décembre dernier, la plupart des scientifiques qui travaillent sur l'impact de la pollution sur la santé. Les recherches en cours comportent quatre axes essentiels : les pathologies respiratoires, les risques de cancer broncho-pulmonaire, les troubles psychiques et les manifestations cutanées. Plusieurs études épidémiologiques (2) ont déjà mis en évidence une relation entre pics de pollution et augmentation de la mortalité par affections respiratoires aiguës. Ce fut, par exemple, le cas à Londres, en 1952, où un taux très élevé de dioxyde de soufre (SO_2) a fait près de 4 000 victimes. Mais la concentration en SO_2 n'avait évidemment rien à voir avec celle que l'on rencontre aujourd'hui en zone urbaine (en raison de la diminution de la combustion des produits fossiles, le charbon notamment).

En 1983, Marcel Gervois, professeur d'hygiène et de santé publique à la faculté de médecine de Lille, a pu établir, dans la région de Dunkerque, des corrélations entre l'incidence des affections respiratoires aiguës (ARA) et les niveaux de pollution en SO_2 , en NO_2 et en particules en suspension. Son enquête portait sur 14 praticiens répartis sur trois secteurs : Saint-Pol-sur-mer (la ville la plus polluée), Dunkerque et Gravelines (la moins polluée). Bilan : pendant l'hiver 1982, les praticiens de Saint-Pol enregistrèrent 51,3 % d'ARA, contre 38,5 % seulement pour ceux de Gravelines.

Le SPPPI (Secrétariat permanent pour la prévention des pollutions industrielles) du littoral Calais-Dunkerque et l'APPA (Association pour la prévention de la pollution atmosphérique) Nord-Pas-de-Calais ont décidé d'enquêter à nouveau dans le même secteur. L'étude porte actuellement sur 1 161 enfants de 10 ans. Et ce, pour plusieurs raisons : pas d'exposition professionnelle des enfants aux polluants, pas ou peu de tabagisme actif et susceptibilité potentielle plus grande que l'adulte. Ces enfants sont disséminés dans des classes de CM1, regroupées en trois secteurs : un secteur 1 dit "proche" (à moins de 3 km des sources de pollution industrielle), un secteur 2 "moyennement proche" (à moins de 10 km de ces mêmes sources) et un secteur 3 "éloigné" (à plus de 10 km). La première partie de l'enquête (questionnaire sur l'enfant destiné aux parents, et mesure de la fonction ventilatoire) est terminée.

Résultats : dans le secteur 1, la fréquence de toux chroniques s'avère plus élevée que dans les deux autres, les antécédents de sinusites y sont plus fréquents et la fonction respiratoire montre un léger déficit, de l'ordre de 5 %, par rapport au groupe 3. Mais les spécialistes restent prudents, car de nom-



APPA

Premières victimes : les enfants

Dans la région Nord-Pas-de-Calais, une étude portant sur plus de 1 000 enfants devrait permettre de mieux cerner le rôle des polluants atmosphériques dans les affections respiratoires infantiles (ci-dessus, la mesure de la fonction ventilatoire).

breux facteurs peuvent influer sur les résultats obtenus, comme le milieu socio-professionnel ou le pourcentage de parents fumeurs. Conclusions donc, après le seconde partie de l'enquête.

La pollution pourrait aussi avoir une incidence sur les risques de cancer broncho-pulmonaire. L'étude réalisée par Jacques Vallin et France Messel, de l'Institut national démographique, sur les causes de décès en France entre 1925 et 1978 est alarmante. Elle montre que les tumeurs malignes broncho-pulmonaires ont été multipliées par 23 chez l'homme et par 7 chez la femme entre ces deux dates. Evidemment, le développement du tabagisme y est pour beaucoup. Mais, comme le souligne Cyr Voisin (voir page 39) : « à tabagisme égal, la fréquence de cancers bronchiques est plus élevée dans les zones fortement industrialisées qu'en milieu rural. »

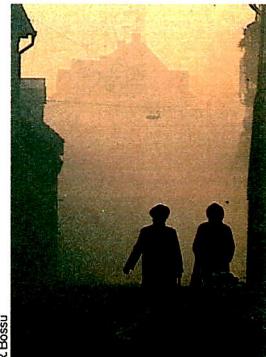
Les sources de combustion fixes (chauffage, foyers industriels) et mobiles (véhicules) dégagent effectivement dans l'air des hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA). Des études expérimentales ont montré le pouvoir carcinogène de certains HPA (benzo(a)pyrène, benzo-anthracène notamment), ainsi que des nitrodérivés obtenus par réaction chimique entre HPA et oxydes nitreux (autres polluants présents dans l'atmosphère urbaine).

Sur le terrain, plusieurs expériences récentes ont justement mis en évidence un excès de risque de cancer du poumon chez les conducteurs professionnels. Pour prouver que les HPA (seuls ou en association avec des poussières) en sont à l'origine, Isabelle Stückler et Denis Hemon de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) ►

ASTHMATIQUES : UN RAPPORT ALARMANT

En quinze ans, le nombre de décès dus à l'asthme n'a cessé d'augmenter dans tous les pays industrialisés. Selon l'INSERM, il est passé, en France, de 1489 en 1980, à 2130 en 1985, et 2146 en 1989. Au total, un adulte sur douze est asthmatique et 10 % des enfants d'âge scolaire en présentent les symptômes : cédème de la muqueuse, hypersécrétion d'un mucus épais et bronchospasme, suivis d'un rétrécissement du calibre des voies aériennes inférieures et donc d'une moins bonne circulation de l'air.

Bien entendu, les allergènes responsables des crises d'asthme ont plusieurs origines : acariens, blattes, animaux familiers, spores de moisissures, pollens, tabac ou virus. Mais les spécialistes accusent de plus en plus la pollution atmosphérique, qui peut aggraver ou déclencher ces crises. Et ce, aux taux rencontrés dans certaines régions de France, lors



d'épisodes de forte pollution ou en cas d'inversion de température.

C'est ce que révèle un rapport du ministère de la Santé sur le thème "Allergie respiratoire, asthme et environnement" (1) rendu public le mois dernier. Plusieurs études épidémiologiques ont effectivement établi une corrélation évidente entre hospitalisations pour asthme et pics de pollution atmosphérique. Ainsi, C. Marzin et ses collaborateurs ont observé, en

1991, que les appels pour crises d'asthme à SOS Médecins étaient plus nombreux lors d'une forte teneur en ozone dans l'atmosphère (maximum horaire : 165 µg/m³) (voir tableau ci-dessous). A la même période, A. Ponka a observé, à Helsinki, une corrélation entre admissions hospitalières pour crise d'asthme et teneurs en dioxyde d'azote et en ozone. Même si les concentrations moyennes de ces polluants restaient relativement faibles : 38,6 µg/m³ pour le premier et 22 µg/m³ pour le second. En 1993, J. Schwartz a également mis en évidence une relation significative entre incidence des crises d'asthme à Seattle et pollution particulaire (30 µg/m³ en moyenne, avec pointe à 103 µg/m³ sur 24 heures).

A la lumière de ces résultats, le rapport préconise une révision à la baisse des normes européennes de pollution atmosphérique

(moins sévères que les valeurs préconisées par l'OMS, notamment pour le dioxyde de soufre et les particules en suspension), des mesures préventives urgentes (contrôle des sources de pollution, gestion du trafic automobile, aménagement urbain...) et une meilleure information du public.

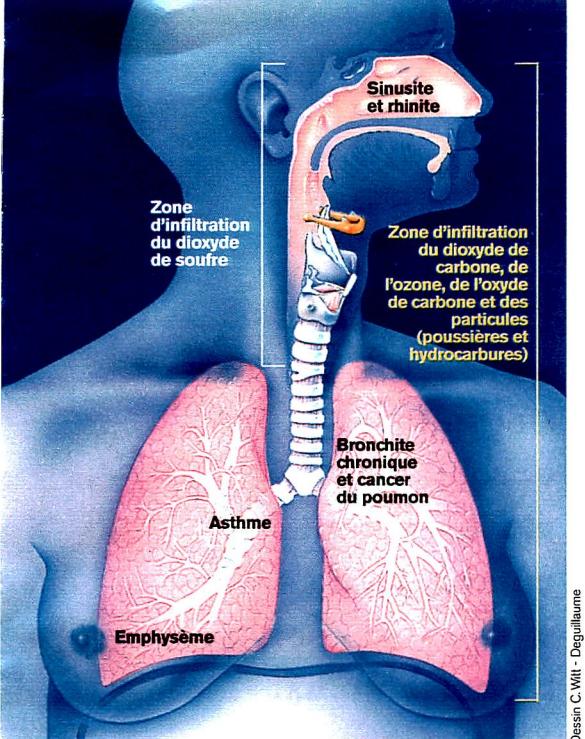
Le ministère de la Santé a donc décidé de lancer une vaste campagne de sensibilisation à l'échelle nationale, avec l'aide de l'APPA (Association pour la prévention de la pollution atmosphérique). Elle se déroulera sur quatre ans : priorité aux tout-petits en 1994 (les plus sensibles à l'asthme, puisque l'appareil respiratoire continue à se développer jusqu'à l'âge de trois ans), puis à l'habitat en 1995, à l'environnement en 1996 et à l'enfant en 1997.

(1) Rapport réalisé par le Conseil supérieur d'hygiène publique de France, section Evaluation des risques de l'environnement sur la santé, sous la direction du Pr Pierre Gervais.

LES MALADIES QUI GUETTENT LES PARISIENS

ORIGINES	TAUX OBSERVÉS	NORMES DE L'OMS	ACTION SUR LA SANTÉ	
MONOXYDE DE CARBONE CO	Combustion incomplète, notamment dans les moteurs de voitures à essence.	Entre 0,95 mg/m ³ (stations de fond) et 3,6 mg/m ³ (stations de proximité) en moyenne annuelle.	100 mg/m ³ pendant 15 min, 60 mg/m ³ pendant 30 min, 30 mg/m ³ pendant 1 h, 10 mg/m ³ pendant 8 h.	Prend la place de l'oxygène pour se combiner à l'hémoglobine du sang, ce qui conduit à une hypoxie tissulaire, cérébrale et cardiaque.
DIOXYDE DE SOUFRE SO₂	Combustion de produits soufrés (industries, chauffage, voitures...).	Entre 7 µg/m ³ en juillet et 36 g/m ³ en novembre ; moyenne annuelle : 16 g/m ³	500 µg/m ³ pendant 10 min, 350 µg/m ³ pendant 1 h, 250 µg/m ³ pendant 24 h (norme CEE).	Irritations des muqueuses des voies aériennes, accroissement des pathologies respiratoires.
DIOXYDE D'AZOTE NO₂	Combinaison entre le monoxyde d'azote issu des véhicules automobiles et l'oxygène de l'air.	Moyennes annuelles : 52 µg/m ³ (stations de fond) et 75 µg/m ³ (stations de proximité).	400 µg/m ³ pendant 1 h, 150 µg/m ³ pendant 24 h.	Irritations, diminution possible des défenses immunitaires et accroissement de la sensibilité des bronches aux infections microbiennes.
OZONE O₃	Polluant issu des réactions photochimiques initiées essentiellement par les oxydes d'azote et les hydrocarbures.	Moyennes annuelles : 19 µg/m ³ (zone urbaine) et 40 µg/m ³ (zone périurbaine).	150 µg/m ³ pendant 1 h, 120 µg/m ³ pendant 8 h.	Irritations oculaires, migraines toux, altération de la fonction pulmonaire accentuée par un effort physique.
HYDROCARBURES	Combinaison d'atomes d'hydrogène et de carbone provenant de l'industrie et de la combustion incomplète des carburants.	1 375 µg/m ³ en moyenne annuelle.	Aucune norme globale existante.	Irritations des yeux, toux, action cancérogène augmentée par les poussières qui absorbent les hydrocarbures et les déposent au fond de l'appareil respiratoire.
POUSSIÈRES	Combustion de matières fossiles (charbon). Circulation automobile (Diesel).	Entre 13 µg/m ³ en décembre et 45 µg/m ³ en mars, moyenne annuelle : 25 µg/m ³ .	125 µg/m ³ pendant 24 h, 50 µg/m ³ pendant 1 an. La norme CEE est différente : 250 µg/m ³ pendant 24 h.	Transport des polluants jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Attaque des muqueuses nasales. Augmentation de la susceptibilité aux infections pulmonaires.

Chiffres enregistrés par Airparif sur l'agglomération parisienne en 1993



Comment les polluants infiltrent l'appareil respiratoire

L'homme inhale chaque jour 20 m³ d'air en moyenne. Au moment de l'inspiration, les agents polluants entrent par la bouche et le nez. Les gaz (SO₂, NO₂, O₃, CO) pénètrent d'autant plus profondément qu'ils sont peu solubles. Les particules (poussières, hydrocarbures...) d'une taille supérieure à 10 µm sont retenues au niveau du nez et des voies aériennes supérieures. Les particules comprises entre 3 µm et 10 µm se déposent au niveau de l'axe trachéo-bronchique. Les particules inférieures à 3 µm pénètrent jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Le rapport du Conseil supérieur d'hygiène de France sur les particules en suspension dans l'atmosphère indique que, sur le court terme, de telles particules entraînent une altération de la fonction respiratoire et une susceptibilité accrue aux infections respiratoires. Les effets sur le long terme, en revanche, sont plus difficilement mesurables.

suite de la page 43

se sont engagés dans un programme de recherche complexe. En résumé, ils constituent une banque d'ADN prélevé sur 600 sujets (300 atteints de cancer broncho-pulmonaire et 300 témoins sains). Cette banque d'ADN devrait leur permettre, dans un premier temps, de déterminer ceux qui possèdent un gène de susceptibilité au cancer broncho-pulmonaire. Pour pouvoir, par la suite, mieux distinguer parmi tous les polluants atmosphériques ceux qui augmentent le risque de ce type de cancer.

La pollution pourrait aussi avoir des conséquences psychiques. C'est du moins ce que pense Catherine Grémion, sociologue au CNRS, elle-même victime d'une intoxication chronique au mo-

noxyde de carbone, au début des années 1970. De longues migraines, un dégoût de tout et même des envies suicidaires l'ont conduite au centre de toxicologie de Paris. Après analyses, il s'est avéré qu'elle était victime d'une intoxication oxycarbonée. Or, rien dans son environnement ne semblait susceptible d'émettre un tel gaz. Le LHVP (Laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris) l'a aidée à déterminer la source de cette pollution : le propriétaire de trois véhicules stationnés dans un garage les faisait chauffer sur place chaque matin. Et les structures internes de l'immeuble conduisaient les gaz d'échappement directement dans son bureau.

En fait, le monoxyde de carbone (totalement inodore) possède une affinité pour l'hémoglobine, 203 fois supérieure à celle de l'oxygène. Il se fixe donc sur les globules rouges (pour former un complexe appelé carboxyhémoglobine, COHb) au détriment de l'oxygène. Il s'ensuit une asphyxie générale de l'organisme, et plus particulièrement du cerveau, ce qui peut conduire à une grande fatigue, des céphalées, des dépressions et des complications neuropsychiques.

A la suite de son expérience personnelle, Catherine Grémion décide de recenser les recherches effectuées sur le monoxyde de carbone. Une étude menée en 1963 sur les gardiens de la paix en activité au cœur de la circulation révèle que 10 % d'entre eux ont un taux de COHb compris entre 6 % et 12 % (alors que 2 % reste le seuil à ne pas dépasser). Or, le nombre de dépressions et de suicides enregistré dans cette population est particulièrement élevé. D'autres expériences en laboratoire permettent d'affirmer qu'une exposition à un fort taux de CO (de 50 à 1 000 ppm), pendant quelques heures, entraîne une perte de réflexes, des troubles visuels, auditifs et des accès de violence. Les études à long terme, elles, n'ont pu être réalisées que sur des animaux. Des chiens, soumis pendant trois mois à des concentrations de 50 à 100 ppm (plusieurs emplacements parisiens ont une teneur de 30 à 50 ppm) puis autopsiés, ont présenté des altérations irréversibles du cerveau et des muscles cardiaques.

En 1973, Paul Chovin, directeur du laboratoire central de la préfecture de police de Paris, affirma même que le monoxyde de carbone provoque plus d'accidents automobiles que l'alcoolisme. Il avait réalisé une étude comportant 7 000 mesures de COHb, dont 1 672 sur des automobilistes responsables d'accidents. Seulement 15 % d'entre eux possédaient un taux de CO dans le sang en dessous du seuil normal, et près de la moitié un taux allant de 6 % à 12 % (à partir de 15 %, l'intoxication est jugée "aiguë"). Depuis, aucune véritable enquête épidémiologique n'a été entreprise sur les effets à long terme du monoxyde de carbone.

La pollution veut votre peau

En contact permanent avec l'environnement, la peau (notamment celle des mains, du visage et du cou) est l'une des principales victimes de la pollution. Déjà, en 1973, deux dermatologues allemands, MM. Götz et Klüken, avaient remarqué la différence d'atteinte cutanée entre des patients résidant en milieu rural et d'autres, habitant la Ruhr (région très industrialisée). Pour mettre en évidence l'action irritante des poussières présentes dans l'atmosphère, ils les ont collectées sur des feuilles de vaseline avant de les appliquer sur 11 922 volontaires sains en milieu hospitalier. Résultats : des érythèmes d'intensité variable et certains cas d'irritations plus sévères avec gonflement des follicules pileux.

Une autre étude effectuée en 1986 par des dermatologues belges, MM. Dooms-Goosens et Debuissière, a montré que certaines dermatoses étaient dues à des substances rejetées dans l'atmosphère, transportées par voies aériennes, puis fixées sur les zones exposées de la peau. On les appelle les *air-borne contact dermatoses* (dermatoses de contact aéroportées). Elles se manifestent sous forme de minuscules lésions sur les parties du corps exposées à l'air : visage, cou, décolleté, mains, poignets et, pour les femmes, également sur les jambes découvertes en été, à hauteur des pots d'échappement.

**Dermatoses,
eczémas,
vieillissement
cutané, la vie en
ville nous réserve
bien des maux.**

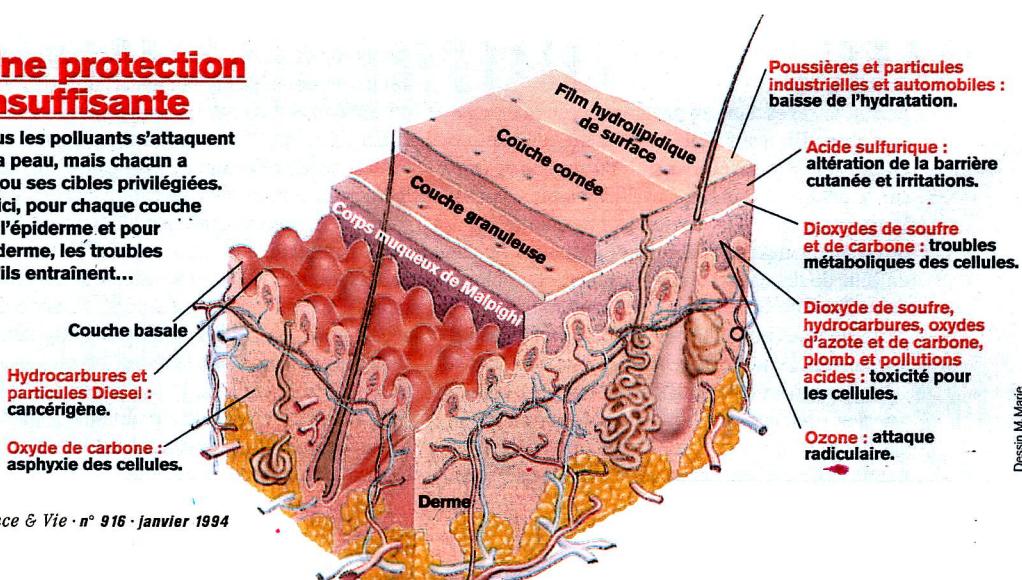
En France, le laboratoire Clarins a été l'un des premiers à tenter d'analyser l'action de la pollution sur la peau. L'enquête a porté sur une centaine de dermatologues et sur 3 000 de leurs patients. Il s'est avéré que l'on trouvait 60 % de peaux sensibles en plus chez les patients vivant en zone urbaine. Résultats confirmés ensuite par l'étude, en laboratoire, de cellules placées dans une atmosphère fortement polluée. L'expérience a porté à la fois sur des kératinocytes (cellules de l'épiderme) et sur des fibroblastes (cellules du derme). Les premiers ont été placés dans une atmosphère à 70 ppm d'oxyde de carbone (la concentration maximale tolérée dans l'atmosphère est de 50 ppm), les seconds, soumis à des gaz d'échappement.

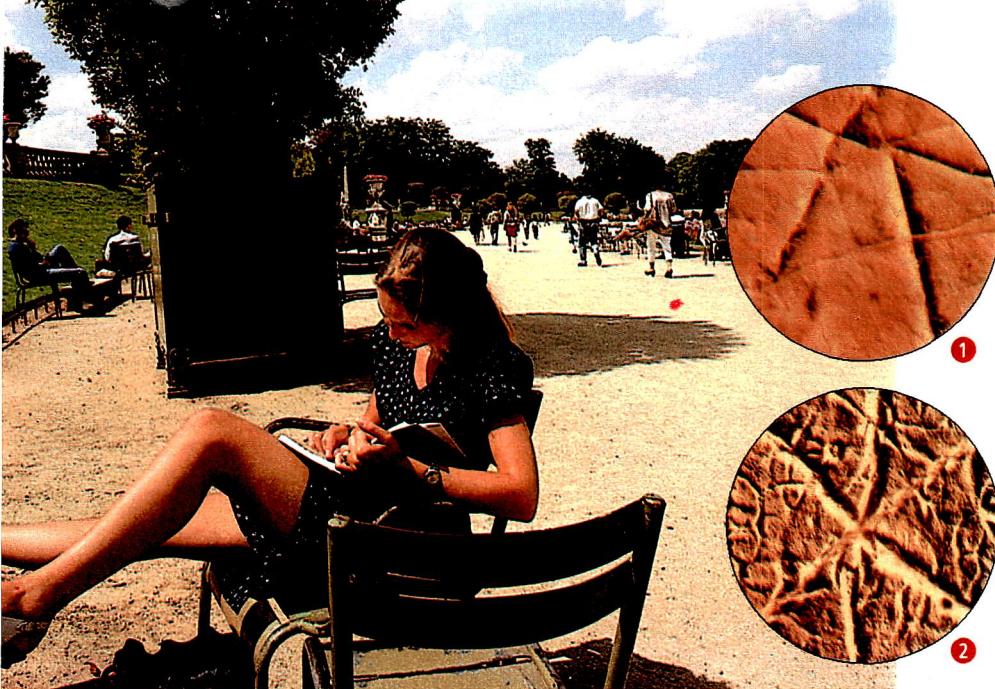
Résultat : comparé à une culture témoin, le



Une protection insuffisante

Tous les polluants s'attaquent à la peau, mais chacun a sa ou ses cibles privilégiées. Voici, pour chaque couche de l'épiderme et pour le derme, les troubles qu'ils entraînent...





Photos : J-F Rollinger/Fovea-Séquoia - M. Contier/La biosthétique

A quoi s'expose-t-elle ?

Contrairement à une peau qui en est préservée ①, une peau qui subit la pollution urbaine ② présente les mêmes altérations que celles provoquées par des substances détergentes. Ce type d'atteinte n'est observée que depuis trois ans. S'agit-il d'une nouvelle forme de pollution ou d'une nouvelle combinaison de polluants existants ?

taux de mortalité des cellules s'élève de 24 % en présence d'oxyde de carbone seul, et de 65 % en présence de gaz d'échappement. Bien évidemment, ces résultats *in vitro* (avec des concentrations bien plus élevées que ce que l'on rencontre dans la rue) ne reflètent pas exactement ce que la peau subit *in vivo*. «Les mesures sont volontairement exagérées, car notre objectif est d'essayer d'analyser ce qui peut se passer sur le long terme, pour faire de la prévention», précise Lionel de Benetti, directeur de la recherche chez Clarins.

Normalement, la peau a les moyens de se défendre toute seule, grâce à "l'effet tampon": lorsque la barrière épidermique (*le stratum corneum*) est intacte, elle protège l'épiderme contre la pénétration d'agents chimiques et contre la perte d'eau du corps. Elle offre aussi une protection (limitée) contre les substances acides et alcalines grâce à certains de ses composants de surface : acides aminés amphotères et acides lactiques (issus de la sudation et des débris épidermiques).

Pour qu'il y ait pénétration des polluants, il faut un certain nombre de circonstances aggravantes : un dommage physique (abrasion, altération chimique des composés de la barrière) et une surhydratation (due à une forte humidité ambiante) du *stratum corneum*, un taux d'exposition au polluant élevé et une altération du pH cutané.

Or, d'après une étude réalisée par un dermatologue allemand, H.S. Swantes, en 1976, sur des volontaires résidant à Berlin, le pH de la peau diminue de 0,4 unité, lorsque le taux de poussières (présentes dans l'atmosphère) augmente de 30 µg/m³, et inversement (voir tableau, p. 44). Se-

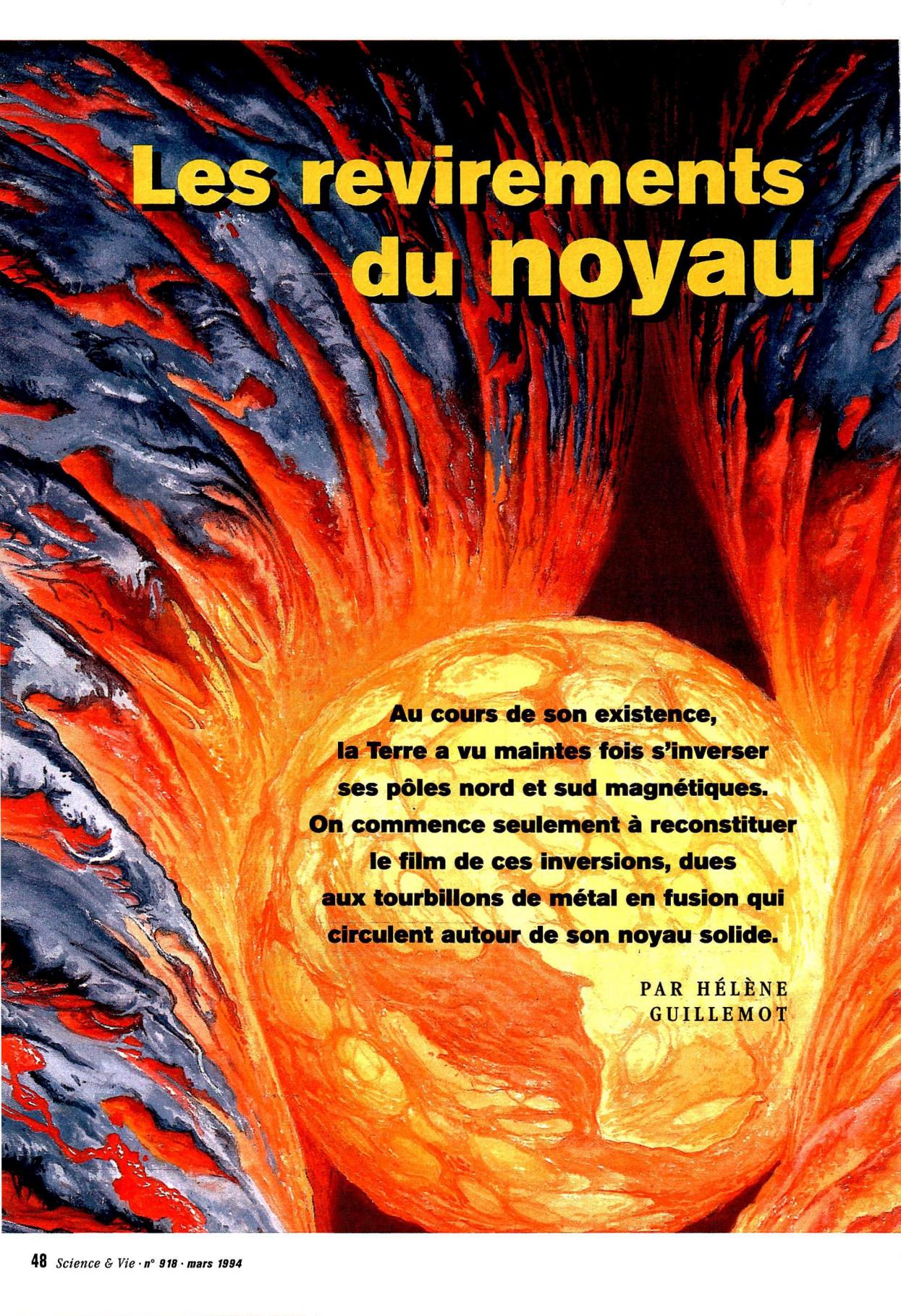
lon Lionel de Benetti, l'effet tampon ne suffit plus aujourd'hui à protéger la peau des agressions de l'environnement. Les particules polluantes se déposent sur son film hydrolipidique (constitué d'eau et de corps gras), se combinent avec lui, changent sa nature et le rendent agressif. Il s'ensuit une dénaturation des lipides et des protéines de la couche cornée, et une accélération de la production de radicaux libres, entraînant un vieillissement prématué de l'épiderme (voir dessin, ci-contre).

La pollution pourrait également jouer un rôle dans l'apparition de cancers de la peau. D'une part, les hydrocarbures polycycliques potentient l'effet cancérogène des UV sur l'épiderme. D'autre part, les oxydes d'azote se transforment en nitrosamines sous l'action des rayons UV – les nitrosamines sont des oxydants, réputés pour être potentiellement cancérogènes.

En revanche, notons toutefois que, pour le Pr Louis Dubertret, chef de service de dermatologie à l'hôpital Saint-Louis, à Paris, le fameux effet tampon permet normalement à la peau de se défendre toute seule, dans les conditions de pollution rencontrées en ville. Les seuls résultats vraiment scientifiques, à sa connaissance, concernent l'impact de la pollution sur les eczémas de naissance des enfants. Ils ont augmenté de 6 % à 10 % en dix ans, notamment en région urbaine.

«Donc effectivement, si la peau possède un défaut génétique d'adaptation, la pollution peut révéler cette fragilité.» Mais si la pollution n'engendre pas (encore) de cas cliniques sérieux, cela ne signifie pas qu'elle ne possède pas d'action sur le long terme.

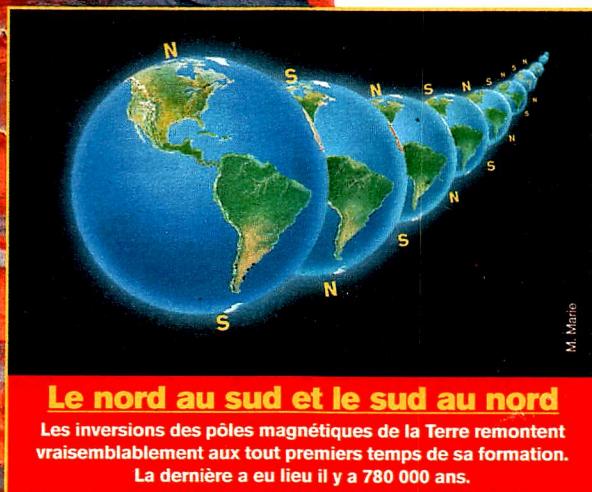
Les revirements du noyau



**Au cours de son existence,
la Terre a vu maintes fois s'inverser
ses pôles nord et sud magnétiques.
On commence seulement à reconstituer
le film de ces inversions, dues
aux tourbillons de métal en fusion qui
circulent autour de son noyau solide.**

**PAR HÉLÈNE
GUILLEMOT**

terrestre



Un jour, monsieur Einstein père offrit à son rejeton, âgé de 4 ou 5 ans, une boussole. Selon la légende, c'est elle qui aurait déclenché la vocation scientifique du petit Albert... Quoi de plus mystérieux, en effet, que cette simple aiguille d'acier désignant obstinément la même direction, le nord ? Le futur génie aurait été encore plus intrigué s'il avait su que, de temps en temps, elle indique tout aussi obstinément le sud !

On le sait aujourd'hui, les renversements magnétiques de notre planète ont été fréquents dans son histoire. Le prochain aura peut-être lieu d'ici un ou deux milliers d'années... Le dernier remonte à 780 000 ans : avant, le nord (magnétique) était au sud (géographique) ; voici un peu moins d'un million d'années, on retrouve le nord au nord ; cent mille ans plus tôt, à nouveau au sud, et ainsi de suite... Entendons-nous bien : notre planète ne fait pas de galipettes ! Seul son champ magnétique s'inverse.

Qu'est-ce qui provoque ce revirement à 180° ? Quand se produit-il ? Et que devient le champ magnétique pendant le renversement ? Ces grandes questions trouvent peu à peu des réponses après trois décennies d'accumulation de données. «Aujourd'hui, on assiste à un spectaculaire renouveau», annonce Carlo Laj, directeur adjoint du Centre des faibles radioactivités, à Gif-sur-Yvette.

La nouvelle interrogation peut se résumer ainsi : le champ magnétique terrestre se renverse-t-il en passant par des chemins préférentiels, ou de manière beaucoup plus désordonnée ? De la réponse à cette question dépend toute la dynamique interne de notre planète. Car

c'est bien au cœur de la Terre que s'est formé, s'entretient et s'inverse le champ magnétique. Concernant cette dernière propriété, il aura fallu plus de cinquante ans d'études pour l'admettre !

Tout commence en 1906. Le physicien français Bernard Bruhnes observe sur des laves d'Auvergne une aimantation bizarre : en sens inverse du champ terrestre. Or les laves, roches magnétiques, subissent l'influence du champ ambiant, et s'aimantent dans sa direction pendant leur refroidissement. Bruhnes suppose donc, logiquement, qu'à l'époque où ces

LE CŒUR DE LA TERRE, UNE GIGANTESQUE DYNAMO

La source du champ magnétique se dissimule à 3 000 kilomètres sous nos pieds, dans le noyau liquide de la Terre. Malheureusement, rien n'est plus inaccessible que le centre de la Terre, pas même les galaxies lointaines... Toutefois, on parvient à l'explorer très indirectement, en étudiant la propagation des ondes sismiques.

Ces ondes ont révélé que notre planète est constituée de trois couches concentriques : une mince écorce externe, suivie du manteau, et enfin, au centre, le noyau. Entre noyau et manteau, on trouve la couche dite D'' (prononcer D seconde), très hétérogène. Quant au noyau, gros comme la planète Mars, il est composé d'un cœur solide en alliage de fer et de nickel – la graine – entouré d'une énorme masse de fer en fusion. C'est là, dans les cyclones gigantesques du noyau liquide, que naît le champ magnétique terrestre.

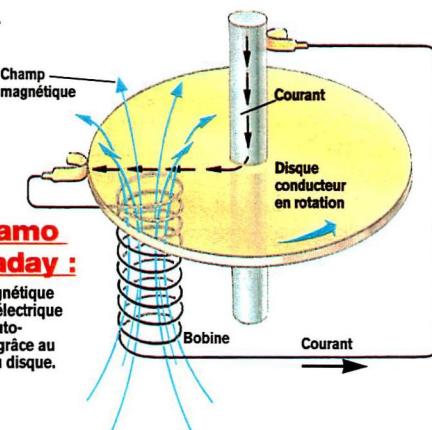
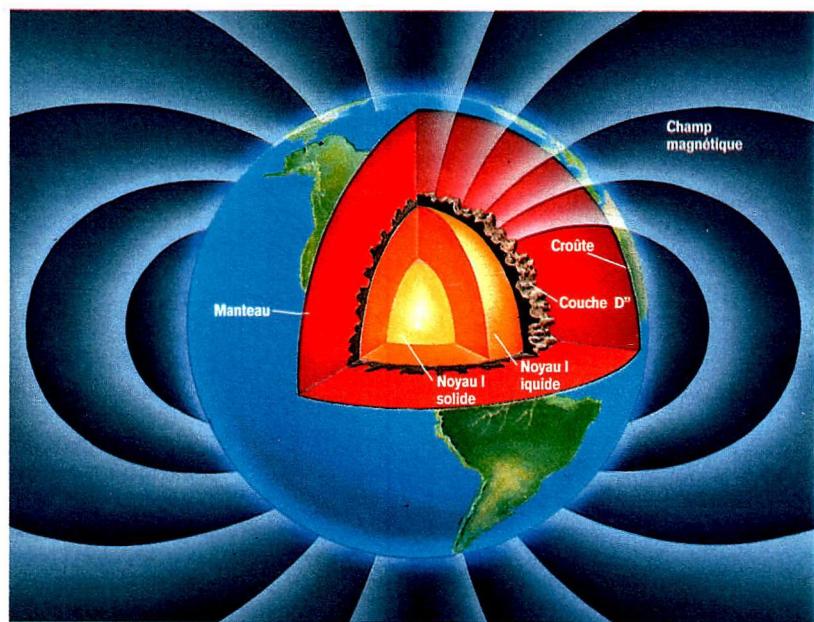
Pour produire un champ magnétique, deux solutions : l'aimant ou le courant électrique. Les roches, à l'intérieur du globe, sont trop chaudes pour conserver une aimantation. Le champ terrestre est donc engendré par de puissants courants circulant dans le noyau externe : le fer liquide est, en effet, excellent conducteur d'électricité.

D'où viennent les courants électriques du noyau ? Ils sont créés par l'écoulement massif du fer en fusion. Le noyau est ainsi comparable à une dynamo : il transforme de l'énergie mécanique en énergie électromagnétique. C'est en fait une dynamo auto-entretenue, fonctionnant sur le modèle du disque de

Faraday (ci-dessous). Pour amorcer la machine, il suffit d'un faible champ magnétique initial : en effet, quand un conducteur (le disque de Faraday, ou le fer en fusion du noyau terrestre) est en mouvement dans un champ magnétique, un courant électrique induit s'y crée spontanément. Celui-ci engendre à son tour un champ magnétique, qui crée un courant électrique, et ainsi de suite. Dans de "bonnes" conditions, courants et champ magnétique s'entretiennent mutuellement bien après la disparition du champ magnétique initial. C'est le cas dans la Terre.

si un rôle essentiel, en déviant ces courants de convection par la force de Coriolis. C'est grâce à cet effet que le nord magnétique reste presque aligné sur le nord géographique.

De quelle façon le fluide s'écoule-t-il pour fournir le champ magnétique, l'entretenir pendant des milliards d'années et même l'inverser de temps en temps ? C'est toute la question pour les théoriciens du géomagnétisme. Question actuellement insoluble, tant la circulation dans le noyau est complexe. Jusqu'ici, aucun modèle de dynamo, même simplifié, ne parvenait à expliquer les inversions du champ. Soit la polarité restait désespérément constante, soit elle se retourne à cadence régulière. Mais, en décembre dernier, l'Américain Gubbins a réussi, pour la première fois, à simuler une dynamo rudimentaire dont le champ s'inverse spontanément.



La dynamo de Faraday :

Un champ magnétique et un courant électrique induits qui s'auto-entretiennent grâce au mouvement du disque.

Au bilan final, l'unique moteur de la dynamo terrestre est le mouvement du fluide dans le noyau : c'est-à-dire les énormes courants de convection thermique qui permettent au centre de la Terre d'évacuer de la chaleur. Mais la rotation terrestre joue aus-



La falaise était sous la mer

Autrefois enfouie à 300 m sous la mer, cette falaise de Potamida, en Crète, intéresse les géophysiciens. Ils y prélèvent des échantillons de sédiments ayant enregistré des inversions du champ magnétique terrestre.

suite de la page 49

laves ont été émises, le champ magnétique de la Terre était l'inverse du champ actuel. Mais l'idée était si... renversante que les scientifiques ont préféré d'autres explications (telles qu'une aimantation spontanée inverse de certaines roches...).

Dans les années 1950, on se rendit enfin à l'évidence : de nouvelles techniques de datation montraient que, partout sur la planète, des laves de même âge présentaient la même aimantation, soit "normale", soit "inverse". Une chronologie des inversions a été dressée, qui permet aujourd'hui de remonter jusqu'à environ 200 millions d'années, (au-delà, la chronologie est plus incertaine). On y dénombre pas moins de 200 basculements des pôles ! Ils ne durent qu'entre 3 000 et 6 000 ans (un instant à l'échelle géologique), et surviennent à une fréquence complètement irrégulière, de façon apparemment aléatoire (voir "code barres", p. 53).

Cette histoire des inversions magnétiques, les chercheurs la lisent dans trois sortes d'"archives" : les laves volcaniques, déjà évoquées ; les sédiments marins, qui contiennent des petits grains aimantés d'oxyde de fer, se déposant dans le sens du champ magnétique de la Terre ; enfin le plancher océanique, engendré par le magma s'écoulant des dorsales sous-marines, et s'aimantant lui aussi suivant le champ ambiant (voir dessin p. 53).

Aujourd'hui, la chronologie de ces renversements est utilisée comme technique de datation en paléontologie, en climatologie, etc. Mais, pour les géophysiciens, il reste le plus important : comprendre le phénomène d'inversion lui-même. En temps normal, c'est-à-dire hors inversion, le champ magnétique terrestre a une forme essentiellement dipolaire (avec deux pôles), comme

s'il était engendré par un énorme aimant droit enfoui dans les entrailles de la Terre, à peu près aligné sur l'axe de rotation (voir cartes, ci-dessous).

Que devient ce champ pendant les inversions ? Reste-t-il dipolaire et s'inverse-t-il en passant par l'équateur (comme si le gros aimant interne se renversait) ? Ou devient-il bien plus compliqué ? Pour le savoir, une seule solution : reconstituer en détail les tribulations du champ pendant chaque inversion. Les outils des chercheurs sont toujours les mêmes : laves et sédiments (les fonds océaniques, en revanche, ne se prêtent pas à une étude fine des inversions).

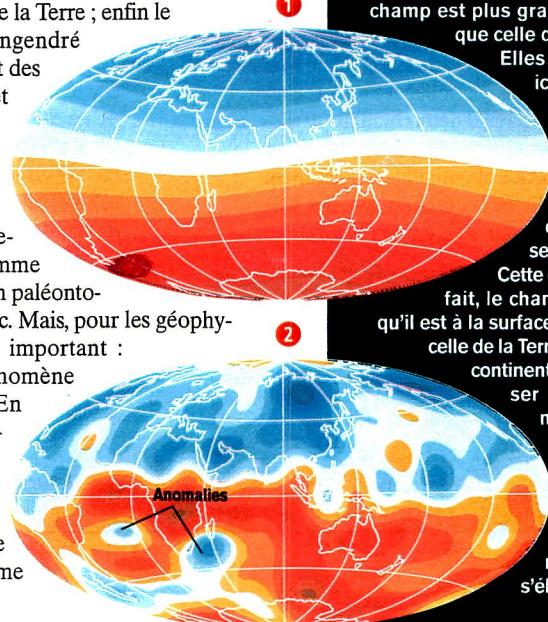
Les laves ont un grand défaut : elles ne racontent qu'une histoire en pointillé. Rares sont, en effet, les volcans qui ont eu le bon goût d'entrer fréquemment en éruption juste au moment d'une inversion du champ magnétique. Aussi, les géophysiciens se tournent-ils plus souvent vers les sédiments, qui présentent l'avantage de donner un en-

10 % D'ANOMALIES

Le champ magnétique de la Terre est comparable à celui que produirait un immense barreau aimanté enfoui au centre de notre globe et orienté suivant son axe de rotation. Ce champ dipolaire constitue 90 % du champ magnétique total (carte ① - en bleu, les flux magnétiques entrants, en jaune, orange et rouge, les flux sortants ; plus le flux est intense, plus les couleurs sont foncées). Les 10 % restants sont de vastes "anomalies" (carte ②), où l'intensité du champ est plus grande ou plus petite que celle du champ dipolaire.

Elles sont très visibles ici : les taches bleues dans l'hémisphère Sud correspondent à des zones où les anomalies sont si intenses qu'elles inversent le sens du flux dipolaire.

Cette carte représente, en fait, le champ magnétique tel qu'il est à la surface du noyau et non à celle de la Terre (on y a reporté les continents pour mieux localiser les anomalies). A notre niveau, la composante non dipolaire est moins importante qu'elle n'apparaît ici, car elle diminue très vite en s'éloignant du noyau.



suite de la page 51

registrement continu du magnétisme terrestre, inversions comprises.

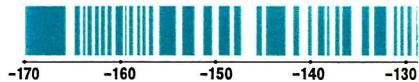
Les petits grains aimantés qui tombent au fond des mers et s'accumulent en sédiments sont si légers que, pendant leur chute, la force magnétique exercée par le champ terrestre tend à les aligner dans sa direction, comme autant de minuscules boussoles. Statistiquement, l'orientation de chaque niveau du sédiment indique donc la direction du champ à l'époque du dépôt. Pour reconstituer la trajectoire du pôle pendant son basculement, il suffit donc de choisir un tronçon de sédiment contemporain d'une inversion, et d'y relever la succession des orientations magnétiques. Mais attention ! Ce raisonnement ne vaut que si le champ s'est retourné en restant dipolaire... Sinon, si le champ est plus complexe, la trajectoire ne représente rien du tout, car il n'y a plus nulle part de pôle nord !

Pour en avoir le cœur net, la méthode consiste à "faire comme si"

le champ était bien dipolaire. On trace le chemin de ce pôle géomagnétique "virtuel" (ou PGV) pendant l'inversion, et on répète l'opération sur plusieurs échantillons datant de la même inversion mais prélevés dans des sites très dispersés. De deux choses l'une : soit que les enregistrements de sites différents se superposent à peu près et révèlent l'existence d'un pôle unique (donc le champ est resté à peu près dipolaire), soit que chaque échantillon donne une trajectoire de PGV différente, et il en ressort que ce PGV n'a pas de sens réel et que le champ, pendant l'inversion, n'était pas dipolaire. Les premiers travaux de ce genre, datant des années 1970, trouvaient des pôles virtuels très dispersés. Non seulement le champ de transition n'était pas dipolaire, mais il apparaissait complexe et fluctuant...

En 1991, coup de théâtre : Carlo Laj et Alain Mazaïd, du CFR, ainsi que des collègues américains, annoncent la découverte de deux chemins privilégiés pour les inversions magnétiques. Un chercheur de l'université de Floride aboutit indépendamment à la même conclusion. Et la communauté des spécialistes s'enflamme, pour ou contre la théorie des "chemins préférentiels" !

2 Chronologie des inversions



Que sont ces fameux chemins préférentiels ? Laj et ses collègues se sont aperçus, en compilant les données d'inversion depuis 12 millions d'années, que les pôles virtuels se situent presque tous sur deux bandes de longitude : l'une sur les Amériques, l'autre aux antipodes, sur l'Asie et l'Australie (voir carte p. 54). Conclusion : en s'inversant, le champ reste, sinon dipolaire (il n'y aurait alors qu'un chemin, et non pas deux), en tout cas assez simple, avec quelque chose qui ressemble à des pôles transitant entre le nord et le sud en passant toujours par le même chemin !

Cette découverte a une conséquence capitale. On sait que le champ magnétique naît dans le noyau liquide de la Terre, engendré par la puissante circulation du fer en fusion (voir encadré, p. 50). Mais si les inversions transitent par des chemins identiques pendant 12 millions d'années, alors il est clair que le noyau ne peut pas être seul responsable ! En effet, le métal fluide s'y déplace bien trop rapidement (dix kilomètres par an environ) pour reproduire, à des centaines de milliers d'années d'intervalle ou plus, les mêmes courants générateurs des mêmes inversions. En d'autres termes, le

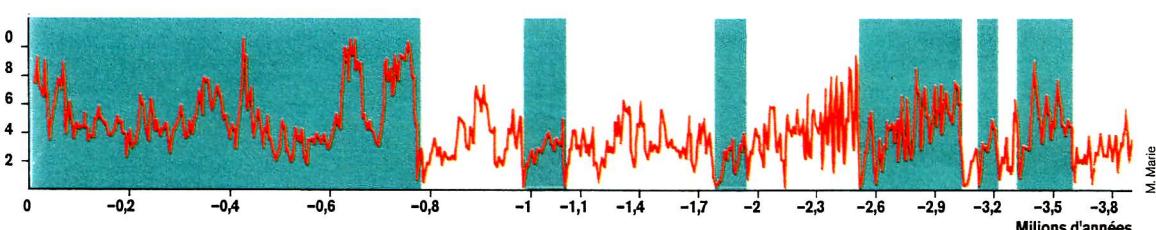
LES INVERSIONS

Les inversions des pôles sont étroitement liées aux variations d'intensité du champ magnétique terrestre. Tel est le surprenant résultat des mesures effectuées récemment par Jean-Pierre Valet et Laure Meynadier, deux jeunes chercheurs de l'Institut de physique du globe de Paris (IPG). Jusqu'alors, on ne s'était intéressé qu'à la direction du champ magnétique, tant les mesures d'in-

tensité sont délicates. C'est donc une première, qualifiée par plusieurs spécialistes de «découverte la plus importante dans ce domaine depuis celle des inversions».

Les deux chercheurs ont mesuré le magnétisme de sédiments prélevés dans l'océan Pacifique et recoupé leurs résultats avec des sédiments d'autres sites (océans Indien et Atlantique). La courbe d'intensité qu'ils

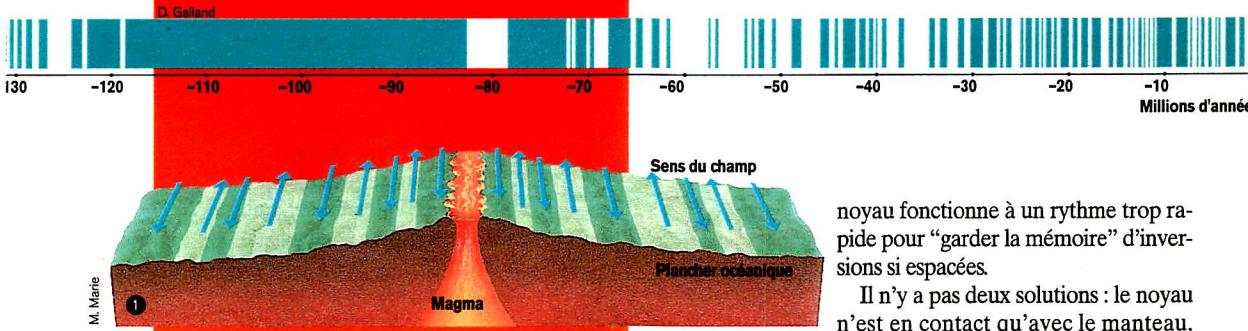
Polarité normale Polarité inversée Inversion



M. Marie

LE CODE BARRES DE LA TERRE

D. Galland



M. Marie

On peut lire la chronologie des inversions du champ magnétique terrestre... au fond des océans ! Le plancher océanique est engendré en continu par le magma s'échappant des dorsales. En refroidissant, ce magma s'aimante dans la direction du champ ambiant. On observe alors, de part et d'autre des dorsales, des bandes de polarités alternativement normales et inverses (dessin 1). La chronologie des inversions magnétiques apparaît tout à fait aléatoire. Polarités normales, comme la nôtre, et inverses s'étendent sur des durées irrégulières (dessin 2). L'origine de ce rythme d'apparence chaotique n'est toujours pas comprise.

noyau fonctionne à un rythme trop rapide pour "garder la mémoire" d'inversions si espacées.

Il n'y a pas deux solutions : le noyau n'est en contact qu'avec le manteau, c'est donc le manteau qui est en jeu.

De fait, la convection y est assez lente pour que des phénomènes persistent durant environ 10 millions d'années. Bref, le manteau contrôlerait les inversions magnétiques, via son interface avec le noyau.

La couche frontière entre noyau et manteau jouerait donc un rôle clé : l'idée avait déjà été avancée à plusieurs reprises. Zone de contact entre le fer en fusion du noyau et les roches cristallines du manteau, cette couche baptisée D'' est extraordinairement réactive et hétérogène, tantôt amincie jusqu'à presque disparaître, tantôt épaisse de près de 300 km. Ses énormes hétérogénéités à la frontière du noyau pourraient déstabiliser la circulation du fluide, et provoquer les inversions du champ... Or, la découverte de chemins préférentiels va dans le sens de cette hypothèse.

En effet, ces fameux chemins coïncident avec plusieurs autres phénomènes remarquables : par exemple, des zones où le manteau profond est plus froid qu'ailleurs (on le sait par la vitesse des ondes sismiques qui le traversent). Or, seconde "coïncidence", ces "points froids" du manteau correspondent, au niveau de la croûte terrestre, à des zones de subduction : c'est là que les plaques océaniques s'enfoncent sous les plaques continentales. Peut-être tient-on là l'ébauche d'une explication... Et si des morceaux de plaque océanique continuaient de "tomber" jusqu'en bas du manteau ? Elles pourraient causer des refroidissements locaux, affectant la frontière noyau-manteau puis la circulation du fluide jusqu'à susciter les inversions magnétiques... Ainsi, la dérive des continents modifierait le champ magnétique terrestre, et inversement, par l'intermédiaire du manteau !

Hypothèse très spéculative, et il en existe bien d'autres... Mais on trouve là une sorte d'unité de la Terre, une continuité de phénomène de la surface au cœur du globe, chaque niveau influant sur les autres. Idée bien séduisante aux yeux de beaucoup de chercheurs, dont Carlo Laj. Mais elle est loin de faire l'unanimité. Car, beaucoup de géophysiciens ne croient pas à l'existence des chemins préférentiels. Ils proposent un modèle diamétralement opposé : le champ magnétique, pendant les inver-

RÉGÉNÈRENT LE CHAMP

ont pu tracer pour les quatre derniers millions d'années a exigé plus de 50 000 mesures, réalisées automatiquement et en continu à l'aide d'un magnétomètre cryogénique.

Cette courbe en dents de scie révèle que l'intensité du champ magnétique (1) suit un cycle répétitif. Pendant les périodes de polarité stable, l'intensité décroît régulièrement. Puis, quand le champ est devenu très faible, il s'inverse brusquement, et, tout de suite après, augmente très fortement. Il semble même que, plus le champ reprend de vigueur après une inversion, plus il reste ensuite longtemps sans s'inverser...

Ainsi, la circulation du fluide dans le noyau semble conduire naturellement à un

affaiblissement du champ magnétique dipolaire. Mais quand celui-ci est très dégradé, il se retourne, ce qui a pour effet de le régénérer. Puis il décroît à nouveau...

Ces tendances fortes se compliquent de nombreuses petites fluctuations irrégulières, qui vont parfois jusqu'à des inversions instables et passagères, suivies d'un retour du champ à sa position d'origine.

Voilà du travail en perspective pour les spécialistes de la dynamo terrestre : aucun modèle de circulation des courants ne prévoit cette lente décroissance du champ !

(1) Seule la composante dipolaire du champ est mesurée : les irrégularités non dipolaires varient beaucoup trop vite (en quelques siècles) pour être enregistrées par les sédiments, qui se déposent extrêmement lentement.

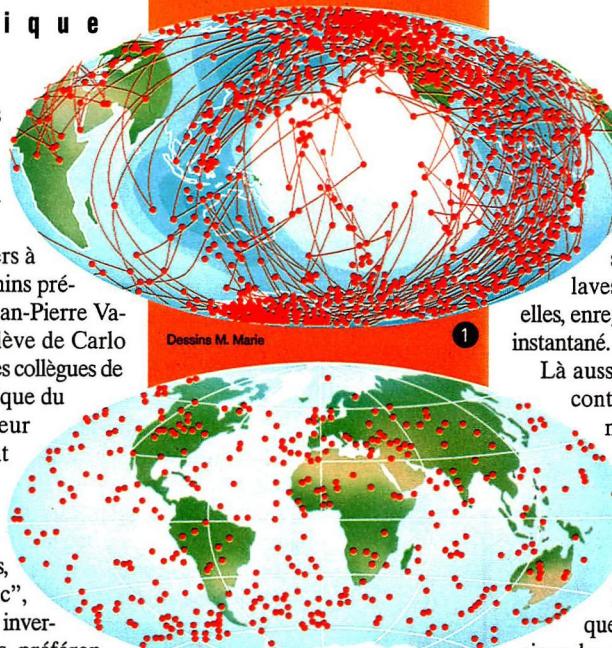
suite de la page 53
sions, ne serait pas simple et répétitif, mais complexe et désordonné.

Un des premiers à critiquer les chemins préférentiels a été Jean-Pierre Valet – un ancien élève de Carlo Laj – avec quelques collègues de l’Institut de physique du globe, à Paris. Leur premier argument portait sur la statistique : ils ont réévalué les données de sédiments, non plus “en vrac”, mais inversion par inversion. Les bandes préférentielles ont disparu, et les points sont disséminés au hasard ! Cette critique a été à son tour critiquée, et la petite bataille de statistiques qui s’en est suivie n’est toujours pas achevée.

L’affaire ne s’arrête pas là. Les mêmes chercheurs de l’IPG, ainsi que des Américains, ont remarqué, sur la carte des chemins préférentiels, un lien suspect entre le site où a été prélevé un sédiment et les pôles virtuels trouvés avec ce même sédiment : ces deux lieux sont presque toujours séparés par une distance de 90° de longitude. Or, par principe, le pôle ne doit pas dépendre de l’endroit où on le mesure... On voit se profiler le spectre de l’artefact expérimental.

Mais les champions des bandes préférentielles ont réponse à tout : cet écart, rétorquent-ils, s’explique parce que la plupart des mesures ont été réalisées en Europe, c'est-à-dire environ à 90° de la “bande” des Amériques ! Pour le vérifier, on est parti en Chine prendre quelques sédiments près de la ville de Xian. Résultat : sur ces prélèvements, les inversions persistent à passer par les chemins des Amériques et de l’Asie.

Troisième critique, enfin : les sédiments sont lents à se déposer (environ 2 centimètres en 1 000 ans) et encore plus à s’immobiliser ; au contraire, le champ magnétique, pendant ses renversements, varie très vite. Il se peut donc que les grains ne s’orientent pas assez vite pour “suivre” l’inversion,



LES CARTES DE LA CONTROVERSE

Pour certains chercheurs, lors des inversions du champ magnétique terrestre, les pôles nord et sud basculent selon des “chemins préférentiels” (1), les pôles sont représentés par des points, leurs trajectoires par des traits). Pour leurs contradicteurs, ces chemins n'existent pas, et ces “pôles virtuels” occupent des positions dispersées (2). Dans le premier cas, la Terre conserverait un champ à peu près dipolaire lors des inversions, dans le second, ce champ est beaucoup plus complexe, et on ne plus parler de pôles, d'où l'adjectif “virtuel”.

faussant ainsi la reconstitution des chemins. Une seule solution : changer de source ; examiner les laves volcaniques qui, elles, enregistrent le champ en instantané.

Là aussi, les résultats sont contradictoires ! Kenneth Hoffman, de l’université d’Etat de Californie, a travaillé sur des volcans de Hawaï et des îles de la Société : il trouve que, pendant les inversions, les pôles semblent s’accumuler dans deux zones proches de l’Amérique du Sud et de l’Australie. A l’inverse, Michel Prévot et Pierre Camp, de l’université de Montpellier, trouvent avec des laves d’Islande des points intermédiaires dispersés sur tout le globe (carte ci-contre). Situation, on le voit, plutôt confuse.

Qui a raison ? Selon Carlo Laj, une tendance semble se dessiner en faveur de mécanismes d’inversion répétitifs. Mais, récemment, des mesures réalisées par Jean-Pierre Valet et Laure Meynadier, tous deux de l’IPG, montrent que les inversions sont étroitement

liées à l’intensité du champ (encadré p. 52). Les renversements semblent, en effet, survenir quand le champ, ou plutôt sa partie dipolaire, est devenu très faible. Peut-être est-ce alors la partie non dipolaire du champ qui domine pendant l’inversion, suggère Jean-Pierre Valet ; c'est-à-dire un champ irrégulier et variable... Répétitif, ou au contraire irrégulier, le champ magnétique pendant les inversions ? Au rythme où tombent les résultats, l’éénigme devrait être bientôt résolue.

Quant à la prochaine inversion, elle pourrait avoir lieu d’ici 1 000 ou 2 000 ans si la composante dipolaire continue de s’affaiblir. Mais il n’y a pas de quoi s’affoler, même si le champ magnétique s’annule. Près du pôle, les Esquimaux ne sont pratiquement pas protégés par ce champ, et ils ne semblent pas s’en porter plus mal ! ■

COURRIER RÉINVENTÉ

Voilà trois ans, l'équipe de Courier International inventait le premier hebdomadaire français d'actualité internationale...



Aujourd'hui, nous réinventons Courrier, un journal plus complet, plus clair, plus prospectif, plus global... et un peu plus grand.

COURRIER INTERNATIONAL

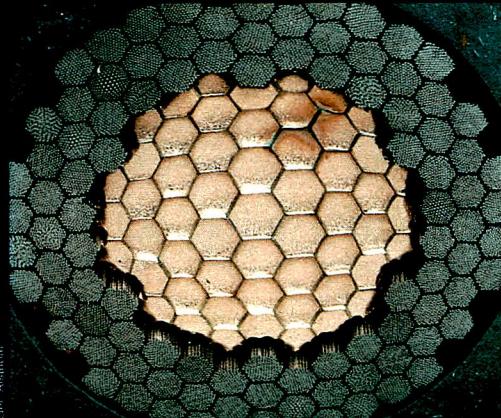
L'actualité plus forte avec les plus grands journaux mondiaux

CHAQUE JEUDI 15 F CHEZ TOUS LES MARCHANDS DE JOURNAUX

L'invasion douce des supraconducteurs

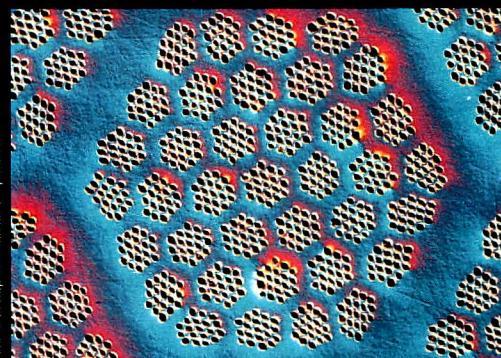
PAR DANIEL TARNOWSKI

Les supraconducteurs ont brisé la glace : des chercheurs affirment qu'un matériau conduit l'électricité sans déperdition à + 7 °C ! Mais à quoi cela peut-il bien servir ? En théorie, les applications s'annoncent innombrables et révolutionnaires, surtout en électronique. En pratique, les difficultés techniques et les coûts limitent l'enthousiasme. Récit d'une escalade qui échauffe les esprits.



REFROIDIS À L'HÉLIUM LIQUIDE

Ce fil supraconducteur "classique" contient des milliers de filaments de 0,6 micromètre de diamètre. Fabriqué par GEC Alsthom Intermagnetics, il sert à construire des électro-aimants pour l'imagerie médicale et la physique.



REFROIDIS À L'AZOTE LIQUIDE

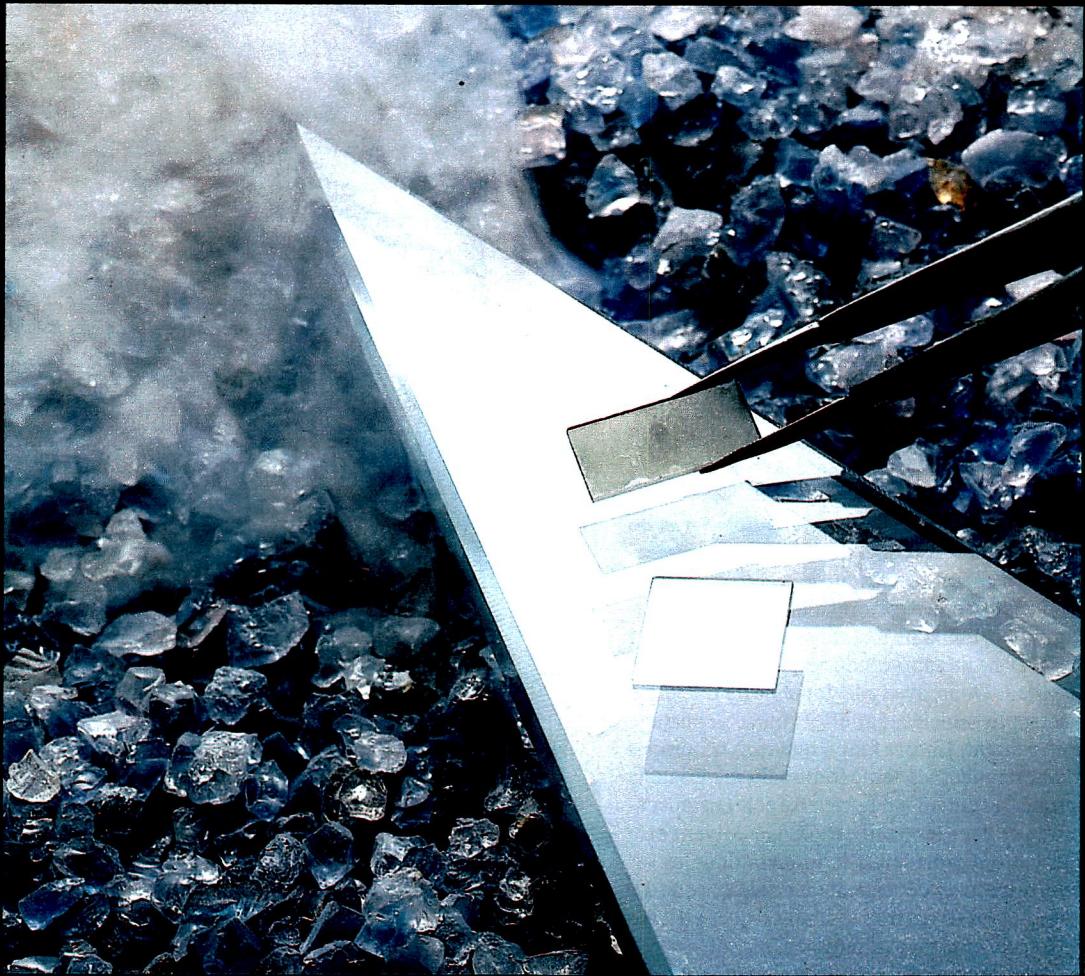
Voici la génération suivante : celle des supraconducteurs "tempérés". Fabriqué par American Superconductor Corporation,

A quoi servent les supraconducteurs ? A quoi servent-ils aujourd'hui et à quoi serviront-ils demain ? Voilà les questions que l'on se pose à chaque nouvelle découverte scientifique dans ce domaine. Les deux dernières ont fait grand bruit lorsque, coup sur coup, en décembre dernier, la fièvre des supraconducteurs a atteint de nouveaux sommets. Deux percées expérimen-

tales annonçaient l'arrivée des supraconducteurs à température presque ambiante.

Michel Laguës et son équipe ont d'abord élevé la supraconductivité à -23 °C, dans une expérience réalisée à l'Ecole supérieure de physique et chimie industrielles de Paris (en abrégé ESPCI). Soit un bond de presque cent degrés par rapport au record précédent. Ce à quoi Jean-Louis Tholence

supraconducteurs



E. Malmann/laif

À TEMPÉRATURE AMBIANTE ?

Le dernier-né des supraconducteurs atteint -23 °C. Sous la forme d'un film de 30 nanomètres d'épaisseur, il se distingue à peine sur le porte-échantillon. Découvert par Michel Laguès et ses collaborateurs, ses applications concerteront d'abord l'électronique.

et ses collaborateurs répliquaient avec + 7 °C, au Centre de recherche sur les très basses températures, à Grenoble (voir encadré p. 60).

Pourquoi cette course aux supraconducteurs à température ambiante ? «L'enjeu concerne d'abord l'électronique», affirme Jacques Lewiner, directeur scientifique de l'ESPCI. Pour lui, la principale retombée qu'il faut attendre de ces

recherches est «l'invention de nouveaux composants qui rendront les transistors et les circuits intégrés actuels aussi désuets que les anciens dispositifs à tubes électroniques». Des composants avec lesquels, révèle Lewiner, on pourrait «mettre la puissance d'un superordinateur Cray dans une calculette de poche».

Un Cray dans une calculette de poche : l'image ►

suite de la page 57

est de nature à enflammer l'imagination. Mais sur quels arguments repose-t-elle ? L'électronique est aujourd'hui la chasse gardée des semiconducteurs dont le fer de lance est le silicium. Pourquoi devraient-ils céder la place aux supraconducteurs ? Cette perspective apparaît d'autant plus surprenante que les applications actuelles de la supraconductivité visent plutôt à exploiter la caractéristique première de ce phénomène : l'absence de toute résistance électrique.

Un supraconducteur est, en effet, un corps qui, lorsqu'on le refroidit, n'oppose plus aucune résistance au passage d'un courant électrique. Le matériau lui-même ne change pas de nature. Ce sont les électrons de conduction (c'est-à-dire ceux qui transportent le courant) qui perdent leur liberté individuelle. Dans un supraconducteur, ils forment, en effet, un véritable fluide, homogène, dont ils sont forcés de suivre le mouvement d'ensemble. Cela les rend totalement insensibles aux obstacles qui les affectent individuellement dans un conducteur ordinaire et qui sont à l'origine de la résistance de celui-ci.

Conséquence immédiate : pas de perte. C'est-à-dire pas de perte par transformation d'énergie électrique en chaleur. Dans un conducteur, cette transformation se produit de façon proportionnelle à la résistance : c'est l'effet Joule. Dans un supraconducteur, toute résistance disparaît. Donc, avec elle, toute perte d'énergie électrique associée, par effet Joule, au passage d'un courant. Encore faut-il que trois conditions soient remplies : la température du matériau, la densité de courant qui le traverse et le champ magnétique dans lequel il est plongé doivent être plus bas que trois seuils "critiques" dont les valeurs respectives dépendent du matériau considéré. Si un seul de ces trois seuils fatidiques est franchi, le supraconducteur redevient résistif.

Les supraconducteurs "classiques" sont des métaux et des alliages métalliques comme le niobium-titanate ($Nb-Ti$) et le niobium-étain (Nb_3Sn). Inconvénient majeur : leurs très basses températures critiques, qui nécessitent un système de refroidissement à circulation d'hélium (à $-269^{\circ}C$, soit quatre degrés seulement au-dessus du zéro absolu), complexe et coûteux.

Principale application : la réalisation d'aimants, à la fois puissants et compacts, pour l'imagerie médicale et la physique. Le champ magnétique est produit par la circulation d'un fort courant électrique dans une bobine de fil supraconducteur. L'absence de toute résistivité dans ce dernier autorise, en effet, le passage d'un courant énorme sans dégagement de chaleur. De

STOCKEUR D'ÉNERGIE

Ce prototype ①, mis au point par Hans Bornemann et ses collaborateurs, à Karlsruhe, est un accumulateur d'un nouveau type, qui utilise le phénomène de lévitation magnétique ②. Dans ce prototype, une roue initialement au repos, mise en mouvement par un moteur, stocke de l'énergie cinétique. Ce disque est un aimant en lévitation au-dessus de pastilles supraconductrices refroidies à l'azote liquide. Tournant sans friction dans une enceinte sous vide, la roue ne dissipe donc pas l'énergie dont elle est porteuse. Cette dernière, stockée, est ainsi disponible à volonté et sans risque d'interruption.



MESURER LE MAGNÉTISME DU CERVEAU

Le magnéto-encéphalographe (MEG en abrégé) est un appareil médical étonnant : il mesure les variations des très faibles champs magnétiques produits par le cerveau.

Le premier en service en France vient d'être installé à Rennes par Biomagnetics Technologies, une firme californienne qui en a déjà livré

nouveau dans des hôpitaux américains, japonais, allemand.

Le dispositif contient 37 capteurs supraconducteurs (des SQUID, voir texte) enfermés dans un casque refroidi à l'hélium liquide et connectés à un ordinateur de traitement du signal.

Il permet, par exemple, d'étudier les crises d'épilepsie (dont l'origine est dans la pro-

fondeur du cortex) sans intervention traumatisante. Alors que, sans lui, il faut ouvrir la boîte crânienne et piquer le cerveau avec des électrodes profondes d'électro-encéphalographie pour étudier l'activité cérébrale des patients épileptiques.

On pourra sans doute, avec le MEG, localiser directement les activités des

aires corticales des cinq sens, celles des aires associées aux émotions, à la pensée. Sans verser une goutte de sang et sans aucune douleur pour le patient. Il suffit que 10 000 neurones soient activés de façon synchrone pour créer un champ mesurable, soit un millimètre cube de cortex.

JEAN-MICHEL BADER

telles bobines, en niobium-titanate, équipent systématiquement les appareils d'imagerie médicale (par résonance magnétique nucléaire). A Belfort, GEC Alsthom Intermagnetics fabrique, par exemple, les aimants supraconducteurs des immeubles de Philips Medical Systems.

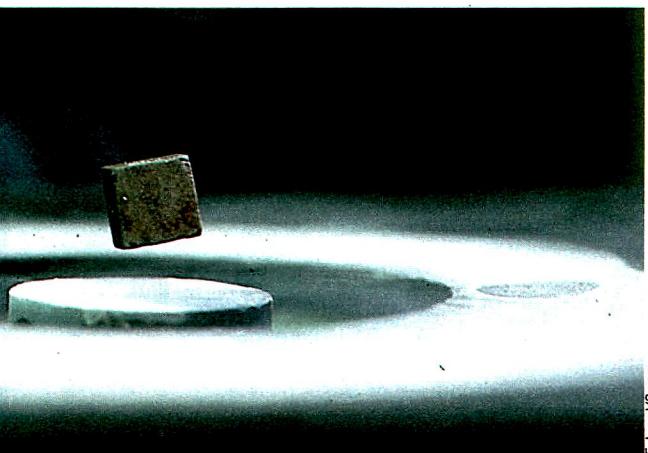
La physique des particules (pour ses accélérateurs) et les recherches sur la fusion thermonucléaire contrôlée (pour ses réacteurs expérimentaux) sont également très friandes d'aimants supraconducteurs. Mais dans d'autres applications à courant fort, comme les trains à sustentation magnétique (développés au Japon) ou l'électrotechnique, les supraconducteurs ont du mal à s'imposer en raison du coût de leur système de refroidissement.

Deuxième grande série d'applications : l'électronique. Toujours avec des métaux ou des alliages métalliques, comme le niobium et le niobium-étain utilisés, cette fois, en films minces. Ces matériaux supraconducteurs sont déposés sur un support (substrat), sous forme de couches dont l'épaisseur va de quelques nanomètres à quelques centaines de nanomètres (1 nanomètre = 1 milliardième de mètre).

Le composant de base de ces applications en films minces est la "jonction Josephson". C'est un microsandwich formé d'une mince couche d'isolant prise entre deux autres couches supraconductrices. En plaçant, par exemple, deux de ces jonctions dans un anneau supraconducteur parcouru par un courant continu, on réalise ce qu'on appelle un SQUID, de l'anglais *Superconducting Quantum Interference Device* (dispositif supraconducteur à interférence quantique).

Les SQUID sont d'extraordinaires capteurs de flux magnétique. Grâce à eux, on peut mesurer des champs magnétiques de l'ordre de 100 femtoteslas (soit un milliardième du champ magnétique terrestre). Ils équipent des magnétomètres que l'on utilise à des fins très diverses : géologie, détection de sous-marins, mesure des champs magnétiques émis par le cerveau (voir encadré ci-dessus).

Toujours avec des jonctions Josephson, on réalise des transistors ultrarapides, à faible consommation électrique et faible niveau de bruit. De tels avantages avaient poussé IBM à lancer un vaste programme de recherche en vue de réaliser un "ordinateur Josephson". Le projet a été abandonné en 1983. Il a été développé sous une autre forme au Japon, où des firmes comme Fujitsu ou



F.Jouve/Sygma

LA COURSE AUX HAUTES TEMPÉRATURES

Que faut-il penser des découvertes annoncées en décembre ? Les expériences menées à Paris et à Grenoble avaient le même but : trouver des supraconducteurs à température critique toujours plus élevée – si possible à la température ambiante, puisque aucun argument théorique ne l'interdit. En revanche, les démarches suivies par les deux

équipes sont profondément différentes.

Celle de Jean-Louis Tholence et ses collaborateurs, à Grenoble, met en œuvre une technique relativement classique de synthèse des composés par voie chimique (voir *Science & Vie* n° 915, p. 44). D'emblée, les Grenoblois ont été très prudents. Dans leur communication scientifique⁽¹⁾, ils prennent toutes les précautions en parlant d'«anomalies qui semblent indiquer la présence de traces d'une phase supraconductrice». Mais, jusqu'à présent, ils n'ont pas retrouvé de semblables anomalies à des températures aussi élevées que celle de + 7 °C, qui était annoncée.

La démarche adoptée par Michel Laguès et son équipe, à Paris, est bien différente, car elle consiste à réaliser directement un composé sous forme de film mince. Avec un

raffinement extrême puisque les éléments chimiques sont projetés sur le substrat l'un après l'autre, séquentiellement, de façon à construire le film couche atomique par couche atomique. Cette méthode revient donc littéralement à «tricoter» un composé dont la structure est imposée par la séquence des opérations de dépôt. Laguès et ses collaborateurs gardent secrète la composition exacte des tricots atomiques ainsi réalisés. La communication scientifique publiée⁽²⁾ indique simplement qu'il s'agit d'un composé de la famille des oxydes mixtes de cuivre, calcium, strontium et bismuth (sans préciser la proportion exacte de chaque élément). L'épaisseur du film est de 30 nanomètres.

Température critique : -23 °C. Sur ce point, Laguès persiste et signe. Il affirme avoir observé les deux

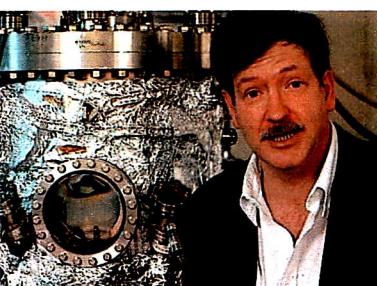
signatures caractéristiques de la supraconductivité : chute de résistivité et diamagnétisme (le champ magnétique est expulsé du supraconducteur). Les effets diamagnétiques sont, souligne-t-il, «faibles mais certains». En fait, ils sont à la limite de sensibilité des équipements de mesure.

Sont-ils bien dus à de la supraconductivité ? «Ce n'est pas totalement démontré», affirme le chimiste Bernard Raveau, le père des oxydes de cuivre supraconducteurs. Cette opinion résume bien celle de tous les spécialistes. Laguès, lui, ne pense pas en rester là : il a observé dans ses «tricots» de possibles indices de supraconductivité jusqu'à + 70 °C. Mais, comme les précédents, ils restent à confirmer.

(1) *Physics Letters A*, 3 janvier 1994, p. 215.

(2) *Science*, 17 décembre 1993, p. 1850.

Michel Laguès est formel : il a obtenu un supraconducteur à -23 °C.



suite de la page 59

Hitachi ont réalisé des prototypes de micro-ordinateurs supraconducteurs à -269 °C. Cette température reste bien sûr le handicap majeur des supraconducteurs classiques. D'où l'intérêt d'une nouvelle famille de matériaux : les oxydes supraconducteurs. Depuis 1987, leurs températures critiques ont franchi le cap des -196 °C. Or, on obtient cette «douceur» avec des systèmes de refroidissement à l'azote liquide, nettement plus légers et moins coûteux que ceux à l'hélium.

Ces nouveaux supraconducteurs «tempérés» sont des oxydes de cuivre. Ce sont, par exemple, des oxydes mixtes de cuivre, baryum et yttrium (YBaCuO). Ou encore des oxydes de cuivre, calcium, strontium et bismuth (BiSrCaCuO). De multiples autres variantes font intervenir le strontium, le thallium, le mercure, etc. Mais, à chaque fois, on y retrouve du cuivre et de l'oxygène, associés à d'autres éléments chimiques.

On obtient des échantillons massifs de ces composés grâce à des méthodes de synthèse

plus ou moins compliquées mais dont le principe général est finalement très simple : mélanger les ingrédients dans les bonnes proportions et faire chauffer le tout. Le «plat» final – à déguster avec modération – est une céramique. C'est-à-dire un matériau solide qui comporte de minuscules grains cristallins.

Or, la supraconductivité est précisément dans ces grains. Pour les applications qui nécessitent le passage d'un courant fort, comme la réalisation d'aimants, cela pose deux problèmes : faire correctement passer le courant supraconducteur d'un grain à l'autre et, surtout, fabriquer des fils avec ces matériaux, qui sont aussi cassants qu'une assiette de porcelaine. Compte tenu de ces deux obstacles, la rapidité des progrès réalisés ces cinq dernières années est remarquable. Aux Etats-Unis, par exemple, les premiers prototypes supraconducteurs de moteurs électriques et de câbles pour le transport d'électricité ont vu le jour grâce aux performances des fils que fabrique American Super-

conductor (voir photos ci-dessous). Des performances qui, globalement, restent toutefois encore insuffisantes pour que l'on envisage de remplacer purement et simplement les supraconducteurs classiques (alliages métalliques) par les tempérés (oxydes de cuivre) dans les applications qui nécessitent le passage d'un courant fort.

Le tableau est différent dans les applications en films minces. En effet, les performances des supraconducteurs tempérés sont sur le point de rejoindre celles des classiques. La société américaine Conductus annonce, par exemple, pour ce mois-ci (mars 1994) la sortie d'un SQUID de hau-

te sensibilité, fonctionnant à la température de l'azote liquide (-196 °C). Mieux, une invasion douce se prépare en électronique avec la mise au point de composants passifs (filtres, antennes) et actifs (transistors) supraconducteurs, là aussi à la température de l'azote liquide.

A Tokyo, par exemple, une équipe de l'ISTEC, le grand centre japonais de recherche sur les supraconducteurs, a développé un circuit imprimé pour le traitement du signal en hyperfréquence. Ce circuit de deux centimètres de côté comporte deux antennes micro-ondes et six composants à effet Josephson. Ses applications sont très larges : de la communication par satellite aux systèmes anti-collisions pour les automobiles. Plus généralement, les nouvelles applications des films minces de supraconducteurs concernent les radars, les télécommunications, l'instrumentation, la détection et bien sûr les ordinateurs.

En arrivera-t-on à mettre la puissance d'un Cray dans une calculette de poche ? On est encore loin de disposer de transistors supraconducteurs aussi performants que ceux au silicium. Mais, curieusement, ce qui limite aujourd'hui la rapidité des ordinateurs de pointe n'est pas le temps de réponse des éléments actifs, mais le temps de transit des signaux d'un bout à l'autre de l'ordinateur. Et, si l'on veut réduire sa taille, on se heurte au problème de l'extraction de la chaleur produite dans les "puces" et les autres circuits par le passage du courant électrique.

C'est là qu'interviennent les supraconducteurs : avec eux, le problème ne se pose plus puisqu'ils ne chauffent pas. Précision capitale : en règle générale, les conditions réelles d'utilisation des supraconducteurs se situent non pas à la température critique, mais bien plus bas. Il faut, en effet, une marge de sécurité confortable, pour stabiliser la supraconductivité. Autrement dit, pour des applications à température ambiante ce sont des supraconducteurs à plus de 100 °C qu'il faudrait trouver ! C'est vraiment beaucoup demander.

Mais ce n'est pas tout. Alors que les supraconducteurs cherchent à éléver leur température de fonctionnement, le silicium, lui, cherche à abaisser la sienne... jusqu'à celle de l'azote liquide ! Précisément pour résoudre le problème de la chaleur qui résulterait d'une plus grande intégration.

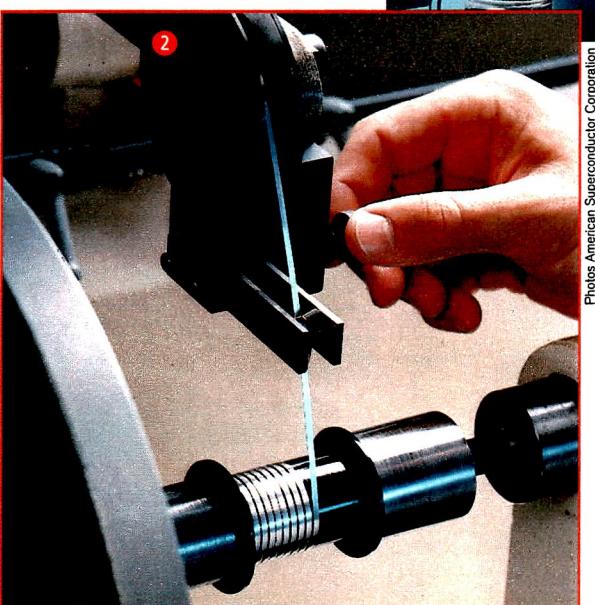
Autrement dit, en attendant les supraconducteurs à température ambiante, il se pourrait que les semiconducteurs les rejoignent en température. Ce qui permettrait d'exploiter au mieux les propriétés spécifiques des uns et des autres. Un Cray dans une calculette de poche ? Même à la température de l'azote liquide, ce ne serait déjà pas si mal.

Pas de perte

Ce câble supraconducteur ①, développé par Pirelli et American Superconductor, transporte sans perte le courant électrique. Il est destiné à l'équipement de réseaux urbains souterrains. American Superconductor fabrique aussi des fils souples ②, qui contiennent pourtant un oxyde de cuivre aussi cassant que la porcelaine. Leurs performances restent modestes, mais on les utilise déjà pour réaliser des aimants et des moteurs électriques.



1



Photos American Superconductor Corporation

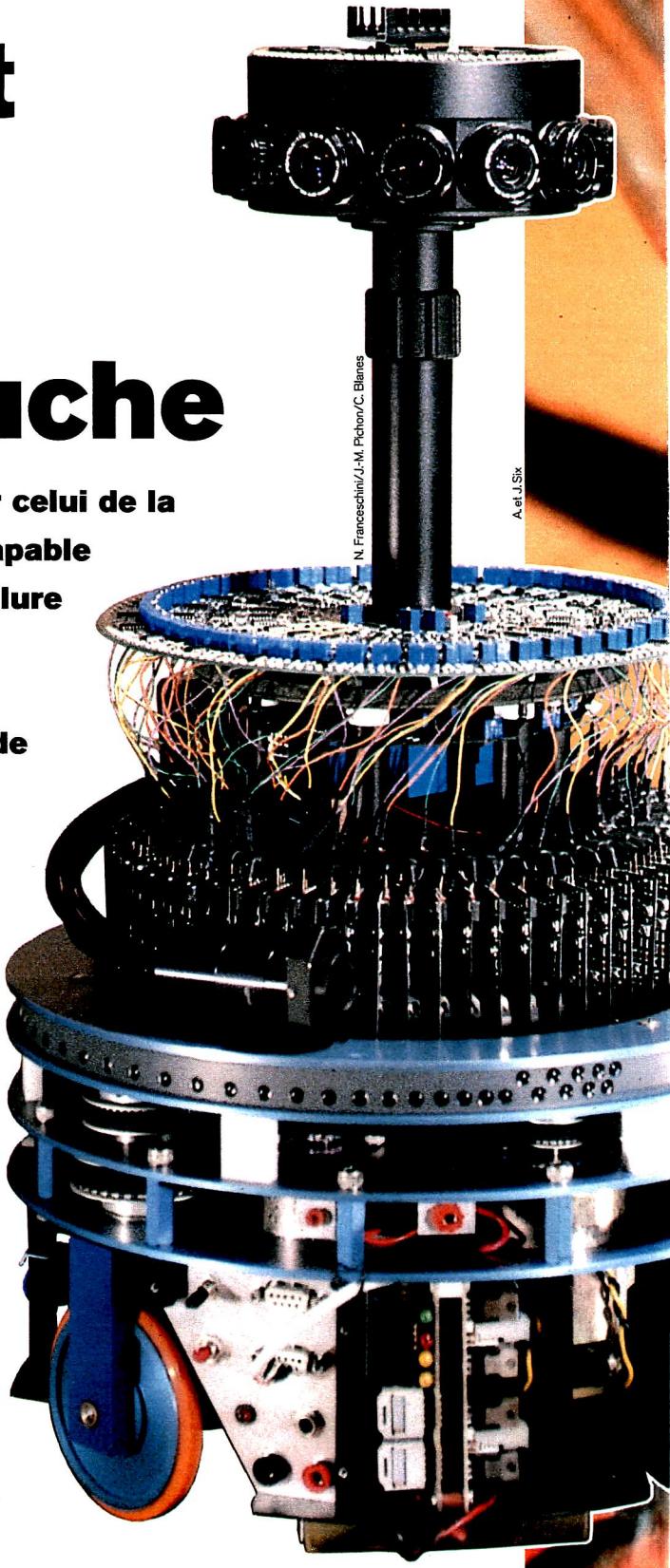
Un robot qui voit comme une mouche

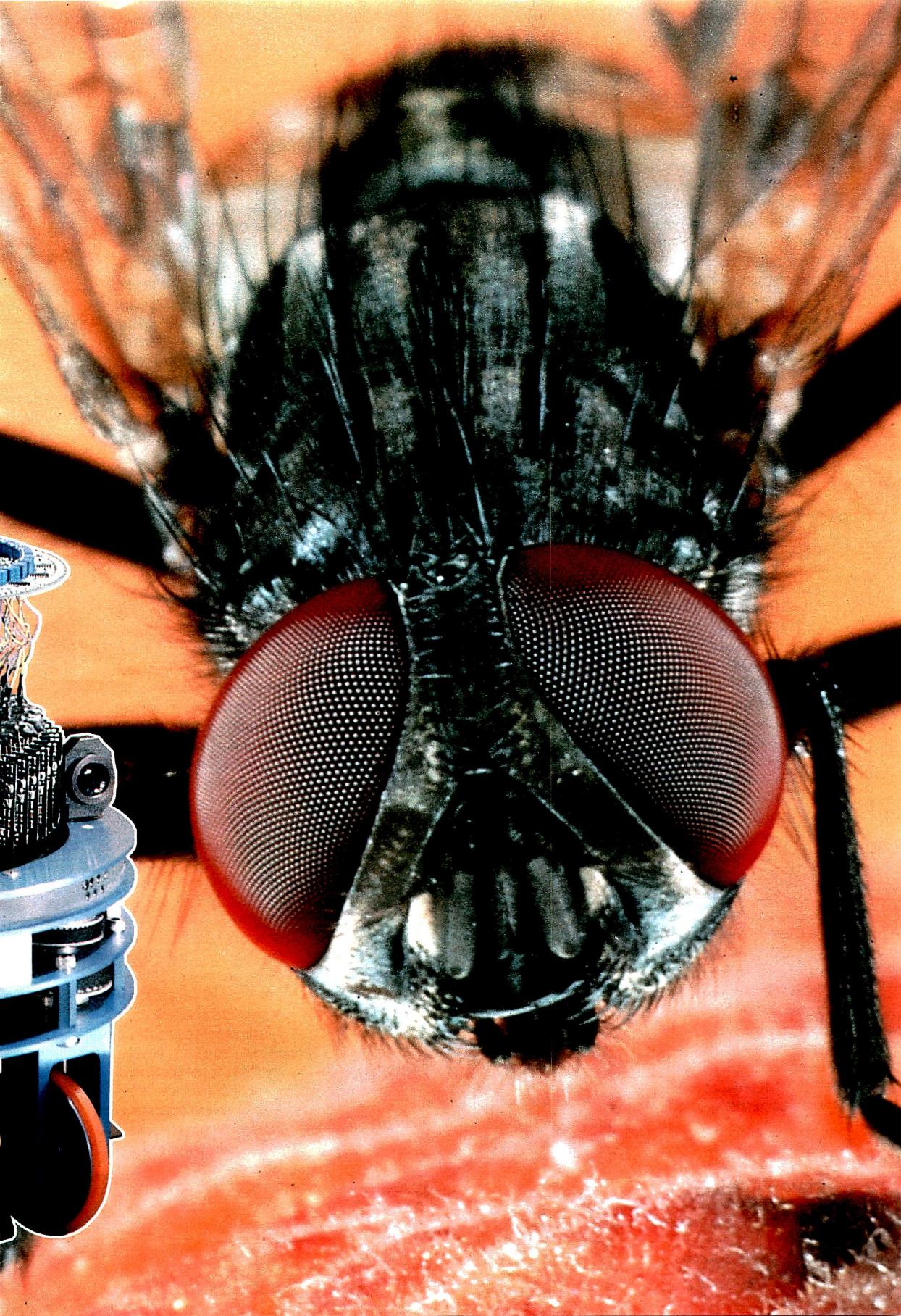
Avec son œil calqué sur celui de la mouche, ce robot est capable de se déplacer, à vive allure et sans se cogner, dans n'importe quelle forêt d'obstacles. Et sans l'aide d'un ordinateur... Une première.

PAR CLAUDE MÉTIER-DI NUNZIO

Un petit bijou d'optoélectronique a été entièrement conçu, dessiné et fabriqué par une équipe de neurobiologistes (¹). L'heureux père, Nicolas Franceschini, responsable du laboratoire de neurocybernétique du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) à Marseille, a ainsi prouvé que le schéma du réseau neuronal chargé de la vision du mouvement chez la mouche pouvait être artificiellement reproduit et transposé en circuit électronique.

Une gageure de taille qui a exigé un appareillage ultrasophistiqué (la plupart des pièces ont été, tout comme le robot, fabriquées sur mesure et "maison"), des années de travail et des tonnes de patience... mais une gageure pas si téméraire après tout, étant donné que le maître d'œuvre n'est pas seulement neurobiologiste mais également ingénieur en électronique et en automatique ! Ce robot-mouche,





MOUCHE : 3 000 YEUX POUR VOIR

Même si la mouche n'a pas de cortex et si son système nerveux est plus élémentaire que celui de l'homme ou de n'importe quel vertébré, ce qu'elle a dans la tête est déjà extrêmement complexe. À commencer par son appareil optique.

Ce fameux "œil composé" – qui fascine tant les chercheurs – ne comprend pas moins de 3 000 facettes, disposées en demi-sphères et toutes axées sur des horizons différents. En fait, chacune de ces facettes est un véritable œil miniature, avec son propre système lenticulaire et ses huit cellules photoréceptrices chargées de faire le point, à tout instant, sur la minuscule portion d'espace qui s'inscrit dans leur fenêtre.

Deux yeux de 3 000 facettes et huit cellules par facette, cela fait 48 000 capteurs photo-électriques allongés (leur diamètre est de l'ordre du micromètre) qui sont là pour former, un peu à la manière d'un puzzle, une image électrique et panoramique de l'environnement. Un système déjà d'une belle complexité ! Sans parler de l'enchevêtrement des "fils" qui relient ces capteurs entre eux, ou les raccordent à l'ensemble du réseau de communication principal.

Et pourtant, le véritable casse-tête commence dans ce petit morceau de système nerveux, chargé de traiter et de redistribuer, "en simultané", le flot incessant de signaux électriques produits par le flux visuel. On imagine mal, en effet, ce que représente le traitement du signal : un nombre impressionnant d'opérations mathématiques complexes (amplifications, filtrages, calculs de moyennes spatiales, d'intégrales temporelles, etc.) que la mouche doit réaliser à bord de son cockpit de 1 mm³, pour venir "squatter" les lieux paisibles



N.Franceschini/CNRS Marseille

de notre sieste, pour atterrir pile sur notre bifteck ou pour décrire des arabesques destinées à exciter l'œil d'un éventuel partenaire sexuel.

Pour évoluer dans l'espace, explique Nicolas Franceschini, directeur de recherche au CNRS, cette machine aérienne doit moduler en permanence la fréquence, l'amplitude du battement de ses ailes, ainsi que leur orientation. Et, pour commander à bon escient les 38 paires de muscles (17 pour les ailes et 21 pour le positionnement de la tête) que cet incessant réajustement impose, il faut, cela va sans dire, que le cerveau du diptère soit toujours parfaitement renseigné sur le monde qui l'entoure et en particulier sur ses mouve-

ments, puisque c'est le monde qui, pour la mouche en vol, semble se déplacer.

Si la mosaïque rétinienne de notre mouche domestique pêche par sa mauvaise résolution spatiale, elle est capable, en revanche, de gérer quelque cent images par seconde. Soit cinq fois mieux que ne peut le faire l'œil de l'homme. Mais c'est surtout le "staff" de neurones chargés à l'autre bout du réseau de planifier la route de l'insecte qui a retenu l'attention des chercheurs. On connaissait, certes, depuis une bonne trentaine d'années, l'existence de ces mystérieux pilotes que l'on appelle "neurones détecteurs de mouvement" et que l'on retrouve, en plus ou moins grand nombre,

dans le système visuel de tous les mobiles vivants, vertébrés ou invertébrés...

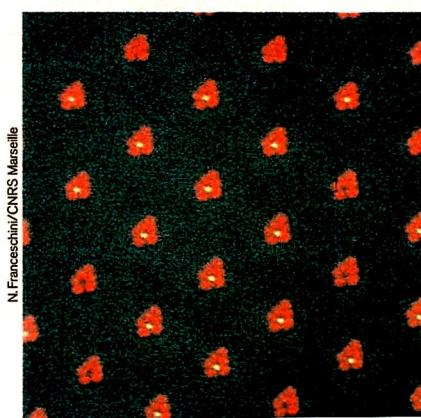
On savait également, grâce aux expériences récentes conduites au Centre de recherche sur la vision de Canberra, qu'ils sont la clé de voûte de la navigation aérienne des insectes. Mais l'on ignorait pratiquement tout sur l'enchaînement des processus qu'ils mettent en œuvre pour traduire la vision en action. Les travaux des neurobiologistes marseillais nous permettent aujourd'hui d'y voir plus clair.

Chez la mouche, ces neurones précurseurs de la motricité sont au nombre d'une cinquantaine environ ; disposés en éventail dans le troisième ganglion optique (la lobula plate), juste avant la sortie motrice. Ils font partie de la grande machinerie neuronale (qui compte environ 1 million de neurones) et se retrouvent identiques à eux-mêmes de mouche en mouche. Leur particularité est d'être spécialisés, chacun, dans la lecture d'un mouvement de sens précis : haut/bas, bas/haut, arrière/avant ou avant/arrière. Leur degré de sensibilité est prodigieux, mais seulement quand on les stimule dans le sens du poil, sinon, ils restent de glace. Ils sont à la fois boussole et timonier et permettent à la mouche de décoller ou d'atterrir avec style, d'éviter les obstacles, de maintenir le cap ou de jouer impunément les cascadeuses.

Pour percer plus finement encore les plans de ces agents de liaison clandestins que sont les neurones détecteurs de mouvement, les neurocybernéticiens marseillais se sont donc forgé un véritable attirail d'espionnage professionnel, dont un curieux "microscope-télescope" qui a exigé à lui seul plus

La rétine de la mouche pratique la division du travail

Chacun des 3 000 yeux possède huit cellules photoréceptrices. La cellule centrale jaune, ainsi que celle qu'elle cache, sont responsables des couleurs, tandis que les six cellules rouges détectent le mouvement.



N.Franceschini/CNRS Marseille

Desin G. Maré

de dix années de travail.

Unique au monde, cet instrument ne sert pas seulement à analyser le fonctionnement des cellules photosensibles sur une mouche vivante (photo ci-contre, en bas). On peut aussi le transformer en micro-projecteur. Grâce à de minuscules spots lumineux d'un mi-

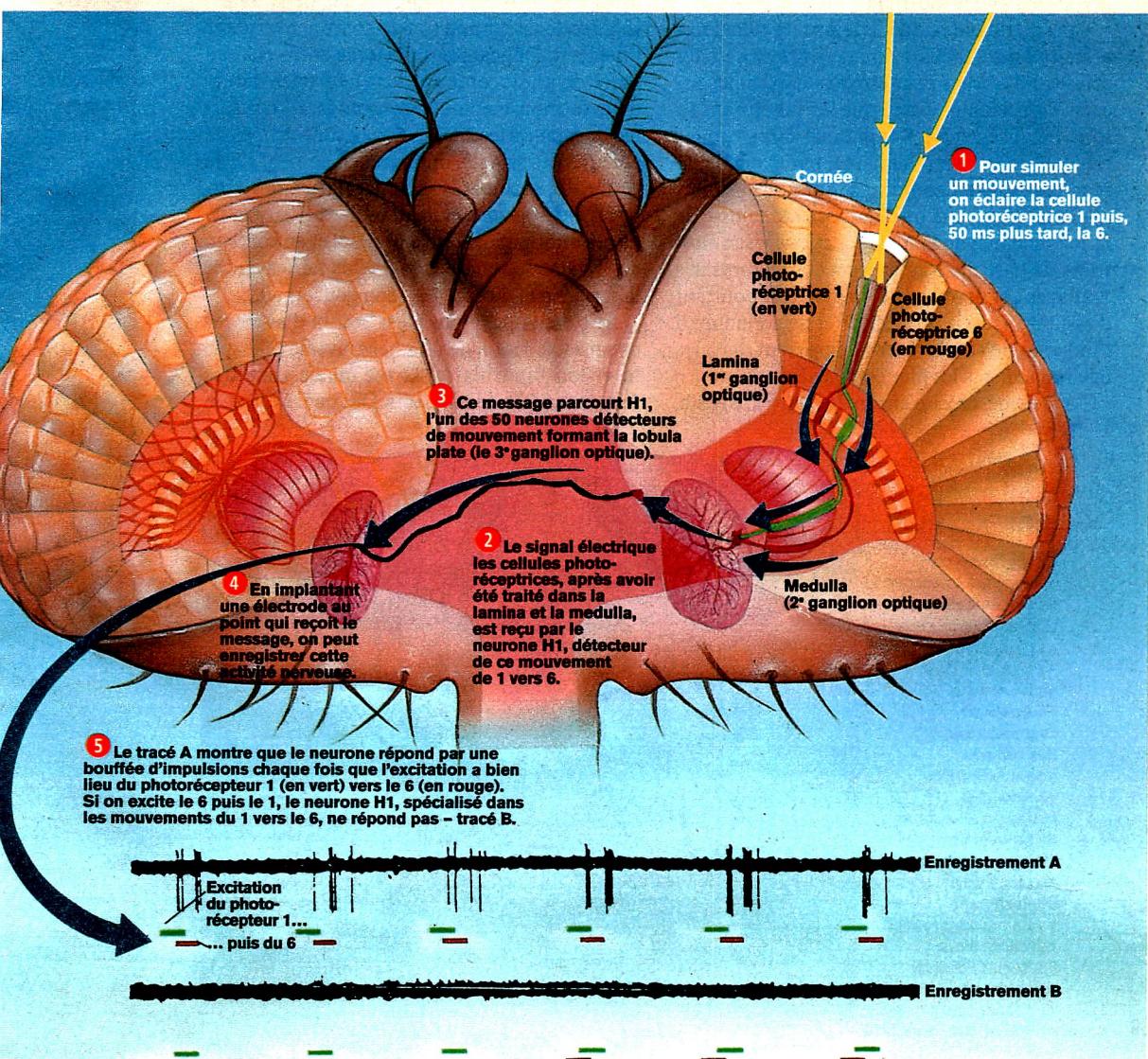
cromètre de diamètre, il permet alors de stimuler individuellement, de proche en proche, les 48 000 capteurs visuels qui tapissent la rétine, tout en mesurant, à l'aide d'une microélectrode implantée dans la tête de la mouche et reliée à un amplificateur, la réponse électrique des neurones qui

leur sont personnellement connectés (dessin ci-dessous). Le but est de "simuler", le plus vraisemblablement possible, le stimulus lumineux que le monde inscrit sur l'œil de la mouche en vol et d'inciter ainsi les neurones détecteurs de mouvement à livrer les secrets de leur fonctionnement.

Une tâche colossale, qui a exigé l'association de disciplines aussi diverses que l'optique, l'électrophysiologie, l'histologie, la micromécanique, la pharmacologie et l'étude du comportement animal. Mais c'est grâce à ce travail que Nicolas Franceschini et son équipe marseillaise ont pu déchiffrer pour la première fois le schéma fonctionnel du réseau neuronal chargé de la vision du mouvement, avant de le transcrire en électronique pour donner la vue à une créature artificielle autonome.

Comment l'œil de la mouche détecte le mouvement

Si l'on éclaire successivement deux cellules photoréceptrices d'un des 3 000 yeux de la mouche, pour simuler le mouvement d'un point lumineux, le neurone détecteur de mouvement correspondant répond à ce stimulus – l'activité nerveuse est enregistrée au moyen d'une microélectrode implantée dans la tête de la mouche. Ce neurone ne réagit que si le mouvement a lieu dans un certain sens. Une preuve de la spécialisation des neurones détecteurs de mouvement.



suite de la page 62

présenté tout récemment au Grand Palais, dans le cadre de l'exposition "L'âme au corps", est à ce jour la seule machine bionique entièrement autonome, capable d'actionner sa timonerie de direction à partir de sa vision.

Pour bien comprendre toute l'importance de l'enjeu, il faut savoir qu'en matière d'intelligence artificielle et de robotique, la vision reste encore l'une des fonctions les plus difficiles à reproduire. La plupart des robots mobiles conçus ces dernières années ne fonctionnent pas, en effet, à l'œil mais à l'oreille ou, plutôt, au sonar. Ils émettent un son et se basent sur le temps que l'écho met à leur revenir pour en déduire la distance qui les sépare de l'obstacle. Les rares tentatives qui, depuis vingt-cinq ans, ont pris la vision pour modèle se sont souvent soldées par des échecs, en particulier pour la navigation autonome en milieu incertain.

Sans doute parce que le temps de calcul nécessaire pour analyser l'image est encore trop considérable. Mais peut-être aussi, explique Nicolas Franceschini, parce que les roboticiens se sont focalisés sur les fonctions dites "supérieures" de la vision humaine, par exemple, la reconnaissance des formes, qui nous permet d'identifier un objet ou d'apprécier le sourire de la Joconde, négligeant les fonctions visuo-motrices de base qui font appel à des mécanismes "réflexes" et dont le rôle éminent est pourtant d'assurer la survie de l'espèce et de permettre à l'individu de se déplacer allégrement dans les environnements les plus complexes.

La mouche, précise encore le neurobiologiste,

nous a aidés à faire le bon choix. Pas seulement parce que son système visuo-moteur est plus accessible à l'analyse que celui de l'homme ou de n'importe quel vertébré, mais aussi parce que les « neurones sensibles au mouvement qui lui servent naturellement de guides sont particulièrement performants et donc riches d'enseignement » (voir encadré p. 64).

Bien qu'elle pèse une bonne dizaine de kilogrammes, qu'elle ressemble beaucoup plus à un aspirateur qu'à un diptère, qu'elle soit dépourvue d'ailes et qu'elle se déplace sur roulettes, cette "mouche de synthèse" est en fait presque aussi rusée que son modèle.

Presque... parce qu'elle ne voit que si elle bouge (1). Presque aussi... parce que son œil composé ne compte qu'une centaine de facettes au lieu de trois mille et que ses lucarnes miniatures sont disposées non pas sur deux demi-sphères, mais sur une simple couronne scrutant l'horizon. Délicatement insérés entre chaque paire de photocapteurs, les "neurones détecteurs de mouvement", reconstitués ici sous forme de mini-cartes électroniques, sont chargés de collecter les signaux optiques qui défilent sur la rétine, de mesurer la vitesse relative des obstacles environnants et de transmettre l'ensemble de ces informations, en temps réel et en continu, au système locomoteur chargé de faire avancer la machine et de contrôler son gouvernail.

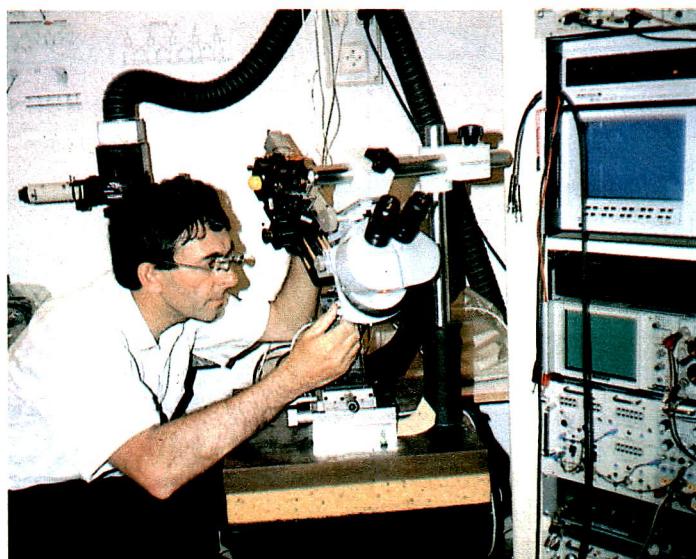
Et c'est tout ! Point n'est besoin d'avoir recours à une vision de plus haut niveau, telle que la vision binoculaire, la reconnaissance des formes ou celle des couleurs. Dès qu'il avance, le

Linder/Jerican



Espionnage à Marseille

C'est grâce à ce microscope-télescope de sa fabrication que Nicolas Franceschini a pu observer - et copier - l'œil de la mouche. En éclairant successivement des cellules photoréceptrices voisines, les neurones détecteurs de mouvement se laissent prendre au piège de ce déplacement lumineux apparent et dévoilent alors les secrets de leur fonctionnement.



(1) Ces recherches ont été financées par le CNRS, la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur, le ministère de la Recherche et de la Technologie, et l'Europe (programme ESPRIT Basic Research).

C.Métier-Di Nunzio



Vision panoramique

Voici ce que verrait (avec toutefois une bien moins bonne résolution) une mouche dans un sous-bois. Au même endroit, le robot du CNRS, avec sa couronne d'«yeux», aurait aussi une vision circulaire, mais il ne soupçonnerait pas ce qui est au-dessus de lui.

(2) Contrairement à l'homme et à l'animal, qui disposent généralement de plusieurs systèmes de vision parallèles, ce démonstrateur ne possède que celui qui concerne le mouvement. En position statique, il est aveugle.

robot perçoit les variations d'ombre et de lumière créées par le défilé des obstacles sur sa rétine, et il est capable de contourner ces écueils à haute vitesse (50 cm/s). Ce qu'il est intéressant de souligner également, c'est que le mobile n'a pas besoin pour cela de programmer sa trajectoire à l'avance. D'ailleurs, cela ne lui servirait à rien puisqu'il ne dispose que d'une mémoire à très court terme (0,2 seconde). A l'instar des animaux, c'est en avançant et grâce à son œil sensible au mouvement qu'il détecte les

obstacles, en apprécie la distance et réagit au coup par coup pour les éviter.

Toutefois, pour que ce robot futé puisse repérer la cible (en l'occurrence une lampe allumée) qu'il doit atteindre, ses "Gepetto" l'ont aussi équipé d'un système visuel accessoire qui fixe ce but. C'est vers lui que le véhicule va se diriger, mais, à chaque fois qu'un obstacle se profilera devant son œil à facettes, il opérera d'emblée la manœuvre de contournement qui s'impose.

Fine mouche, le robot jongle ainsi en permanence avec ces deux informations conflictuelles : la position de la cible qui est censée l'attirer et celle des obstacles qui tendent au contraire à la repousser ; réalisant ainsi une partie de cette fameuse "fusion multisensorielle" qui oblige tout mobile vivant, de la mouche à l'homme, à fondre sans cesse en une même action motrice intelligente l'ensemble des signaux visuels, tactiles, olfactifs ou auditifs qui excitent ses sens.

Une dernière particularité, et non la moindre, qui distingue cet automate de ses homologues de pointe, c'est qu'il utilise des circuits électriques analogiques, parallèles et asynchrones, directement inspirés des architectures de neurones biologiques. Autrement dit, pas de numérisation ni de découpage temporel des signaux comme dans les ordinateurs traditionnels, mais, au contraire, des signaux en demi-teinte et à continuité temporelle, modulés au gré des entrées sensorielles et traités, simultanément, par une centaine de processeurs, faisant leurs calculs indépendamment les uns des autres, sans qu'une horloge interne ait à les mettre au pas. Ce sont précisément ces trois attributs – caractéristiques des réseaux de neurones biologiques – qui confèrent à ce robot "neuromimétique" sa grande rapidité de réaction et sa totale autonomie énergétique et calculatoire.

Outre le fait d'avoir permis de jeter une lumière nouvelle sur les liens qui unissent vision et motricité, ce premier "navigateur à vue bionique", le seul au monde à avoir acquis une autonomie totale en étant calqué sur un système visuo-moteur animal, ouvre sur un champ d'applications pratiquement illimité : dans le domaine de l'intelligence artificielle et de la robotique, certes, mais aussi en médecine (notamment pour le guidage des aveugles) et, bien sûr, dans tout ce qui concerne les transports terrestres, aériens ou spatiaux. Pour la navigation en "milieu hostile", Nicolas Franceschini nous prédit déjà, pour dans quelques décennies, une voiture anti-collision qui se pilotera toute seule.

La fin de l'astronomie en

La France concentre ses efforts financiers sur les grands télescopes internationaux.

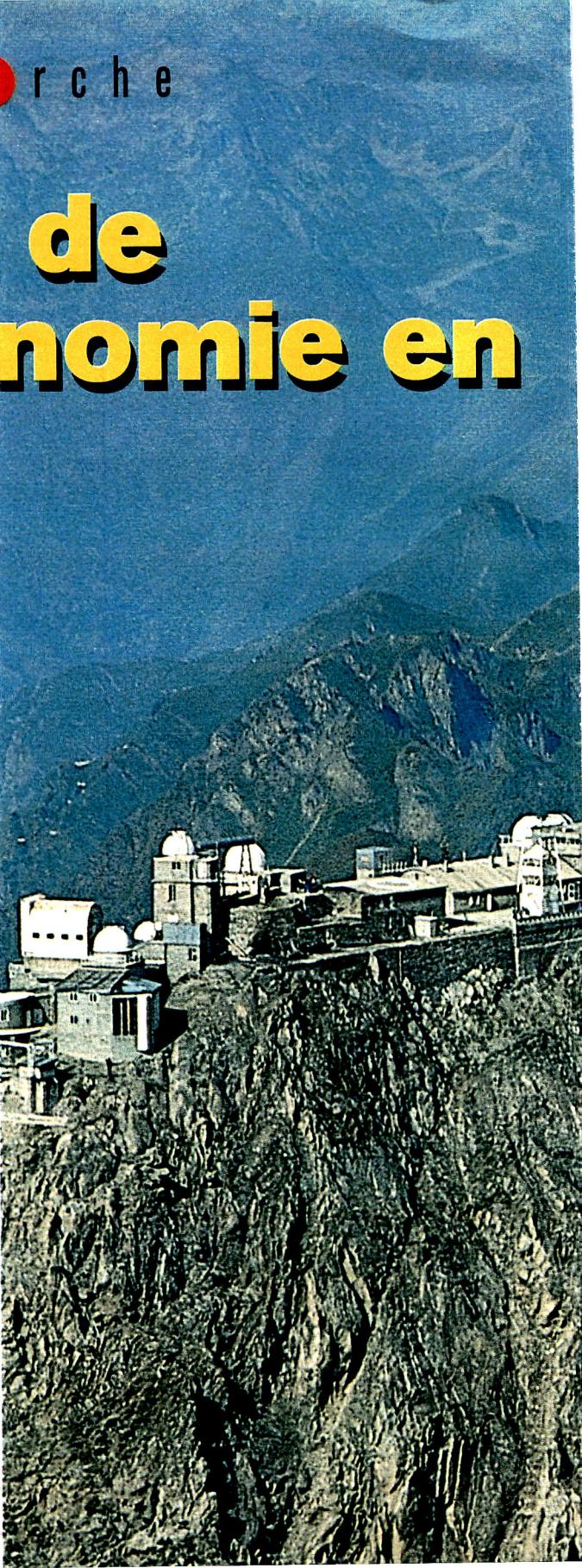
Est-ce une raison pour fermer le plus prestigieux de nos observatoires, celui du Pic-du-Midi ?

PAR PHILIPPE HENAREJOS

L'observatoire du Pic-du-Midi pourrait cesser de fonctionner dès 1998. Tellement est en tout cas la solution avancée, le 6 avril dernier, par l'Institut national des sciences de l'Univers (INSU) (1) pour entamer la nécessaire réorganisation des moyens nationaux consacrés à l'étude du cosmos. Car une chose est sûre : l'astronomie moderne connaît en ce moment une profonde mutation, et la France va devoir y faire face.

Aujourd'hui, pour traquer les mystères de l'Univers, les scientifiques doivent construire des télescopes gigantesques, de 8 ou 10 m de diamètre, combinés par deux, comme le Keck, à Hawaï, ou par quatre, comme le futur Very Large Telescope (VLT), au Chili. Extrêmement coûteux, de tels projets imposent des financements internationaux qui pèsent de plus en plus lourd dans les budgets des pays engagés. Parallèlement, conséquence qui semble logique, l'intérêt diminue envers les instruments de 1 à 2 m d'ouverture, comme ceux du Pic-du-Midi.

Photo A. Cirlot/Ciel & Espace



France ?



FRANCE

LES SITES QUI RÉSISTENT



A. Cirou/C&E



A. Cirou/Ciel & Espace

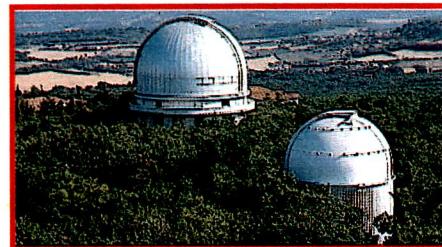


● La station de Nançay.

Elle ne possède pas d'instrument optique mais l'un des plus grands radio-télescopes au monde. La rénovation de son système focal permettra d'étudier les structures des galaxies lointaines, de chronométrier les pulsars millisecondes... mais aussi d'observer plus longtemps les comètes.

● L'observatoire de Haute-Provence.

Il dispose d'un télescope de 1,93 m de diamètre, mis en service en 1958, et de deux instruments de 1,52 m et 1,20 m d'ouverture. La spectroscopie stellaire, domaine dans lequel les astronomes français se distinguent depuis longtemps, constitue l'activité essentielle de l'observatoire. C'est le plus fréquenté ; pourtant, pour rester ouvert, il va devoir réduire ses coûts de fonctionnement, ce qui passe par une réorganisation administrative et une diminution des effectifs.



A. Cirou/C&E

● L'observatoire du Pic-du-Midi.

C'est le fleuron de l'astronomie française. Son histoire est liée à celle de Bernard Lyot, l'inventeur du coronographe qui permet d'observer la couronne solaire en dehors des rares moments d'éclipse de Soleil. Il abrite le plus gros télescope du territoire national, d'un diamètre de 2,03 m. La qualité du ciel en fait un site d'exception offrant les plus belles images au monde sur le Soleil, la Lune et les autres planètes.



● L'observatoire du plateau de Calern.

Il n'accueille pas de missions d'observations mais poursuit des opérations sur des programmes particuliers tels que le Laser-Lune. Il sert également à tester les techniques d'interférométrie qui seront employées sur le futur VLT interférométrique. Il a été créé en 1974.

suite de la page 68

Au niveau strictement français, si, dans les mois qui viennent, la décision de fermeture du Pic-du-Midi est confirmée, il paraît probable que les autres observatoires nationaux ne tarderont pas à subir le même sort (voir encadré ci-dessus). En effet, avec son télescope de 1,93 m de diamètre, l'observatoire de Haute-Provence n'aurait pas davantage de raisons de continuer à fonctionner et le radio-télescope de Nançay ne doit son sursis jusqu'en 2004 qu'à la rénovation de son système focal. Quant à l'observatoire de Calern : rien n'est prévu pour succéder aux programmes en cours. Si bien que, dès le début du XXI^e siècle, les astronomes français ne disposeront plus du moindre instrument sur leur sol. Le débat est donc le suivant : faut-il sacrifier les moyens nationaux sur l'autel des ambitieux programmes internationaux ?

Aujourd'hui, le choix de l'INSU est clair : la France doit désormais concentrer ses efforts sur les nouveaux grands télescopes internationaux d'Hawaï, du Chili et, bientôt, des

Canaries (voir encadré page ci-contre).

Déjà, dans les années soixante-dix, le chantier du télescope CFH (Canada-France-Hawaï), à Hawaï, avait pris le pas sur la construction du télescope de 2 m du Pic-du-Midi. Aujourd'hui, le budget alloué au CFH et au projet du VLT (Very Large Telescope) de l'European Southern Observatory (ESO), au Chili, augmente régulièrement alors que celui consacré à l'équipement des moyens nationaux est en diminution. « Dans ce contexte de restrictions, deux éléments desservent le Pic-du-Midi », affirme Guy Simon, directeur-adjoint de l'INSU. « D'une part, continuer à exploiter l'observatoire impliquerait des coûts à long terme non maîtrisés. Ainsi, il a fallu débourser 9 millions de francs pour réparer le télescope, mais nous ne savons pas dans quel état il sera dans dix ans ; sans compter que, d'ici là, nous serons à la merci de n'importe quelle panne susceptible d'alourdir la facture. D'autre part, il faudrait investir 20 millions de francs dans la rénovation des bâtiments. »

(1) L'INSU gère l'astronomie au sein du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

CHILI, HAWAÏ

LA FUITE DES OBSERVATOIRES

De plus, comme il faut bien trouver de l'argent pour moderniser des laboratoires aux fonds de plus en plus réduits, la fermeture du Pic apparaît comme un moyen simple de débloquer environ 6 millions de francs par an et de réembaucher ailleurs le personnel.

Or, cette opération n'est pas aussi évidente qu'elle en a l'air. En 1992, un rapport de prospective en astronomie disait que, sur le plan de la productivité scientifique, la fermeture d'un site d'observation ne vaudrait que si la réaffectation des personnels concernés réussissait. Et, de l'avis de Jean-Claude Martin, président de l'université Paul-Sabatier à Toulouse : « Sur les 56 personnes qui travaillent au Pic-du-Midi, la plupart occupent des emplois d'altitude qui n'ont pas d'équivalents dans les autres programmes scientifiques. »

Ce choix stratégique de l'INSU – qui, selon Guy Simon, « devrait aboutir, après l'an 2000, à ce que les astronomes français n'utilisent plus que des moyens situés hors du territoire national » – présente pourtant un risque majeur non-négligeable : celui de se tromper lourdement sur l'astronomie de demain. Car, en dépit de la construction de télescopes géants de 8 ou 10 m de diamètre, indispensables pour percer les secrets de l'Univers, une large majorité de scientifiques estime que les télescopes de 2 m comme celui du Pic-du-Midi auront sans doute un rôle important à jouer pendant encore au moins vingt-cinq ans. En effet, les instruments de 4 m ▶

En 1960, la France et le Canada cherchaient à disposer d'un très grand télescope. Devant le coût exorbitant de l'entreprise, les deux pays s'associèrent pour construire un réflecteur de 3,6 m de diamètre sur le volcan Mauna Kea, à Hawaï. C'est le CFH, entré en service en 1979. Installé à 4 200 m d'altitude, son site est exceptionnel, puisque 75 % des nuits sont utilisables.

A son tableau de chasse, outre qu'il a distingué Pluton de son satellite Charon, il a mis en évidence les essaims d'amas globulaires autour de galaxies géantes, détecté des mirages gravitationnels (qui ont dévoilé une partie de la fameuse masse cachée de l'Univers) et découvert la plus vieille galaxie connue.

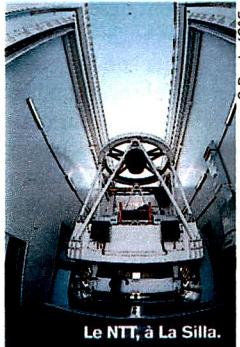
Parmi ses derniers résultats figure l'observation des étoiles situées sur les bords extrêmes du disque de la Voie lactée. Les mesures réalisées sur cette région de la galaxie ont montré que le rayon de celle-ci était plus petit que prévu (d'environ 30 %). Plus récemment, en novembre 1993, ce même télescope a permis à une équipe de l'observatoire de Lyon de découvrir dans le noyau de la galaxie d'Andromède ce qui ressemble à un trou noir de plusieurs dizaines de millions de masses solaires.

Les astronomes français disposent aussi de fenêtres d'observation sur les télescopes de 3,6 m et 3,5 m (le NTT) de l'ESO, à La Silla, dans les Andes chiliennes. En janvier 1993, des chercheurs de Grenoble et de Paris ont ainsi révélé autour de l'étoile Z Canis Majoris un disque d'accrétion de 400 unités astronomiques⁽¹⁾ de diamètre et deux jets symétriques de matière s'échappant de l'étoile, perpendiculairement au disque. Toutes ces données signifient qu'il s'agit probablement d'un système planétaire en formation.

Pour réaliser des observations plus détaillées, les astronomes auront besoin du VLT, constitué de quatre miroirs de 8,2 m de diamètre et qui entrera en service en l'an 2000.

La France s'est aussi engagée avec l'Italie (qui ne finance toutefois que 20 %) dans le projet Thémis de construction d'un observatoire solaire, aux Canaries. Il entrera en service en 1996. Point important, ce site ne comportera pas de coronographe, contrairement au Pic-du-Midi.

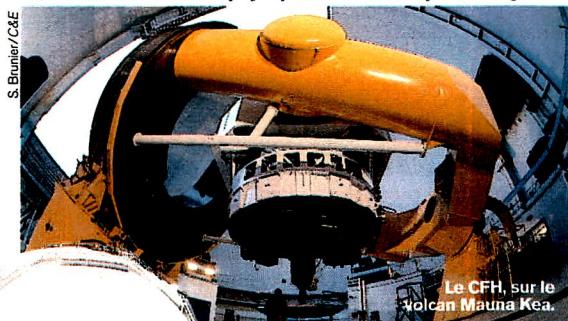
(1) 1 unité astronomique = 150.10^6 km = la distance Terre-Soleil.



Le NTT, à La Silla.

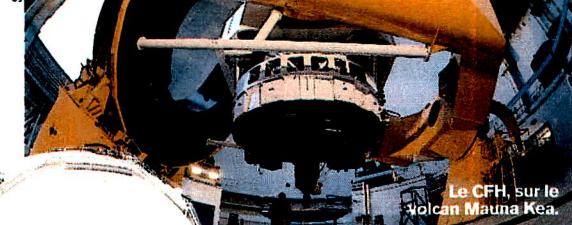
Des géants bien lointains

Même si ces télescopes de 4 m et plus sont imbattables pour sonder les confins de l'Univers, nos lilliputiens de 1 et 2 m restent concurrents en physique solaire et en planétologie.



Le CFH, sur le volcan Mauna Kea.

S. Brunier/C&E



S. Brunier/Ciel & Espace



L'observatoire de Mauna Kea, à Hawaï.

suite de la page 71

et plus s'adressent à toute la communauté des astronomes. Par conséquent, ils sont utilisés à tour de rôle, par des "missionnaires" qui ne peuvent observer que très rarement plus d'une dizaine de nuits par an. Or, certains programmes dits "de longue haleine" réclament des temps d'observation beaucoup plus longs, impossibles à réaliser sur ces gros télescopes.

Le projet européen DENIS est l'exemple type du travail qui peut échoir aux instruments plus petits : à l'aide du télescope de 1 m de l'ESO, utilisé à temps complet pendant trois ans, les astronomes vont photographier tout le ciel en infrarouge et en visible lointain de manière à élaborer un catalogue d'étoiles. De tels programmes seraient envisageables au Pic-du-Midi avec le télescope Bernard Lyot (TBL), de 2,03 m, qui, malgré une entrée en service laborieuse (voir *Science & Vie* n° 796, p. 22), fonctionne maintenant de manière optimale.

Par la pureté de son ciel, le pic du Midi est l'un des six sites coronographiques du monde. En 1930, Bernard Lyot y installa le premier coronographe, instrument de son invention qui permet, par occultation du disque solaire, d'observer la couronne et la chromosphère du Soleil. « Cet appareil, explique Jacques-Clair Noëns, astronome au Pic-du-Midi, permet d'obtenir d'importants renseignements sur les phénomènes inobservables qui se déroulent au cœur du Soleil. Par exemple, on a pu mettre en évidence un cycle d'activité de dix-sept ans totalement invisible en surface (2). »

En dépit de leur âge parfois avancé, tous les instruments qui ont bâti la légende du Pic produisent toujours des résultats scientifiques de tout premier ordre (voir encadré ci-contre). Et les astronomes qui les défendent, réunis en colloque à Meudon les 16 et 17 novembre derniers, n'ont eu aucune peine à le montrer.

« En physique solaire, nous sommes toujours à la pointe, répète Thierry Roudier, astronome à Bagnères. A l'aide de la coupole-tourelle, nous avons effectué des observations simultanées avec le satellite japonais *Yoko*. Pendant que l'engin spatial observait en X, nous observions la même chose en H-alpha, ce qui facilite la compréhension des éruptions. Le même genre d'opération sera très utile au satellite solaire international SOHO à partir de 1995. »

Les télescopes de 1 m et de 2 m peuvent également surveiller les planètes avec une acuité unique. A la surface de Mars (sur laquelle on parvient à distinguer le volcan Olympus Mons), aucun nuage de poussière ne saurait passer inaperçu.

PIC-DU-MIDI : UN SOMMET DE SCIENCE

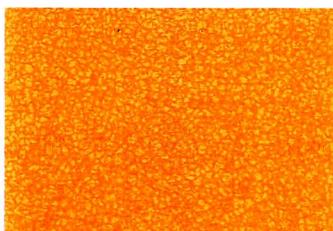
En raison de la pureté de son ciel, le Pic-du-Midi a toujours réalisé de très bonnes observations en haute résolution. Les meilleurs résultats ont donc été – et continuent d'être – obtenus en planétologie et en physique solaire, où l'important est de voir les plus fins détails possibles.

Avec la coupole-tourelle les astronomes ont montré que la granulation solaire était un phénomène non pas convectif (c'est-à-dire qui va de l'intérieur vers la surface) mais turbulent. Ce même instrument a révélé que l'agitation des granules de la photosphère constituait la source de

chauffage de la couronne solaire. Les chercheurs du Pic-du-Midi ont aussi réalisé un film unique au monde qui a permis de suivre avec une précision jamais atteinte l'évolution des différentes structures de la photosphère. Grâce à ce document, ils ont pu mettre en évidence les mécanismes d'oscillations de cinq minutes qui parcourent sa surface. Ces observations à haute résolution permettent de comprendre les phénomènes qui ont lieu à l'intérieur du Soleil. Enfin, grâce à ses coronographies, le Pic-du-Midi réalise des observations régulières de la chromosphère.

L'autre domaine "fer de lance" du Pic-du-Midi est la planétologie... « En 1990, explique Jean Lecacheux, planétologue à Meudon, le télescope de 1 m, entièrement dévolu à cette activité, a décelé une grande tempête dans l'atmosphère de Saturne et a obtenu pendant quelques nuits une qualité d'image égale à celle du télescope spatial (qui, dans le domaine planétaire, n'était que

Spécialiste du Soleil, il a observé la granulation à la surface de l'étoile.



Obs. du Pic-du-Midi

Ce genre de travail profite entre autres aux missions spatiales. Les sondes Phobos en ont bénéficié, *Galileo* en profite actuellement et les futures missions *Cassini* sur Titan et *Rosetta* sur une comète en auraient besoin. Enfin, la mise en service imminente d'une caméra infrarouge ouvrira de nouvelles possibilités à l'étude des planètes. A noter qu'en 1963, après une enquête dans les sites astronomiques du monde entier, la NASA a offert à l'observatoire son télescope de 1 m de diamètre pour établir les cartes de la Lune au 1/1 000 000 qui serviront aux préparatifs des missions Apollo.

Au vu de ces performances, il apparaît clairement que le Pic-du-Midi constitue un site idéal

(2) En novembre 1993, une équipe allemande a choisi d'installer son propre coronographe au Pic-du-Midi.



Obs. du Pic-du-Midi

Concurrent de Hubble pour des photos de Jupiter.

peu handicapé par sa myopie). Depuis, il poursuit une surveillance assidue de la planète aux anneaux. Le télescope de 2 m, lui, ne sert que de mannequin ponctuel à la planétologie. » Cependant, entre 1988 et 1990, il a fourni des vues de Mars d'une résolution comparable à celle de Hubble, qui possède pourtant un miroir de 2,4 m d'ouverture. En 1989, il a déterminé la variation de la température dans l'atmosphère de Titan en fonction de l'altitude. Et, récemment, il s'est montré à la pointe de la recherche en s'attaquant au supposé disque protoplanétaire de l'étoile 68 Ophuchius.

Le Pic-du-Midi produit aussi de bons résultats en physique stellaire. Avec la mise en service sur le télescope Bernard Lyot (TBL) du spectrographe MUSICOS, les astronomes

sont capables de cartographier les structures de température et les structures magnétiques à la surface d'étoiles en rotation rapide. Le polarimètre STERENN permet, en outre, d'étudier tous les types d'étoile ainsi que leur environnement immédiat. Également, grâce à une résolution régulière de 0,5°, le télescope de 2 m a découvert la contrepartie visible d'une source X repérée dans l'amas globulaire M 15.

Enfin, grâce au TBL, les astronomes ont découvert une galaxie à spirale à un stade avancé de fusion avec une autre galaxie de forme elliptique. Dans le cadre d'observations systématiques, le télescope a mis en évidence de nombreuses interactions gravitationnelles entre les galaxies et a mené un gros travail statistique montrant les corrélations entre la forme et le rapport disque/bulbe de certains types de galaxie.

pour développer des programmes de longue haleine au moins en planétologie et en physique solaire. Le fermer reviendrait à se priver d'un outil de recherche productif et utilisable en permanence.

Mais la productivité, mesurée en "publications" de travaux dans des revues, n'existe que grâce aux chercheurs. Or, pour susciter de telles vocations, rien ne remplace pour les étudiants l'accès à un télescope de 2 m. Et, chaque année, une vingtaine de jeunes effectuent un stage au Pic-du-Midi. « C'est leur seule possibilité d'observer », rappelle Jacques-Clair Noëns.

Principalement pour ces raisons, les astronomes du Pic-du-Midi ont refusé la décision de l'INSU et

immédiatement réclamé l'arbitrage du ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, François Fillon. Mais Jean-Claude Martin ajoute : « Dans les statuts, le Pic est une composante de l'université Paul-Sabatier. Légalement, l'INSU, qui n'a pas de responsabilité directe sur le patrimoine de l'observatoire, n'avait pas le droit d'en décréter la fermeture. Voilà aussi pourquoi nous avons fait appel au ministre. »

Dans le même temps, Michel Blanc, directeur de l'observatoire de Midi-Pyrénées, a contre-attaqué en présentant, le 29 avril 1993, le plan Pic 2000, destiné à diminuer les coûts d'exploitation de l'établissement. Grâce à une participation financière des organismes présents au sommet, des collectivités locales et d'investisseurs privés, 17,5 millions de francs pourraient être employés à la restructuration des bâtiments, le tourisme se développerait et l'activité de recherche se poursuivrait dans de bonnes conditions. Cette idée a été reprise par le groupe de travail constitué en décembre 1993 au conseil régional de Midi-Pyrénées. Selon Jean Sudre, l'un des élus ayant rédigé le rapport de ce groupe, « la seule solution logique et valable pour cet observatoire consiste en la formation d'un syndicat mixte regroupant l'Etat, la région, le département et la commune de Bagnères. Cela sous-entend le rapatriement des activités universitaires et de recherche sur un tiers du site et la concession d'une exploitation touristique et culturelle sur les deux autres tiers. »

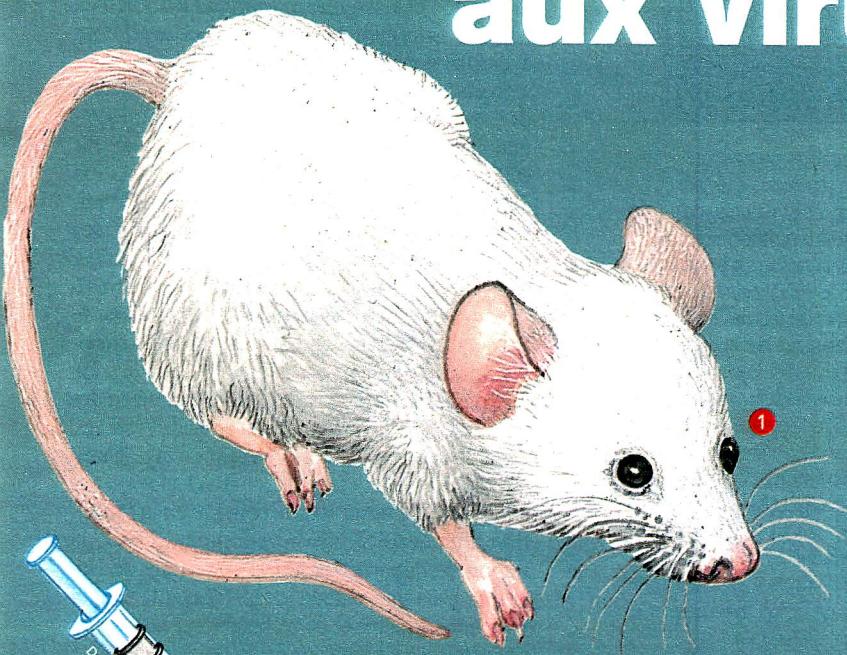
Au niveau régional, les volontés se mobilisent donc pour aboutir à une solution de ce genre. Au ministère, en termes très diplomatiques, on reconnaît que la fermeture n'est plus vraiment à l'ordre du jour et que l'on cherche plutôt à reconvertis une partie de l'activité du site. « En dépit de tout cela, l'INSU maintient sa tendance, fait remarquer Thierry Roudier. Et il y aura bientôt un an que nous avons demandé l'arbitrage du ministre. »

Dès lors, si les contraintes budgétaires peuvent être contournées par un projet du type Pic 2000, pourquoi persister dans l'idée de fermer un outil de recherche performant ?

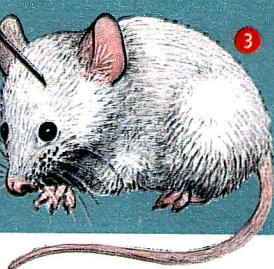


génétique

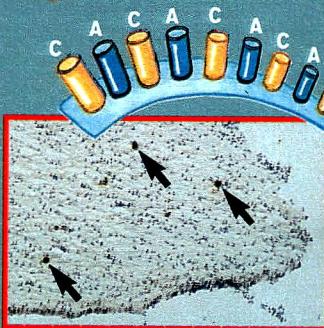
Des gènes qui nous aux virus



Moelle épinière de souriceau sain



2 a Microsatellite CACACACACA



Moelle épinière de souriceau atteint :
cellules infectées par le virus
de Theiler (flèches)



3 a



1 a Microsatellite CACACACACA



exposent

Des chercheurs de l'Institut Pasteur viennent de mettre en évidence, chez la souris, des gènes qui prédisposent aux infections virales.

Cette sorte de gènes seraient également impliqués dans la quasi-totalité des maladies. On en attend beaucoup pour la compréhension d'affections encore mal maîtrisées

PAR PIERRE ROSSION

COMMENT ON LOCALISE UN GÈNE DE PRÉDISPOSITION

On injecte à une souris adulte le virus de Theiler. Si elle attrape la maladie ①, c'est qu'elle possède un gène de prédisposition. Pour savoir à quel endroit de son génome se trouve ce gène, on a recours à la méthode que voici.

- On croise l'animal avec un congénère résistant (qui n'a pas le gène de prédisposition).
- Puis on injecte le virus à la descendance : certains des souriceaux contracteront la maladie ②, alors que d'autres resteront sains ③ ; on en déduit que seuls les premiers ont hérité le gène de prédisposition.
- En examinant le génome du parent prédisposé et de chacun des souriceaux, on découvrira que l'adulte et les rejetons malades ont en commun dans leur

génome un même motif génétique, appelé microsatellite, constitué d'une répétition particulière de bases, en l'occurrence CACACACACA (① a et ② a). Les souriceaux sains, eux, n'auront pas hérité ce même microsatellite (③ a).

- Conclusion : le gène de prédisposition à cette maladie doit se trouver tout près de ce motif CACACACACA, puisque gène et microsatellite ont été transmis en même temps. On sait, en effet, que plus deux tronçons d'ADN sont proches sur un chromosome, plus ils ont de chances de ne pas être séparés lors des "redécoupages" que subit l'ADN au moment des divisions cellulaires qui ont lieu au cours de la fabrication des ovules et des spermatozoïdes.

Seulement 1 % des maladies sont d'origine purement génétique : gène défectueux égale sujet atteint. C'est le cas, entre autres, de la mucoviscidose, de la myopathie, de la chorée de Huntington ou encore du syndrome de l'X fragile. En revanche, un très grand nombre d'autres affections, en fait la presque totalité, combinent des facteurs génétiques et environnementaux. Autrement dit, lorsque des facteurs extérieurs agressifs se présentent à l'organisme, seuls les sujets "génétiquement prédisposés" y sont sensibles.

Une équipe de chercheurs de l'Institut Pasteur (¹) vient d'identifier pour la première fois, chez la souris, les "gènes de prédisposition" à une maladie nerveuse provoquée par un virus. Malgré les différences homme-souris, on en attend des retombées en pathologie humaine, dans la mesure où le virus de Theiler induit chez le rongeur une infection du système nerveux donnant des lésions ressemblant à celles de la sclérose en plaques : inflammation chronique avec destruction de la gaine de myéline des fibres nerveuses. On espère ainsi mieux comprendre les mécanismes de cette maladie humaine pour être en mesure d'alerter les familles à risque, d'élaborer des traitements, et surtout de développer la prévention.

Les maladies sensibles à l'environnement, qui frappent les sujets "génétiquement prédisposés", regroupent aussi bien des infections virales, bactériennes ou parasitaires, que le diabète, les maladies cardio-vasculaires ou auto-immunes comme la sclérose en plaques, le cancer et peut-être le sida. Précisons que les gènes concernés sont présents chez tous les individus, et c'est seulement lorsqu'ils sont défectueux que le sujet est prédisposé.

En hiver, certains attrapent la grippe, alors que d'autres sont épargnés. Parce que les premiers sont prédisposés et pas les seconds. Même chose pour le virus de la tuberculose, qui peut toucher des enfants ayant une bonne hygiène de vie et éviter ceux qui vivent dans des bidonvilles. A l'inverse, on peut être prédisposé sans forcément tomber malade : un sujet sensible à la grippe mais vivant à longueur d'année dans un climat clément aura peu de chances d'attraper la maladie, comme il est peu probable qu'un individu programmé pour avoir le cancer du poumon le contracte s'il ne fume pas.

Certains de ces gènes de prédisposition feraienr partie des gènes impliqués dans le système des défenses immunitaires ou seraient en relation avec eux, ou encore avec des gènes liés ►

suite de la page 75

directement à la maladie dont ils sont la cause.

Pour repérer les gènes de prédisposition sur le long ruban d'ADN d'un millième de millimètre d'épaisseur, les microscopes les plus performants ne suffisent pas. Alors comment les localiser ? C'est à cette tâche que se sont attelés les chercheurs de l'Institut Pasteur. Des gènes de prédisposition à des maladies nerveuses d'origine virale avaient, certes, déjà été mis en évidence chez la souris. Mais la nouveauté réside, ici, dans la technique utilisée, la technique des microsatellites (voir plus loin). Elle a permis à l'équipe pasteurienne de passer au crible, d'un seul tenant, tout le génome des souris examinées, et donc de localiser la totalité des gènes de prédisposition à la maladie due au virus de Theiler. La technique classique pratiquée jusqu'ici pour ce genre de localisation est beaucoup plus lourde et peu efficace ; elle ne permet d'examiner que de tout petits segments du génome. Résultat : si elle "trouve" un gène de prédisposition sur un segment donné, elle ne garantit nullement qu'il n'y en a pas d'autres ailleurs sur l'ADN.

Les trois gènes localisés à Pasteur ont été trouvés non pas sur un seul mais sur plusieurs chromosomes. «C'est une étape importante», souligne Jean-François Bureau, qui a conduit la recherche, «car cette pathologie de la souris est un modèle d'une maladie humaine, la sclérose en plaques. Par conséquent, la localisation de ces gènes chez la souris permettra d'approcher les gènes homologues de l'homme.»

Dans l'expérience, les souris ont d'abord reçu une injection intracrânienne de virus ; quelque quarante-cinq jours plus tard, le contenu viral de la moelle épinière a été mesuré ; puis, les gènes de prédisposition contrôlant la persistance du virus furent recherchés par l'analyse génétique des souris issues de différents croisements entre souches de souris sensibles au virus de Theiler et souches de souris résistantes.

«Jusqu'à présent, explique J.-F. Bureau, cette étude était très difficile, faute de méthodologie. Désormais, cette méthodologie existe. Elle repose sur la découverte relativement récente, au niveau de l'ADN, d'empreintes génétiques aussi personnelles que nos empreintes digitales.» Il s'agit de sites particuliers de la molécule situés dans les introns, ces régions mystérieuses de l'ADN qui ne semblent coder pour aucune instruction. Dans ces sites, on observe ce que les biologistes appellent des microsatellites. Ce sont des répétitions de bases, comme si la nature s'était mise à bégayer.

IL Y A VINGT ANS, LES PREMIERS ONCOGÈNES

Les premiers gènes de prédisposition, découverts en 1974 aux Etats-Unis par le Français Dominique Stehelin, furent les oncogènes, à l'origine du cancer. A l'état sain, ces gènes, appelés proto-oncogènes, participent normalement à la vie de la cellule. Ce n'est que lorsqu'ils se dérèglent sous l'effet de l'environnement et qu'ils deviennent oncogènes qu'ils provoquent la maladie.

On a de fortes raisons de penser que ces gènes ont été héréditairement transmis à l'animal et à l'homme par des virus cancérogènes présents dans la nature, comme, entre autres, le SV 40 à l'origine de sarcomes et de carcinomes chez les rongeurs.

Chez l'homme, les oncogènes se chiffraient par dizaines. On n'en connaît que

quelques-uns, mis en évidence par la technique classique des sondes génétiques. Celui-ci consiste, en prenant le virus cancérogène pour modèle, à fabriquer des sondes constituées de séquences du génome viral, puis à aller, avec celles-ci, rechercher dans le génome animal et humain les éventuelles séquences homologues.

La technique développée à l'Institut Pasteur est beaucoup plus légère et plus rapide. Toutefois, elle permet d'examiner d'un seul coup la totalité du génome et ainsi de repérer tous les éventuels oncogènes présents. De ce fait, cette technique devrait accélérer les choses et conduire à la découverte des gènes de prédisposition à toutes les maladies qui en dépendent.

Ces accidents sont sans conséquence sur la santé puisque survenant dans les parties muettes de l'ADN. Ils se seraient produits, pense-t-on, au cours de l'évolution, au moment de la réPLICATION de l'ADN qui a lieu lors des divisions cellulaires. Pour des raisons non encore complètement élucidées, la polymérase, enzyme chargée de recopier l'ADN, aurait fait alors, accidentellement, des fautes.

La redite peut concerner une seule base répétée, par exemple, trois fois A A A ; deux bases répétées quatre fois CACACACA ; ou encore trois, quatre, voire quinze et même trente bases répétées un certain nombre de fois. Par exemple, un sujet pourra avoir un motif de deux bases répété douze fois d'affilée à tel endroit, puis quinze fois un peu plus loin, puis huit fois encore plus loin et ainsi de suite sur une dizaine de milliers de sites différents. En revanche, chez un autre individu, ce même motif de deux bases se trouvera répété différemment. Et c'est la même chose pour les autres motifs. Comme les chromosomes vont par paires où l'un est hérité du père et l'autre de la mère, la

longueur d'un microsatellite situé sur un des deux chromosomes d'une paire est différente de celle présente sur l'autre chromosome.

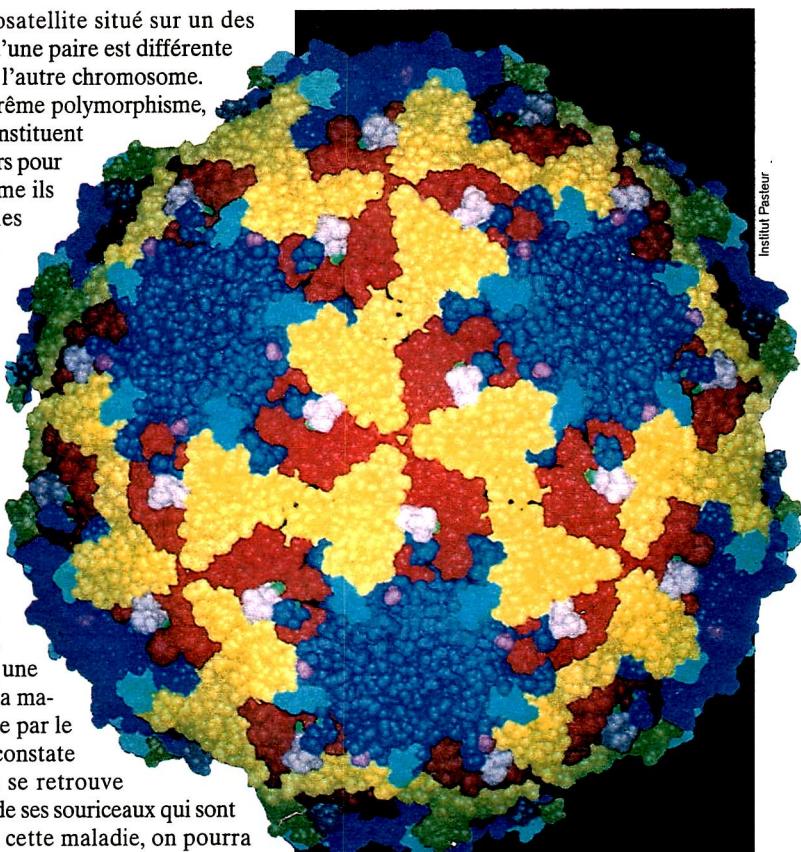
Du fait de leur extrême polymorphisme, les microsatellites constituent d'excellents marqueurs pour baliser l'ADN. Comme ils sont transmis avec les chromosomes qui les portent, on les retrouve dans la descendance. D'où l'idée des chercheurs de l'Institut Pasteur : si un microsatellite est très proche d'un gène de prédisposition, il va y avoir une corrélation absolue entre la maladie et le génotype défini par ce microsatellite. Par exemple, si, chez une souris prédisposée à la maladie nerveuse induite par le virus de Theiler, on constate qu'un microsatellite se retrouve seulement chez ceux de ses sourceaux qui sont eux aussi sensibles à cette maladie, on pourra dire que le gène de prédisposition à cette maladie est proche de ce microsatellite.

A partir de là, on pourra extrapoler à l'homme. Par exemple, chez un père de famille

atteint de sclérose en plaques, on s'attachera à chercher le microsatellite correspondant à celui de la souris sensible au virus de Theiler et à vérifier s'il existe chez ses enfants. Si on le retrouve, par exemple, chez l'un de ses quatre enfants, on pourra dire que lui aussi aura des chances d'être prédisposé à la sclérose en plaques, car cette maladie dont l'étiologie n'est pas certaine peut être d'origine virale. Certes, on peut rétorquer que l'homme a 23 paires de chromosomes, alors que la souris n'en a que 20, mais cela n'empêche pas que l'ADN humain offre suffisamment de similitudes avec celui de la souris pour permettre des généralisations.

Chez les souris objet de l'expérience, les chercheurs ont utilisé des microsatellites de motif CA. Pour les mettre en évidence, ils ont commencé par prélever l'ADN des rongeurs, qu'ils ont mis ensuite en contact avec des sondes, c'est-à-dire de petits fragments d'ADN contenant la répétition des deux bases en ques-

(1) Unité des virus lents, qui dirige Michel Bréhic, en collaboration avec l'unité de génétique des mammifères, dirigée par Jean-Louis Guenet. Les travaux ont fait l'objet de deux publications dans des revues scientifiques anglo-saxonnes de très haut niveau : *Journal of Virology*, août 1992, et *Nature Genetics*, septembre 1993.



Le virus de Theiler aux rayons X

Voici l'image tridimensionnelle du virus de Theiler obtenue sur ordinateur par le groupe de J. Hoyle (université de Harvard) à partir des données de diffraction des rayons X. L'enveloppe du virus apparaît de forme icosaédrique (polyèdre à vingt facettes) et constituée d'un assemblage de trois protéines : VP1 (en bleu), VP2 (en jaune), VP3 (en rouge). L'acide aminé marqué en rose joue un rôle très important dans la persistance virale.

tion. Les sondes se sont alors accrochées à tous les microsatellites présentant le motif CA. Comme ces sondes sont fluorescentes (ou contiennent un produit marqueur quelconque), elles révèlent la présence de ces microsatellites.

Mais cette technique ne permet pas de dire combien les microsatellites comptent de motifs CA. Autrement dit, elle ne permet pas de dis-

LES FAUTES D'ORTHOGRAPHE DU GÉNOME

Chacune de nos cellules comporte un ADN complet en double hélice, longue molécule entortillée en une pelote intricable, où il est impossible de distinguer le début de la fin. Lors de la division cellulaire, en revanche, cette molécule se scinde en 23 paires de fragments, les chromosomes. Dans chacune des

paires, un chromosome vient du père, l'autre de la mère. Les instructions du patrimoine génétique d'un individu sont ainsi en double, mais pas forcément identiques.

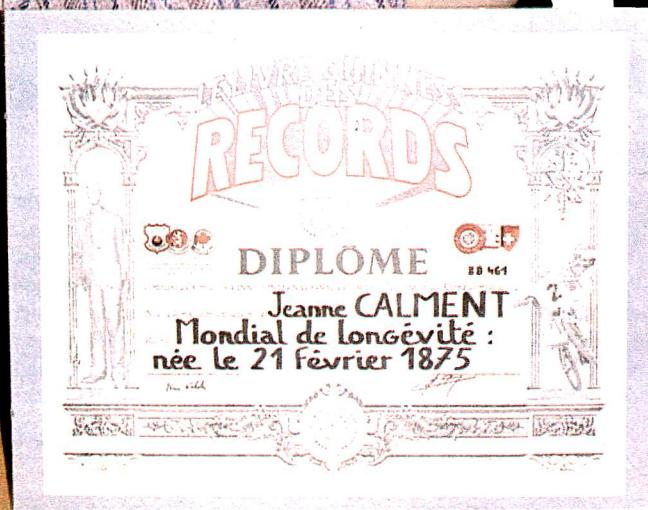
Mais alors, quel est le gène qui sera exprimé et selon quels critères ? Selon les lois de la dominance, de la récessivité ou de la codomi-

nance. Par exemple, dans la paire de gènes codant pour la couleur des yeux, le gène codant pour le marron prend le pas sur celui du bleu, alors que, pour la couleur des cheveux, c'est moitié-moitié (codominance) : brun + blond = châtain.

Chez un individu, un même gène peut ainsi avoir deux "orthographies" différentes. Lorsqu'il s'agit de couleur d'yeux, ces variations sont peu importantes et normales. Aucun puriste ne trouvera à redire à ce que dans une dictée on écrit "cuiller" ou "cuillère". En revanche, "cuillière" compte comme une faute. Sur un gène, une faute de cette importance peut avoir des conséquences graves, comme la mucoviscidose. Les gènes de prédisposition aux

maladies génétiques portent, eux, des fautes moindres, comparables à l'omission de l'accent grave à "cuillère". En génétique, ces fautes légères n'auraient de conséquences que lorsque l'environnement s'y prête.

Ces variantes d'un même gène sont ce que les biologistes appellent allèles. A l'échelon de l'humanité, un gène peut avoir de très nombreux allèles (il suffit de voir le nombre de couleurs et de nuances que l'on trouve dans les yeux). C'est ce que l'on appelle le génome humain au sens large, que s'efforce de déchiffrer le programme "Génome humain", lancé aux Etats-Unis sous la houlette de James Watson, l'un des découvreurs de la structure de l'ADN.



Le secret des centenaires

Les centenaires, comme Jeanne Calment qui vient de fêter ses 119 ans, seraient dépourvus de gènes de prédisposition. C'est ce qui expliquerait qu'ils aient échappé aux maladies cardio-vasculaires, aux cancers, à la maladie d'Alzheimer...

P. Rossion

suite de la page 77

tinguer génétiquement les souriceaux sains des malades. Il ne faut pas oublier qu'on travaille ici dans l'infiniment petit. Pour avoir une idée de leurs tailles, les chercheurs de Pasteur ont dû multiplier (on dit "amplifier") les microsatellites de chaque animal grâce à la *Polymerase Chain Reaction*, ou PCR, procédé que nous avons déjà présenté dans ces colonnes (voir *Science & Vie* n° 869, p. 39). En peu de temps, on obtient ainsi des milliards de copies de chacun des microsatellites, qui sont ensuite séparés selon leur taille par électrophorèse.

Cette technique, dont nous avons maintes fois parlé (voir, notamment, *Science & Vie* n° 993, p. 32), consiste à faire migrer sous l'effet d'un champ électrique les microsatellites sur un gel d'agarose. Les plus légers, donc les plus courts, arrivent fatallement en tête, alors que les plus lourds (les plus longs) arrivent en queue, avec toutes les tailles intermédiaires possibles entre les deux. Les chercheurs ont pu ainsi comparer les microsatellites des souris et établir des corrélations entre les animaux.

L'équipe de Pasteur a trouvé, chez la souris, un premier gène de prédisposition à la persistance du virus de Theiler sur le chromosome 17, un second sur le chromosome 10 et un troisième gène sur le chromosome 18. Le premier de ces gènes était récessif par rapport à la forme résistante ; autrement dit, lorsqu'on hérite ce gène défectueux en un seul exemplaire (hétérozygote) on n'est pas prédisposé à la maladie, alors que si on l'hérite en deux exemplaires (homozygote) on y est sensible. En revanche, les deux autres gènes étaient dominants par rapport à la forme résistante, c'est-à-dire que même si on hérite un seul exemplaire du gène défectueux on est automatiquement prédisposé à la maladie.

L'équipe pasteurienne n'était pas au bout de ses surprises. En effet, le premier gène fut trouvé dans une région du chromosome 17 bien connue des immunologistes : le complexe majeur d'histocompatibilité (CMH), c'est-à-dire une région intervenant dans les défenses immunitaires. Autrement dit, la sensibilité à la pathologie virale serait liée, tout au moins en partie, à l'état de ce complexe. Pareil fait a d'ailleurs été observé chez l'homme, chez qui l'équivalent du CMH est le système HLA (sigle de la désignation anglaise de *Human Leucocyte Antigen*), localisé sur la sixième des vingt-trois paires de chromosomes. Les individus porteurs d'un certain groupe tissulaire HLA ont, en effet, un risque plus grand que les autres de

contracter certaines maladies.

Une cinquantaine de pathologies seraient associées à ce système. C'est ainsi que les hommes HLA-B27 ont six cents fois plus de risques d'être atteints de spondylarthrite ankylosante, une affection caractérisée par des douleurs au niveau de la colonne vertébrale, des hanches, des genoux et des épaules.

Le système HLA (comme d'ailleurs le CMH) est constitué d'un groupe de gènes codant pour des protéines qui ont pour rôle de délimiter le territoire de l'individu. C'est, en quelque sorte, l'équivalent de notre police de l'air et des frontières. Il s'oppose au passage de tout agent étranger, à savoir tous les types de microbe (bactéries, virus), et à la greffe de tout organe en mettant en branle l'arsenal immunitaire. C'est la raison pour laquelle tout greffon provenant d'un donneur non compatible est rejeté par le receveur.

Le second gène de prédisposition est lui aussi intéressant, du fait qu'il se trouve près du gène codant pour l'interféron-gamma, une substance dont le rôle antiviral est prouvé. On peut donc penser que le gène de prédisposition serait en relation étroite avec ce gène.

Le troisième gène, enfin, a été mis en évidence près du gène codant pour la myéline, une protéine qui constitue la gaine des cellules du système nerveux. Il est possible qu'il soit directement lié à la maladie, du fait que les symptômes provoqués par le virus de Theiler, comme, d'ailleurs, ceux observés dans la sclérose en plaques, se caractérisent justement par une destruction de la myéline des cellules nerveuses.

Comme ces trois gènes de prédisposition sont situés sur des chromosomes différents, ils sont évidemment hérités séparément (une souris pourra en hériter un, deux ou trois). Et leurs effets sont cumulatifs : une souris qui en hérite un sera moins sensible au virus de Theiler que celle qui hérite les trois.

De cette démarche, gène par gène, on attend beaucoup pour la compréhension de maladies dont la complexité échappe toujours aux chercheurs. On pense plus particulièrement au cancer, qui reste la grande énigme scientifique de cette fin de siècle.

Grande première donc pour les chercheurs de l'équipe de l'Institut Pasteur. Mais le plus dur reste à faire. Il va maintenant falloir définitivement caractériser ces gènes et comprendre comment ils fonctionnent. Mais dans un futur proche on pourra toujours développer une prévention efficace pour ceux qui les possèdent. Ce qui n'est déjà pas si mal. ■

Doit-on détruire

Le débat fait rage dans le monde de la santé, de la biologie moléculaire et de la génétique. Objet de cette fièvre : les stocks de virus de la variole. Fin 1979, la Commission d'éradication de l'organisation mondiale de la santé avait recommandé la destruction de tous les échantillons de ce virus, le plus meurtrier que l'humanité ait jamais connu. Aujourd'hui, la date butoir préconisée par l'OMS – le 31 décembre 1993 – est passée ; les stocks, eux, sont toujours présents. À la veille de la prochaine Assemblée mondiale de la santé, qui doit se tenir en mai prochain à Genève sous l'égide de l'OMS, partisans et adversaires de la destruction des stocks, depuis longtemps en guerre latente, s'affrontent donc de plus belle.

Avant son éradication, officiellement déclarée en 1980, la variole emportait environ deux millions d'être humains chaque année, dont 250 000 en Europe, et l'on recensait entre 10 et 15 millions de nouveaux cas par an. On comprend d'emblée que l'on veuille se débarrasser des stocks et des risques éventuels qu'ils pourraient représenter. Pourquoi des scientifiques s'y opposent-ils ? Tout simplement, parce que la connaissance que nous avons de ce virus est plus qu'imparfaite, et qu'il faudrait laisser à la science le temps de mieux l'étudier et surtout de découvrir ce qu'il peut nous apprendre à propos d'autres maladies virales, dont le sida (¹). Mais nous allons voir que le débat est plus complexe.

Tout d'abord, une épidémie de grande envergure est-elle possible par la faute de ces stocks, comme semblent le craindre les scientifiques qui en réclament la destruction ? *A priori* non, affirment ceux qui veulent qu'ils soient conservés : on connaît mieux, aujourd'hui, disent-ils, l'"écologie" de ce virus, son cycle de vie, ses modes de transmission ; de plus, des stocks de vaccins antivarioliques sont maintenus par précaution aux Centers for Disease Control (CDC), à Atlanta, aux Etats-Unis ; enfin, la surveillance épidémiologique mondiale éviterait une flambée au-delà des premiers cas. Et puis, qu'est-ce qui pourrait faire sortir le virus des laboratoires où il est maintenu sous haute surveillance ?

Des actes de terrorisme, par exemple, affirment de savants partisans de sa destruction, dans un plaidoyer paru dans la revue *Science* (²). «Des incerti-

600 échantillons de virus

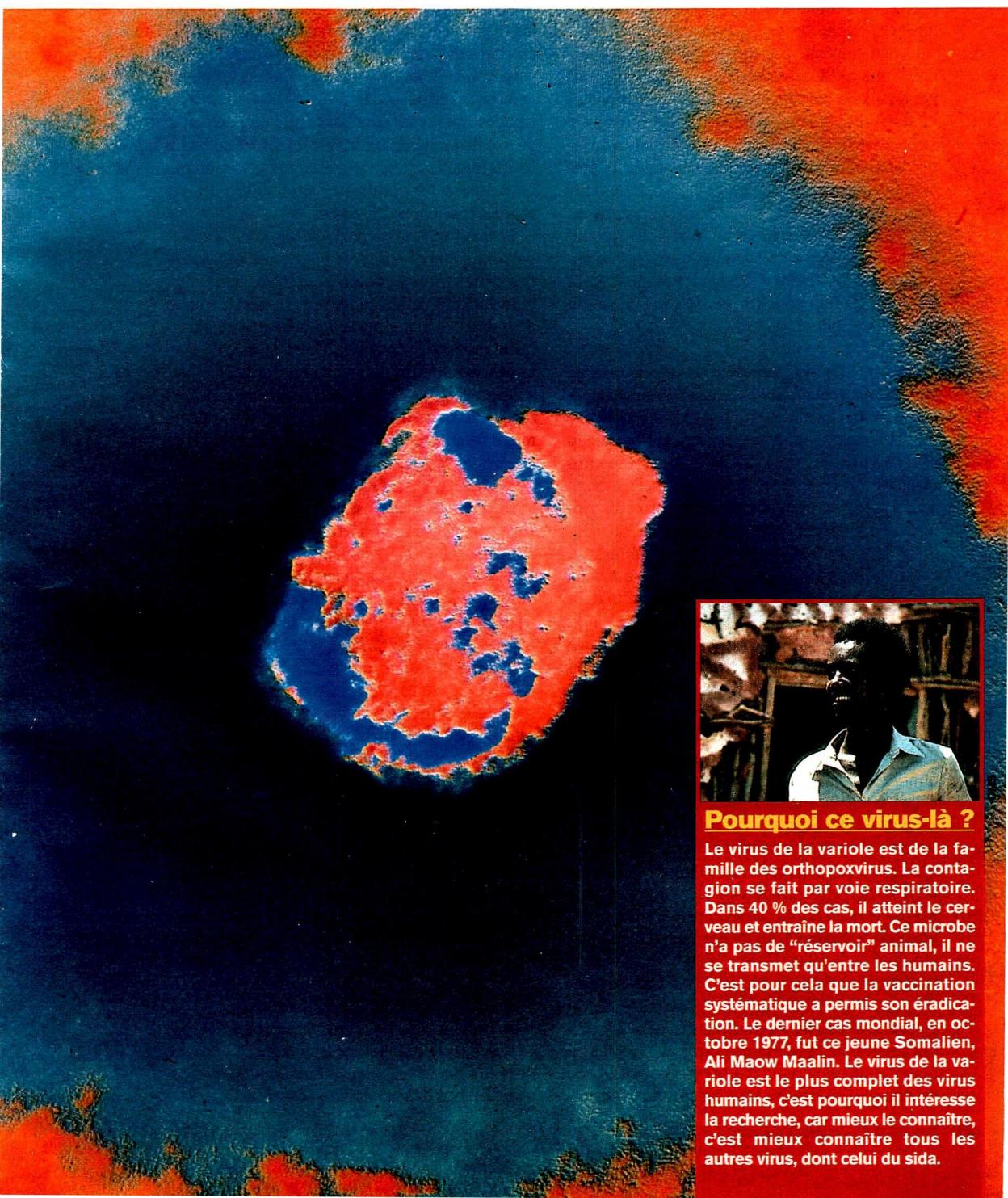
de la variole, le fléau le plus meurtrier qui ait frappé l'humanité, sont encore stockés dans deux laboratoires. Certains savants exigent de les conserver. D'autres réclament leur destruction immédiate. Qui a raison ?

PAR JEAN-MICHEL BADER

tudes politiques récentes, y compris à l'intérieur de l'ancienne Union soviétique et de ses satellites, écrivent-ils, ont réactualisé ce danger.» Si l'Institut de recherches virales moscovite, l'un des deux centres au monde où sont encore conservés des virus vivants (voir encadré, p. 84), était soudain investi par des terroristes et que ceux-ci s'emparaient du stock variolique, ils pourraient utilement menacer d'en répandre le contenu par voie aérienne au-dessus d'une capitale européenne. Facile à mettre en culture et à aerosoliser, le virus produit alors par voie pulmonaire une maladie terrifiante avec un potentiel mortel (voir plus loin). Ce n'est pas un hasard, soulignent les "destructionnistes", si la destruction du virus est prévue par la Convention internationale de 1972 (³).

La convention est dépassée, rétorque-t-on dans le camp des "conservationnistes" ; il y a belle lurette que les militaires ont cessé de considérer la variole comme une arme potentielle. Et, de toute façon, les recherches militaires dans ce domaine sont aujourd'hui interdites par la Convention de 1993 (qui complète celle de 1972 et en établit les conditions de vérification). Quant à la recherche civile, elle est bannie par l'OMS, sauf sur dérogations au coup par coup. Et puis, quels terroristes

la variole ?



Pourquoi ce virus-là ?

Le virus de la variole est de la famille des orthopoxvirus. La contagion se fait par voie respiratoire. Dans 40 % des cas, il atteint le cerveau et entraîne la mort. Ce microbe n'a pas de "réservoir" animal, il ne se transmet qu'entre les humains. C'est pour cela que la vaccination systématique a permis son éradication. Le dernier cas mondial, en octobre 1977, fut ce jeune Somalien, Ali Maow Maalin. Le virus de la variole est le plus complet des virus humains, c'est pourquoi il intéresse la recherche, car mieux le connaître, c'est mieux connaître tous les autres virus, dont celui du sida.

suite de la page 80

pourraient s'introduire – même en Russie – dans un laboratoire de confinement absolu, dit P4, les seuls où sont menés ces travaux ? Seuls quelques chercheurs de haut niveau peuvent pénétrer dans la salle du réfrigérateur, grâce à des systèmes d'identification personnelle (l'accès est limité et extrêmement surveillé par un dispositif de lecture optique des empreintes digitales, un badge magnétique et un code électronique secret).

Cela n'empêche pas, insistent les "prodestruction", que des terroristes décidés ne se laisseront pas dissuader par les conventions internationales ou les accès gardés. Certes, reconnaît-on dans le camp adverse, mais réussir l'aérosolisation du virus dans l'atmosphère n'est pas à la portée du premier terroriste venu. Il faudrait aussi que les vents soient extrêmement favorables. Et, même en cas d'attentat terroriste à la bombe variolique, souligne-t-on, des précautions simples d'hygiène publique et d'isolement des malades élimineraient très rapidement tout risque de dissémination dans la population.

Voile, répondent les adversaires de la conservation des stocks. D'abord, en cas d'attaque réelle, les mesures qui, sur le papier, paraissent si simples à appliquer, deviennent beaucoup plus compliquées dans la pratique, avec de vrais malades et une vraie panique. Ensuite, l'interruption à partir de 1985 des vaccinations antivarioliques laisse des pans entiers de la population mondiale dépourvus de toute défense immunitaire contre la variole. Certains même, comme Joshua Lederberg, prix Nobel de médecine, prétendent que la variole est une maladie vouée à une émergence nouvelle. Rappelons qu'elle a été éradiquée à l'issue d'une campagne massive de vaccination et que le vaccin est d'une grande efficacité. En revanche, aucun remède n'est vraiment disponible : soit que les défenses immunitaires de l'individu infecté finissent par reprendre le dessus (comme pour la grippe), soit que le mal atteint le cerveau et que le patient succombe (40 % des cas).

Chez les partisans du maintien des stocks, on trouve même des motivations... écologiques. Les tenants d'une biodiversité, très à la mode depuis le congrès de Rio, estiment, en effet, que l'homme n'a pas le droit moral de détruire volontairement une espèce vivante. L'argument a fait bondir l'éditorialiste de la revue *Nature* : au contraire, écrit-il, la destruction de ce virus serait le symbole de l'éradication d'un risque pour la vie humaine. Sous-entendu : la variole a elle-même "éradiqué" suffisamment d'êtres humains pour que l'humanité n'ait pas de ces scrupules. On peut rappeler, à ce propos, que les virus ne sont pas tout à fait des or-

ganismes vivants, mais des infra-organismes à la limite du vivant, et que l'on ne tuera donc pas une espèce vivante

Plus sérieusement, il y a aussi le risque attenant à la vaccination antivariolique des militaires. En effet, tant que les stocks officiels ne sont pas détruits, tant que tous les centres de recherche sur les armes biologiques ne seront pas inspectés comme le stipule la Convention internationale de 1993 (certains pays font preuve de beaucoup de mauvaise volonté), les états-majors stratégiques auront peur de la variole et continueront à vacciner leurs troupes comme les Israéliens l'ont fait pendant la guerre du Golfe. En finir avec les stocks de variole diminuera la peur des généraux et diminuera du même coup l'intérêt de poursuivre des recherches militaires sur le virus.

La destruction des stocks OMS, concluent ses partisans, en pénalisant la possession ou l'usage des virus varioliques pour l'ensemble de la communauté internationale, mettrait le monde à l'abri de toutes ces inquiétudes. La belle affaire, rétorquent les "anti" : en dehors de ces stocks, il y a au moins trois sources potentielles de virus.

- Il peut encore exister, inconnus ou oubliés des autorités de santé de nombreux pays, des prélevements de tissus ou de liquides biologiques humains infectés, collectés pendant la campagne d'éradication de la variole. Or, le virus variolique est très résistant : des particules virales conservées par inadvertance dans un laboratoire européen étaient toujours viables treize années plus tard.
- Dans l'ex-URSS, des cadavres de patients décédés de la variole, enterrés depuis plusieurs années et conservés intacts dans le permafrost, se sont révélés porteurs d'antigènes de smallpox-virus, la marque de la variole. Le chercheur qui a fait cette découverte, Les Sandakhchiev, recherche actuellement dans leurs tissus la présence de virus infectieux.

• Malgré la notable différence génétique entre les espèces virales, il y a des virus qui "passent" de l'animal à l'homme ; ainsi, le virus monkeypox, qui touche de nombreuses espèces de singes et d'écureuils, peut provoquer chez l'homme une maladie qui ressemble à la variole. Certes, c'est aujourd'hui rare : seulement 404 cas d'infections "monkeypox" ont été enregistrés chez l'homme entre 1970 et 1986 au Zaïre (dont 33, mortels). Mais on craint que la variole simiesque puisse muter et donner une maladie humaine très infectieuse et morbide. L'hypothèse n'est pas gratuite ; les biologistes moléculaires pensent, par exemple, qu'une telle mutation a pu se produire pour le sida du singe, qui aurait évolué pour devenir le virus du sida humain.

(1) Entre autres, les Prs Wolfgang Joklik, Bernard Moss, David Bishop, Les Sandakhchiev – respectivement prix Nobel de médecine, généticien moléculaire et microbiologistes – dans un article paru dans la revue *Science* du 19 novembre 1993.

(2) Dans le numéro déjà cité, et signé par les Prs Jeffrey Almond, Brian Mahy et Frank Fenner.

(3) Signé par les Etats-Unis, l'URSS et 124 autres Etats, elle bannit la production et l'utilisation d'armes toxiques et biologiques.

On l'aura compris, la discussion à l'Assemblée mondiale de la santé promet d'être houleuse. D'autant qu'elle ne portera pas seulement sur les stocks de virus vivants, mais aussi sur toutes les recherches concernant leurs constituants. En effet, parallèlement aux stocks objets de la recommandation de l'OMS de 1979, il existe aussi des conserves de fragments de virus de synthèse "bricolés" par différents laboratoires.

En effet, vers 1970, de nouvelles techniques enzymatiques ont permis de faire fabriquer par des bactéries l'ADN du virus de la variole. Depuis 1983, des copies, ou clones, de cet ADN sont conservées dans quatre laboratoires, un américain, un anglais, un russe et un sud-africain. Enfin, en 1991 et en 1993, des biologistes moléculaires américains et russes ont réussi à déchiffrer la totalité de l'ADN (c'est-à-dire à en connaître l'ordre des bases) des deux souches virales majeures, "Bangladesh 75" et "India 67", qui ont été responsables de 99 % des cas de variole mortelle, ainsi que celle d'une souche dite mineure, "Garcia 66". Ces matériels génétiques de synthèse ne sont pas, en eux-mêmes, infectieux (pas plus que le plan de montage d'un poste de télé ou que la liste de ses composants ne nous expose à certaines émissions de variété). De ce fait, les biologistes moléculaires ne sont pas tenus aux mêmes précautions drastiques que les chercheurs qui opèrent sur le virus vivants.

Certains abolitionnistes trouvent dans ces travaux un argument supplémentaire pour supprimer les stocks de virus vivants. Maintenant que l'on connaît la totalité du génome de la variole, expliquent-ils, on peut refaire l'ADN viral, et reconstituer à partir de là les éléments protéiques de structure et de régulation du virus, puis assembler un virus artificiel complet de la variole, plus maniable pour les recherches que le virus vivant. Il n'est donc plus utile de conserver ce dernier. C'est loin d'être sûr répondent les conservationnistes : l'ADN de la variole peut, certes, être synthétisé (il ne fait que 186 102 paires de bases nucléotidiques), mais, comme pour les

dinosaures du film *Jurassic Park* (voir *Science & Vie* n° 912), avoir de l'ADN ne suffit pas. Un virus, c'est une coque (ou capsid), des antigènes de membrane, des enzymes, et autres protéines qui n'existent que sur un virus vivant complet. Or, sans la machinerie du virus vivant, l'ADN tout seul, même dans les meilleurs laboratoires, ne peut faire fabriquer tous ces éléments et, surtout, toutes les protéines responsables de la virulence. Plus personne ne défendra les stocks de virus vivants le jour où l'on aura réussi à fabriquer par manipulations génétique un virus exactement identique. On pourra alors en produire au coup par coup, pour les besoins d'une recherche précise, et le détruire ensuite.

Nul ne sait, pour l'instant, quand on réussira à fabriquer une telle copie conforme du virus de la variole. Pour espérer obtenir un virus virulent, on pourrait associer par manipulation génétique, l'ADN artificiel de la variole à un autre poxvirus (le virus de la vaccine, par exemple). Mais com-

Il a tué Ramsès V

Le virus de la variole est très résistant, et reste très longtemps présent dans les tissus. Ainsi la momie de Ramsès V, mort de la variole, a conservé 3 000 ans la trace du virus. Mais même si des particules virales persistent, rien ne permet d'affirmer qu'elles ont gardé leur virulence...



(4) *Nature*, 23 décembre 1993, p. 748.

(5) Le virus variolique produit, en effet, des cytokines et des lymphokines qui sont identiques à certains facteurs de croissance humains. Il fabrique également des protéines similaires au récepteur de l'interleukine 1-B, à celui de l'interféron W et du TNF, ainsi que des molécules qui modifient la production des lymphokines humaines et des protéines se liant aux interleukines et aux autres protéines cellulaires de l'homme.

suite de la page 83

ment vérifier sa virulence pour savoir si elle est comparable à celle de la variole ? Il serait éthiquement unacceptable de tester ce virus recombinant sur des humains. Or, la variole est une maladie strictement humaine ; il n'existe aucun modèle animal qui puisse permettre de pratiquer des tests valables pour l'homme. Et tant qu'on n'aura pas réussi à créer un tel modèle, il faudra conserver des stocks de virus vivants.

Des chercheurs des CDC, à Atlanta, tentent actuellement de remédier à cette carence. Travailleur sur le virus variolique, ils ont récemment identifié des séquences génétiques responsables de la fabrication des quelque 187 protéines du virus contribuant très probablement à sa virulence (⁴). En les comparant avec celles du virus de la vaccine, inoffensif pour l'homme, ils ont découvert une stricte similitude avec 150 protéines, qui sont donc inoffensives. Il reste ainsi 37 protéines candidates-responsables de la virulence du virus, dont les plans de fabrication génétique sont très différents de ceux des protéines de la vaccine ou d'autres virus connus. C'est seulement lorsque, parmi ces candidats, les déterminants exacts de la virulence de la variole seront identifiés, qu'il sera possible de trouver sur quelles molécules de surface des cellules humaines ils s'adaptent, de rechercher la séquence génétique de ces molécules et de les transférer à des embryons de souris pour les faire s'exprimer à la surface des cellules de souris transgéniques. Bref, un modèle animal sera disponible.

Ces recherches semblent terroriser

certains, qui exigent que l'on détruise non seulement le stock de virus vivants, mais aussi que l'on arrête tous les travaux de génie génétique et que l'on supprime tous les fragments conservés. Rien ne garantit, avertissent ces "extrême-abolitionnistes", qu'un savant fou ne détournera pas les résultats des laboratoires pour les utiliser à des fins dangereuses. Preuve que le débat n'est pas si objectif, ce même argument est utilisé également par les adversaires de la destruction : inutile de détruire les stocks de virus vivants, disent-ils, puisqu'on peut très bien créer artificiellement un virus dangereux.

Mais revenons à la recherche. Car au-delà du simple inventaire, décrit ci-dessus, des protéines responsables de la virulence du virus, il reste encore beaucoup à apprendre sur les mécanismes moléculaires de son infectivité et de sa pathogénie. Pour examiner les interactions entre les protéines de structure du virus et les cellules de l'hôte (qui permettent au virus de reconnaître dans notre organisme ses cellules-cibles, puis de s'y arrimer, et enfin d'y injecter

OÙ SONT LES DERNIERS

En 1976, on dénombrerait officiellement 75 laboratoires possédant des stocks de virus variolique.

En 1977 date à laquelle fut signalé le dernier cas de variole, ces stocks furent regroupés dans 18 laboratoires. En 1980, l'année où la maladie fut déclarée officiellement éradiquée (le 8 mai, lors de la 33^e session de l'Assemblée générale de la santé), quatre laboratoires de référence furent initialement choisis pour être les derniers dépositaires de la variole. A la fin de 1983, le stock sud-africain fut détruit, et le stock anglais transféré aux Centers for Disease Control, à Atlanta, aux Etats-Unis.

La France disposait jusqu'en 1978 de collections de souches virales varioliques, au Laboratoire national de santé. Son directeur, le Dr Netter, a pris la décision de les détruire, n'ayant pas les moyens de sécurité suffisants pour les conserver. 5 millions de doses de vaccin antivariolique sont toutefois conservés à grand frais par le ministère de la Santé, au cas où...

Aujourd'hui, donc, il n'y a plus que deux centres de référence :

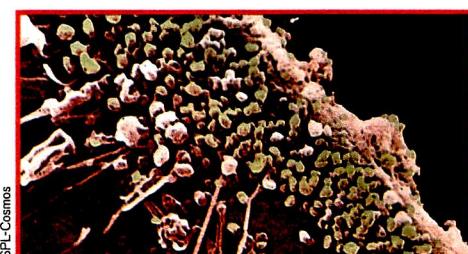
- Les Centers for Disease Control américains disposeront de

quelque 450 échantillons de virus variolique, venus du monde entier. Véritable "Louvre" de la variole, le département de microbiologie de ce centre abrite de multiples "collections" émanant de l'US Army, de l'American Type Culture Collection, des instituts nationaux de la santé japonais et néerlandais, ou encore de l'établissement de recherche microbiologique du Royaume-Uni.

- A Moscou, c'est le laboratoire des infections virales vésiculaires, de l'institut de recherche sur les préparations virales, qui conserve dans un réfrigérateur quelque 150 collections virales de variole humaine, prélevée sur les tissus

malades ou morts au Brésil, au Botswana, au Congo, en Ethiopie, en Inde, en Indonésie, au Pakistan, en Tanzanie, et même en Russie.

Ce réfrigérateur est pourvu d'une serrure dont aucun technicien de l'institut n'a la clé, d'une alarme sonore antieffraction, et les scellés de l'OMS y sont apposés. Pour y avoir accès, le laboratoire doit faire une demande écrite au directeur du programme éradication de la variole de l'OMS, et justifier avec des arguments scientifiques solides toute demande d'utilisation du stock.



La vaccine, virus ami

La vaccine est un virus de la même famille que la variole, mais il lui manque les gènes de virulence de cette maladie humaine. Il vaccine très efficacement contre elle, et les chercheurs comparent son génome à celui de la variole dans le but de mieux connaître les causes de la maladie et ses mécanismes.

STOCKS DE VIRUS VIVANTS ?

Ces deux centres sont visités régulièrement par des experts de l'OMS. Ils vérifient que les règles de sécurité biologique d'utilisation des préparations à base de virus varioliques vivants sont bien respectées dans les laboratoires P4 (de confinement absolu) – où ont lieu les seuls travaux de recherche autorisés – : hottes stériles, scaphandres autonomes pour les chercheurs (alimentés en air extérieur filtré), micropettes de sécurité, pression atmosphérique négative à l'intérieur du laboratoire, destruction de toute la verrerie utilisée et des flacons de culture, et destruction de tout matériel biologique d'expérience. Ils vérifient aussi si les règles de stockage du virus sont bien respectées.

Tous les pays se sont-ils vraiment débarrassés de leurs stocks varioliques ? Comme l'a écrit en 1987 le Dr Zdenek Jezek, responsable du programme éradication de la variole à l'OMS, «notre organisation n'avait nullement les moyens de fouiller tous les congélateurs du monde et d'examiner chaque ampoule !». On sait, par exemple, que le CRESSA à Grenoble, Porton Down à Londres, Nes-Ziona à Tel-Aviv, et



Les flacons de virus varioliques vivants sont conservés dans de tels conteneurs cryogéniques.

L'USAMRIID américain, à Frederick, dans l'Etat du Maryland, sont quelques-uns des instituts militaires de recherche qui ont gardé tard des collections de virus.

Le Pr Youri Ghendon, chef des services de virologie de l'OMS à Genève, a cité récemment (dans *Impact Médecin Hebdo*, du 22 octobre 1993) certaines sources du département des Affaires étrangères du Royaume-Uni, qui affirment que certains pays auraient gardé secrètement des virus varioliques. Les spécialistes de la Convention sur les armes chimiques et biologiques soupçonnent, entre autres, Israël, l'Irak, l'Afrique du Sud et la France !

son matériel génétique). Et pour étudier des protéines virales dont on sait qu'elles miment certaines molécules du système immunitaire de l'hôte et parasitent ainsi son fonctionnement normal (5).

Toutes ces protéines interagissent selon un rythme et une séquence de temps déterminés, et à des doses exactes. Et on ne peut juger de leurs effets combinés simplement en lisant comme des apprentis devins des tronçons d'ADN ; sans savoir s'il s'agit ou non de gènes, c'est-à-dire s'ils peuvent ou non être traduits en protéines. Et quand bien même on saurait que tel segment d'ADN est bien un gène, comment savoir si, lors des manipulations de clonage, il n'a pas été sépa-

ré des gènes qui lui sont liés dans le virus vivant et sans lesquels il ne peut s'exprimer normalement : gènes promoteurs, gènes amplificateurs, gènes répresseurs, etc.

Voilà qui promet du pain sur la planche aux chercheurs en biologie moléculaire. Sans oublier que, quelles que soient les avancées qu'elles permettront, les recherches actuelles souffrent d'un handicap certain : elles sont toutes effectuées uniquement à partir des deux souches virales majeures, "Bangladesh" et "India", les seules dont l'ADN a été décodé. Or, les chercheurs du sida le savent bien, on peut découvrir des gènes nouveaux ou des fonctions nouvelles de gènes connus en enrichissant, par l'étude d'autres souches virales, les données déjà acquises.

Raison supplémentaire, donc, de ne pas détruire les virus varioliques existants

«Avons-nous le droit, se demandent à ce propos les savants cités au début de cet article (1), de détruire cet extraordinaire exemple d'interactions hôte-virus, avant de savoir quels sont les mécanismes de défense de l'homme auxquels le virus de la variole est parvenu à échapper au cours de l'évolution ?» Et comment être sûr que la connaissance du mode d'action de quelque facteur issu du virus de la variole ne sera pas la clé de la compréhension du sida ?

«Il ne faut pas exagérer, commente le Pr Alain Chippaux, spécialiste OMS de la variole à l'Institut Pasteur de Paris. Il y a bien d'autres virus plus intéressants que celui de la variole, comme celui de la grippe, ou comme les virus des fièvres hémorragiques, qui posent de vrais problèmes de santé à l'humanité, et qui méritent mieux que celui de la variole notre attention. Il ne faudrait pas oublier que la variole est une maladie complètement éradiquée.» La fièvre d'Ebola, la fièvre de Lhassa ou le virus de Marbourg sont, en revanche, des maladies virales mortelles dont la pathogénie nous échappe encore totalement, et contre lesquelles nous ne disposons pas d'antiviraux, ni de vaccins efficaces.

Alors ? Détruire ou conserver ? La décision finale viendra-t-elle au mois de mai, à Genève ? Les observateurs estiment que les membres de la Commission d'éradication de l'OMS feront plusieurs propositions à l'Assemblée : réaffirmation solennelle de la volonté intangible de détruire "un jour" le stock, conservation de quelques échantillons représentatifs (à définir) pour finir les recherches, déchiffrer l'ADN (on dit séquencer) de plusieurs autres souches varioliques mineures pour parfaire nos connaissances génétiques. Encore un feuilleton pour le printemps !

L'édén au fond du gouffre

**Unique en Europe,
le gouffre de San
Pedro constitue un
écosystème d'une
richesse biologique
insoupçonnée.**

PAR THIERRY PILOGRE

Trente-cinq degrés à l'ombre. Le marcheur grimpe péniblement les pentes de la Sierra de Arcos. Tout à coup, presque incongrue dans ce paysage de cailloux brûlants où même les lézards cherchent refuge sous les pierres, une onde de fraîcheur lui parvient. Interloqué, il s'arrête. Il était temps : à ses pieds s'ouvre un gouffre vertigineux, dont le fond se perd à plus de cent mètres plus bas (108 m exactement). S'agenouillant prudemment au bord, il regarde : cela grouille de vie ! Oiseaux, petits mammifères, serpents, grenouilles s'activent par centaines. Un véritable havre pour presque toute la faune vertebrée de la région.

Où se trouve donc cette oasis ? Ni dans les déserts de l'Arizona, ni dans celui de l'Atacama, au Chili. Le gouffre de San Pedro – tel est son nom – se trouve tout simplement en Espagne, à quelque 250 km à l'ouest de Barcelone. Cette cavité s'est creusée dans des terrains composés de calcaires, de marnes, de grès et de gypse au cours de l'époque jurassique, il y a de 200 à 130 millions d'années.

Tout récemment, un chercheur espagnol a voulu en savoir plus. Attiré au bord du gouffre par les grenouilles et les chauves-souris, qui ont trouvé là de quoi étancher leurs besoins en eau, Jordi Serra-Cobo y a découvert de quoi assouvir sa passion. Au-delà de toute espérance, même. Car le gouffre de San Pedro, à défaut de présenter une luxuriance de



G. Lacz/Sunset

paradis terrestre, constitue pour ces animaux et beaucoup d'autres une véritable arche de Noé : un refuge où les conditions de vie sont presque idéales, surtout si on les compare à celles qui sévissent à l'extérieur. L'eau, en effet, y est abondante. Le fond du gouffre (90 m de diamètre en moyenne) est occupé par un petit lac qui atteint tout de même 20 m de profondeur et qui serait dû au blocage d'une rivière souterraine par les effondrements rocheux. Et des parois sourdent d'innombrables fontaines qui contribuent à entretenir la fraîcheur. Dehors, les hivers peuvent être longs et rigoureux et les été

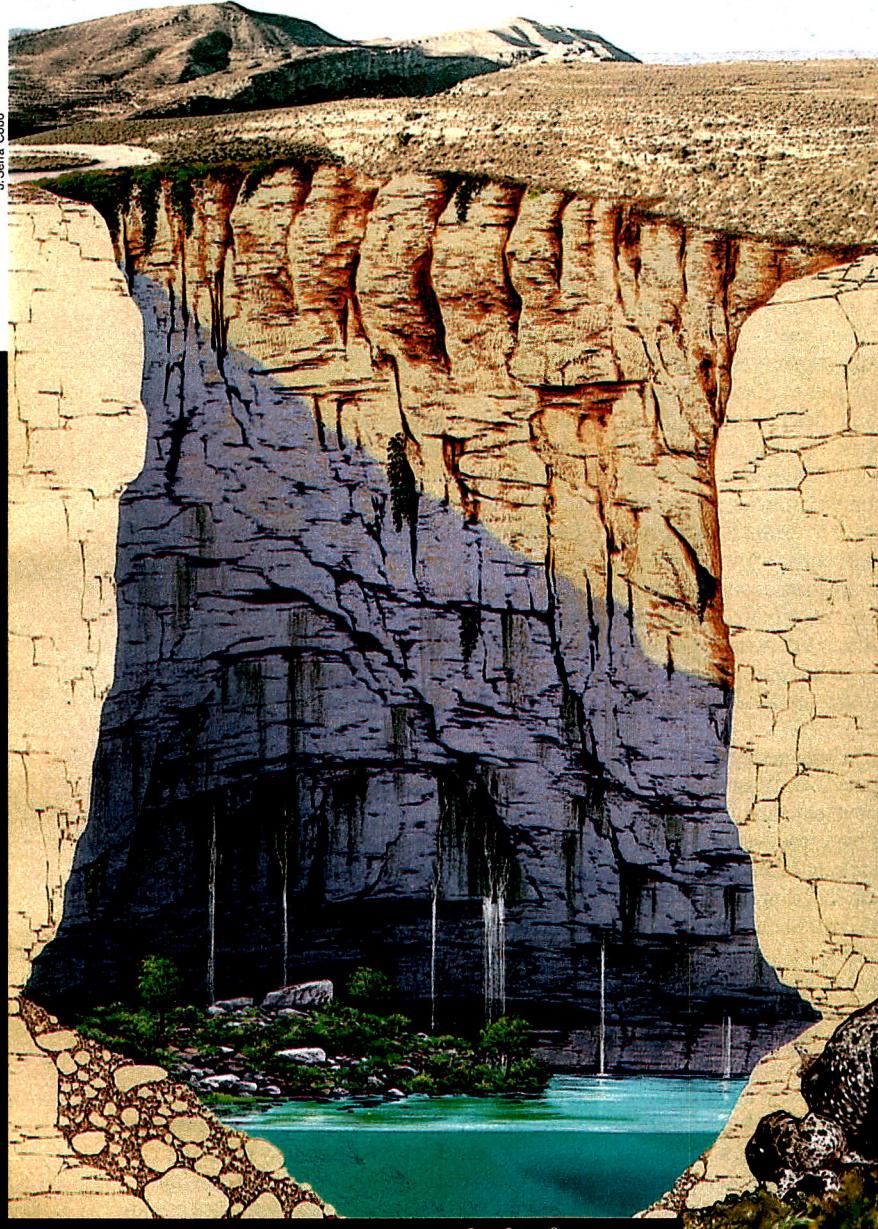


Photo G. Lacz/Sunset

secs et caniculaires ; au fond du gouffre, la température fluctue très peu et ne dépasse guère les 16 °C.

Bien entendu, les grenouilles et les chauves-souris n'ont pas été les seules à profiter d'une telle aubaine. Le lac, ses berges ainsi que les fissures de toutes dimensions qui lardent les parois sont colonisés par de nombreuses espèces. Au total, Serra-Cobo a recensé dix-neuf espèces de vertébrés : deux amphibiens, un serpent (la couleuvre à échelons), neuf espèces d'oiseaux (moineaux, corbeaux, martinets, hirondelles, pigeons) et sept de chauves-souris. Et leurs populations sont plutôt abondantes :

plusieurs centaines d'individus par espèce. D'après le chercheur espagnol, qui n'en est qu'au début de ses travaux, quatre ou cinq autres espèces devraient aussi y avoir établi leurs quartiers. Bref, pas loin de vingt-cinq espèces de vertébrés en tout, auxquels il faut ajouter des invertébrés, notamment ceux qui peuplent le lac, qui n'ont pas encore fait l'objet d'identification et de dénombrement.

Mais le microclimat de fraîcheur et d'humidité n'explique pas, à lui seul, une telle diversité et une telle abondance. En fait, le gouffre de San Pedro possède trois autres atouts majeurs. Tout d'abord,



Choucas des tours

NHPA/Sunset

L'arche de San Pedro

Eau, lumière, climat tempéré, tous les ingrédients favorables à la vie étaient réunis pour faire du gouffre de San Pedro une oasis prospère au milieu du quasi-désert régnant à des kilomètres à la ronde. Les espèces de la région ne s'y sont pas trompées, qui en ont colonisé les moindres recoins. Leur recensement vient de commencer.



Crabaud accoucheur

suite de la page 87

béant à la surface par une ouverture d'environ 70 m, il permet à l'énergie solaire de pénétrer pratiquement partout, favorisant le développement d'une flore abondante, en particulier dans l'eau. La prolifération du plancton végétal et de la végétation au fond du lac est d'ailleurs telle que l'eau en a pris une couleur verte. La végétation terrestre ne manque pas non plus. Elle pousse principalement autour du lac. Ce sont des ronces, du lierre, de la vigne sauvage et même des figuiers.

La végétation aquatique supporte toute une faune de têtards, de mollusques et d'insectes aquatiques (dont certains sont des prédateurs de têtards). Les grenouilles, qui se nourrissent d'invertébrés terrestres, sont à leur tour la proie de couleuvres, dont le régime alimentaire comporte également œufs, oisillons et rongeurs. Seuls sortent les oiseaux et les chauves-souris : s'ils s'alimentent en partie sur le dos des organismes vivant dans le gouffre, ces habitants vont toutefois chercher une bonne part de leur nourriture à l'extérieur. Car, aussi riche soit-il, le gouffre de San Pedro ne parvient pas à satisfaire la totalité des besoins d'une population aussi nombreuse.

De l'extérieur, outre la lumière, viennent aussi l'eau, sous forme de pluies et de ruissellement, et, parfois, des rapaces, qui voient dans le gouffre un garde-manger toujours bien approvisionné. L'azote et le carbone, essentiels au fonctionnement de l'écosystème, proviennent du guano des fientes des oiseaux et des chauves-souris et de la décomposition des cadavres d'animaux.

Le deuxième point fort du gouffre de San Pedro réside dans sa structure. Il offre, en effet, une grande diversité d'habitats : lac, éboulis, buissons, falaises présentant des fissures de toutes tailles, que les différentes espèces utilisent et se répartissent en fonction de leurs besoins écologiques. Elles étalement aussi leur activité dans le temps. Ainsi, le matin, les oiseaux quittent le gouffre par centaines, espèce après espèce, attendant chacune son tour selon un

ordre immuable, quasi militaire. Le soir, ce sont les chauves-souris qui prennent leur essor de la même manière. En outre, pour la plupart, les oiseaux ne s'installent dans le gouffre qu'au printemps et en été, c'est-à-dire pour la saison de la reproduction. En automne et en hiver, bon nombre d'entre eux migrent, vraisemblablement vers des régions plus chaudes (sud de l'Espagne et Afrique, notamment). En revanche, rongeurs, reptiles et amphibiens, par exemple, vivent confinés dans la cavité toute leur vie durant. Sans doute, d'ailleurs, seraient-il bien incapables d'en sortir. Mais cela signifie néanmoins que le gouffre subvient à tous leurs besoins, notamment en nourriture.

Enfin, troisième facteur responsable de la richesse en espèces et en individus du gouffre : son âge. Les espèces pionnières, les premières arrivées, ont eu le temps de se multiplier, puis d'autres de coloniser l'endroit à leur tour et d'y croître en abondance. Le nombre d'espèces et d'individus s'est accru au fil du temps avec l'augmentation des dimensions de la cavité et, avec elle, du nombre et de la diversité des habitats. Les écologistes considèrent que les populations actuelles des différentes espèces ont atteint un équilibre et que le gouffre constitue un écosystème "à maturité".

Tout irait-il donc pour le mieux dans le meilleur des écosystèmes ? Hélas ! les peurs moyenâgeuses que le gouffre inspirait tenaient à distance les paysans du coin. On ne s'en approchait... que pour y jeter les sorcières. Aujourd'hui, les maléfices se sont dissipés et une population humaine bien plus nombreuse fréquente ses abords. Pour son malheur : au lieu de sorcières, on y jette désormais des sacs en plastique, des canettes, des boîtes de conserve... ou des réfrigérateurs ! Des championnats de spéléologie y sont organisés, et les chasseurs y tirent des animaux qu'ils ne pourront même pas récupérer.

Serra-Cobo s'alarme de cette tendance et souhaiterait faire classer le site. Car le gouffre de San Pedro n'a, en effet, pas d'équivalent en Europe ; il faut aller sous les tropiques, en Papouasie-Nouvelle-Guinée, au Mexique ou au Venezuela pour trouver des systèmes comparables. Mais aucun d'entre eux n'a été étudié de manière approfondie.

Jordi Serra-Cobo sera-t-il entendu ? En attendant, la prochaine étape de son travail consistera à étudier la démographie des populations du gouffre. Il n'est pas impossible, par exemple, que le nombre de naissances d'oiseaux et de chauves-souris, entre autres, dépasse celui des morts. Et ces jeunes excédentaires pourraient, qui sait, aller s'établir à l'extérieur du gouffre, apportant leur contribution au fonctionnement écologique de toute la région. ■

Un paradis jusqu'à quand ?

A fleur de désert, un trou de 70 m de diamètre. 108 m plus bas, un lac profond de 20 m. Température à peu près constante : 14 °C . Dans cet écosystème harmonieux, jusqu'ici ignoré des hommes, viennent d'apparaître sacs et bouteilles en plastique...



Ambroise Paré

Médecin des rois (1509 - 1590)



En ce temps là, au début du XVI^e siècle, les barbiers étaient aussi chirurgiens. Il faut dire que la chirurgie consistait plus à amputer qu'à soigner. Ambroise Paré, barbier-chirurgien de son état, sera le premier à associer médecine et chirurgie. A la différence de ses confrères, qui entretenaient savamment le mystère autour de leur art, Paré va publier largement ses expériences. Chirurgien de l'armée, il est le premier à pratiquer la ligature des artères, jusque là cauterisées au fer rouge. Il sera le médecin des rois, Henri II, François II, Charles IX et Henri III. Il a élucidé une foule de questions d'anatomie et de thérapeutique. Parmi ses publications, la plus retentissante est sa *Méthode de traiter les plaies faites par les arquebuses et autres bâtons à feu* (1545). Le prochain CAHIER DE SCIENCE & VIE vous raconteront la vie de ce chirurgien hors du commun.

N° 1139-MET

**LES CAHIERS
DE SCIENCE & VIE**

LES PÈRES FONDATEURS DE LA SCIENCE

**AMBROISE
PARÉ**

Le premier chirurgien des temps modernes

PHOTO ROGER-VIOLLET

EN VENTE PARTOUT

DES HISTOIRES RICHES EN DÉCOUVERTES

Le retour des loups

Le loup et l'homme n'ont jamais fait bon ménage. Mais le retour en France de *Canis lupus* est l'occasion de faire la paix.

PAR DIDIER DUBRANA

Pas de panique, les loups sont de retour en France mais pas encore aux portes de Paris. En fait, depuis un an, seulement trois représentants de l'espèce *Canis lupus* errent dans le parc national du Mercantour. En bons loups qui se respectent, ils ont dévoré cet été une vingtaine de brebis. Et déjà, dans les campagnes, les histoires les plus stupides remontent à la surface. La légende du loup est de nouveau confinée dans l'ombre des sortilèges et des maléfices : loup tueur d'enfants, nouvelle bête du Gévaudan...

Chasse, pièges et poison ont eu raison du carnivore, qui a disparu de France juste avant la dernière guerre mondiale. Les dernières portées de loups vivaient alors en Dordogne, en Charente, dans la Vienne et la Haute-Vienne. L'espèce, qui avait déjoué la haine des hommes depuis des siècles, s'est éteinte en moins de deux cents ans. Au début du XIX^e siècle, les loups peuplaient 90 % du territoire français ; en 1908, leur aire de répartition s'était réduite à 4 % de la superficie du pays.

Nul ne saura jamais où ni quand le premier homme a rencontré le premier loup, mais, puisque l'occasion se représente, pourquoi ne deviendrait-on pas, en France, "l'ami d'un loup" ? Ce slogan lancé par Europe Conservation (¹) vise à «réhabiliter l'image du loup chez nos concitoyens avant que l'on découvre le premier cadavre, victime d'un Tartarin endimanché», assène son président, Jean-Philippe Beau-Douzy. Cette réhabilitation du loup inaugurerà un programme de recherche scientifique en collaboration avec le Pr Boitani, spécialiste du loup à l'université de Rome.

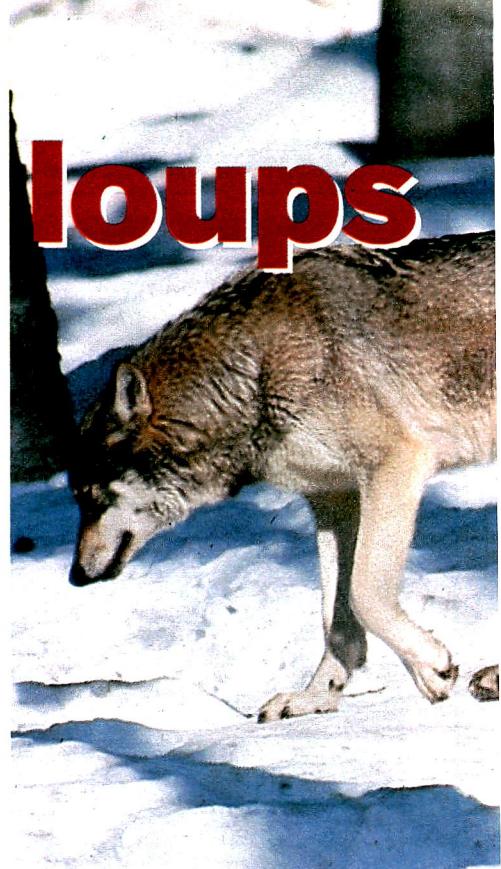
Car les nouveaux loups français sont en fait italiens. Ils sont arrivés dans le parc du Mercantour par les Apennins. Vagabonds invétérés à la recherche de nouveaux espaces de chasse, ces trois premières

bêtes ne seraient donc que de modestes éclaireurs de la population italienne en pleine extension depuis vingt ans. A l'époque, il ne restait plus que cent individus répartis dans dix populations disséminées à travers les reliefs du centre et du sud de la péninsule. Protégées depuis 1977 en Italie, les meutes ont repris du poil de la bête (400 individus) et les zones à loups ont fini par fusionner (voir cartes).

Dans ce pays, le carnivore a reconquis le territoire abandonné à l'homme un siècle plus tôt, sans problème de cohabitation. Les caractéristiques de sociabilité du loup l'encouragent, d'ailleurs, à devenir un commensal de l'homme. En effet, le comportement de l'humain et celui du loup présentent de nombreuses analogies. Les hommes primitifs ont commencé leur carrière associés en groupes de chasseurs et, à l'heure actuelle, vivent encore en société. Et, pour que la vie en société soit concevable, chacun doit maîtriser son agressivité. Le loup aussi est un animal social (²). Il possède toutes les particularités qui ont fait du chien le meilleur ami de l'homme. Ainsi, précise Jean-Philippe Beau-Douzy, «quiconque a élevé des jeunes loups ayant subi "l'imprégnation humaine" peut confirmer que l'animal voit en l'homme un congénère, et qu'il se comporte avec lui comme au sein d'une meute, conservant naturellement le sens de la hiérarchie.

(1) L'organisation non gouvernementale de protection de la nature Europe Conservation lance une campagne de soutien originale. Moyennant 250 F, vous recevrez un certificat de parrainage ainsi qu'une photo du loup dont vous êtes devenu l'ami. Cela permettra de soutenir les recherches entreprises par l'European Wolf Network et de créer des bourses pour de jeunes chercheurs.

(2) Pour en savoir plus, lire *l'Empire des loups*, de Paul-Emile Victor et Jean Larivière, aux éditions Duculot.





G. Lacz/Sunset



Dans cette hiérarchie, l'homme, par sa position verticale, trône au sommet de la pyramide».

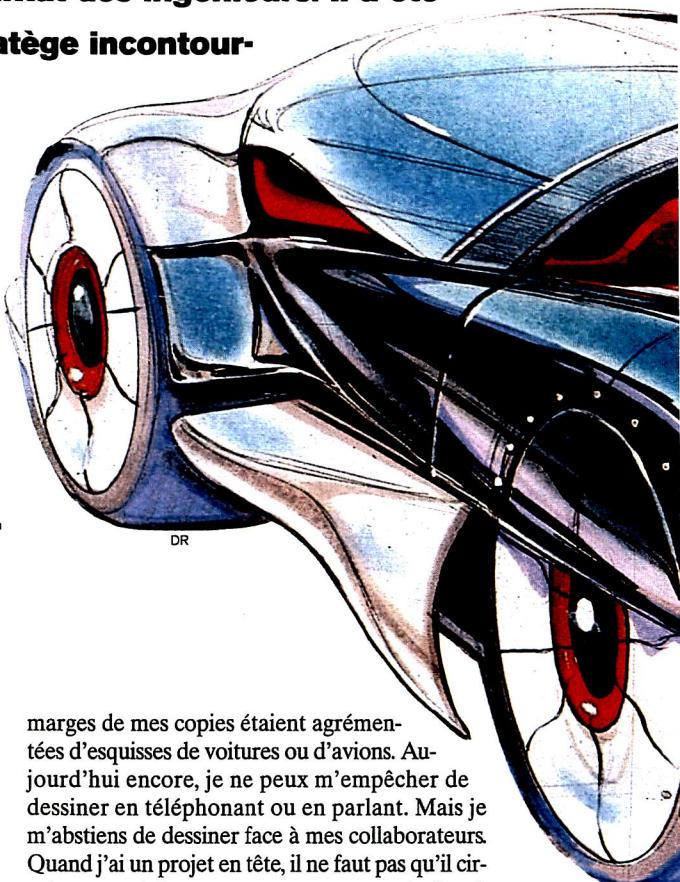
Les loups sauvages ont peur des hommes. Mais cette prudence suffira-t-elle à préserver le trio du Mercantour ? Le loup est protégé depuis juillet 1993 en France, et un système d'indemnisation est mis en place par la direction du parc national pour

rembourser les dégâts causés par les canidés, à l'instar du dédommagement instauré dans la vallée d'Aspe pour la protection de l'ours des Pyrénées. «Mais, contrairement à l'ours, il n'est pas question de cantonner les loups dans une réserve naturelle», précise Patrick Le Meignen, directeur-adjoint du parc national. «Pour l'instant, ils sont dans la réserve et s'attaquent aux troupeaux de mouflons, mais il en sortiront bien un jour. Dans un an, dix ans, vingt ans, impossible de le savoir.»

Le doublement de la surface forestière française depuis le début du siècle ainsi que l'explosion de la population des grands ongulés (cerfs, chevreuils) ou des petits rongeurs (lapins, lièvres) sont des atouts favorables à l'extension du loup. Il reprendrait sa place de "superprédateur" dans la niche écologique du couvert forestier, jouant un rôle de régulateur. Cela est d'autant plus plausible que, contrairement aux autres espèces en danger, le loup s'adapte aux exigences écologiques du milieu. Mangeant aussi bien des charognes que des fruits, des proies sauvages ou domestiques, il peuplait voilà quelques siècles tous les écosystèmes (toundra arctique, taïga, steppe, maquis méditerranéen, forêt tempérée, etc.) sauf les tropiques. Pourtant, il a bien failli disparaître à cause de son pire ennemi, l'homme. Alors, pourquoi ne pas devenir aujourd'hui l'ami d'un loup ? ■

Tout commence

Le styliste n'est plus ni l'artiste qui ébahit la foule des salons par des sculptures sublimes mais sans lendemain, ni l'esclave soumis au diktat des ingénieurs. Il a été promu au rang de stratège incontournable, dépositaire de l'image et du succès de sa marque. Mais cette promotion ne lui a pas tourné la tête : il demeure ouvert à toutes les propositions (voir notre concours p. 98).



DR

PAR LUC AUGIER

Ils s'appellent Patrick Le Quément chez Renault, Gérard Welter chez Peugeot, Arthur Blakeslee chez Citroën. Ils règnent sur ce qui est devenu tout récemment un empire : le design, le style ou la création, termes différents suivant les marques pour définir la même fonction. Empire ? Certainement pas au plan des effectifs : 250 personnes pour Renault à Billancourt ; 200 chez PSA, réparties en 80 pour Citroën à Vélizy ; autant chez Peugeot à La Garenne-Colombes et 40 pour le centre de style avancé du groupe privé à Carrières-sous-Poissy. En tout, moins de 10 % des effectifs d'ingénieurs d'études, mais des commandos jeunes et passionnés par le dessin et la sculpture, à l'image de leurs chefs.

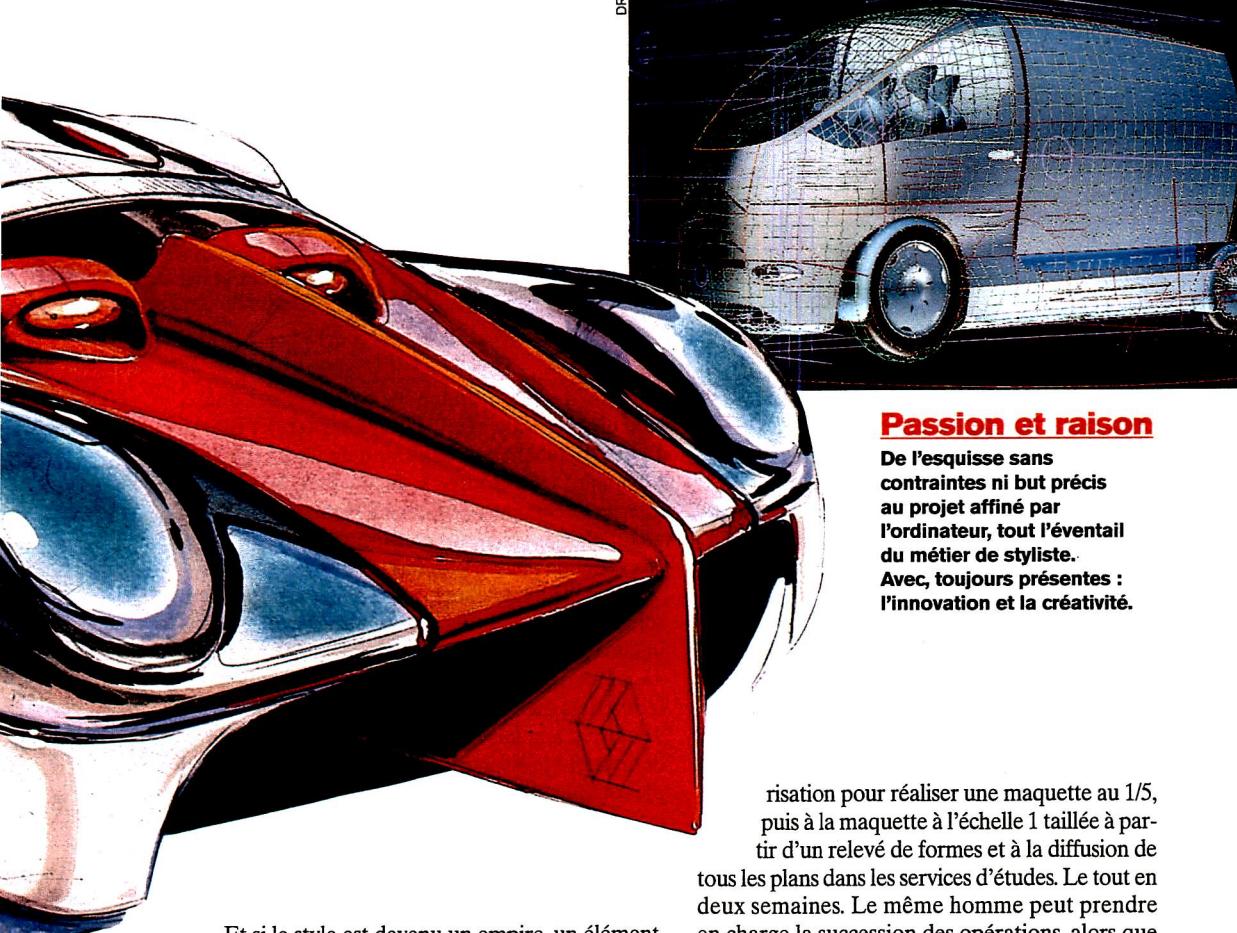
«Les Américains disent volontiers que les stylistes automobiles ont de l'essence et non pas du sang dans les veines, affirme d'emblée Le Quément. Quand j'étais sur les bancs de l'école, j'ai eu quelques ennuis avec mes maîtres parce que les

marges de mes copies étaient agrémentées d'esquisses de voitures ou d'avions. Aujourd'hui encore, je ne peux m'empêcher de dessiner en téléphonant ou en parlant. Mais je m'abstiens de dessiner face à mes collaborateurs. Quand j'ai un projet en tête, il ne faut pas qu'il circule, ce serait irrespectueux pour eux, cela étoufferait leur propre créativité. Car le chef du style n'est plus un romantique solitaire mais un animateur d'équipe, cela vaut même pour le *maestro* Giugiaro (1). Nul n'aurait la prétention d'affirmer qu'il a abouti à l'*eurêka* sans subir d'influence.»

Mais l'époque (jusqu'à la fin des années quatre-vingts) où le styliste était chargé «d'habiller le bossu», subordonné à la dictature de la direction du produit ou du bureau d'études, est révolue. «La plus belle technique du monde ne fait pas vendre, déclare Welter, le client achète d'abord sur l'aspect.» C'est naturellement primordial pour un coupé ou un cabriolet, mais aussi pour une berline.

(1) Styliste et consultant le plus demandé pour les voitures de série.

par le rêve



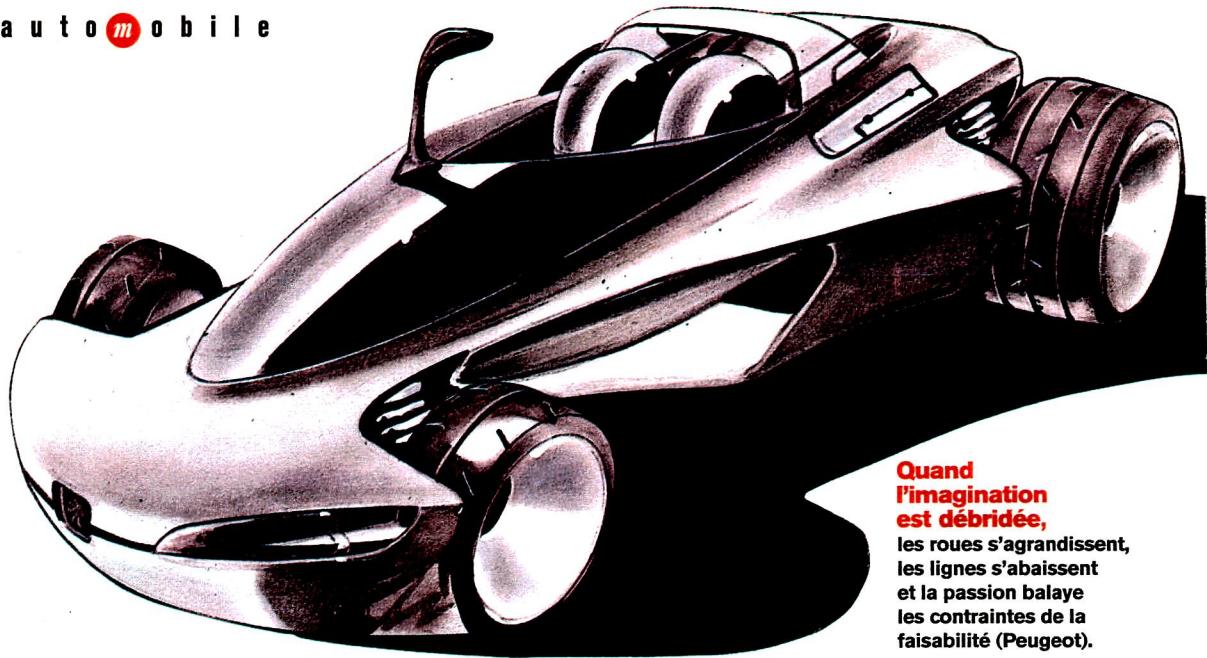
Passion et raison

De l'esquisse sans contraintes ni but précis au projet affiné par l'ordinateur, tout l'éventail du métier de styliste. Avec, toujours présentes : l'innovation et la créativité.

Et si le style est devenu un empire, un élément stratégique de première importance, c'est grâce à cette prise de conscience de la part des directions générales des différentes marques, mais aussi grâce à la révolution des moyens de communication, par ordinateurs et fax, entre les divers services. La métamorphose s'est opérée ces six dernières années. «Les généralistes, c'est désormais nous, constate Blakeslee. Les ingénieurs des études sont devenus des spécialistes. Nous sommes leaders dans les nouveaux projets, notre travail commence en même temps que le lancement du programme global et ne s'achève qu'après son industrialisation. Et la France a en la matière un avantage appréciable : du dessin, on peut passer à la numé-

risation pour réaliser une maquette au 1/5, puis à la maquette à l'échelle 1 taillée à partir d'un relevé de formes et à la diffusion de tous les plans dans les services d'études. Le tout en deux semaines. Le même homme peut prendre en charge la succession des opérations, alors que dans d'autres pays les syndicats (l'UAW aux Etats-Unis, par exemple) imposeront leur intervention dans les étapes intermédiaires. Pour s'affranchir de ces lourdes corporatismes, il faudra passer directement du dessin à la maquette à l'échelle 1 et on perdra énormément en souplesse et en réactivité. La France se doit d'exploiter cet atout inestimable.» La numérisation permet de dégrossir automatiquement les blocs de "clay" (?) dans lesquels sont modelées les maquettes. Le styliste, débarrassé des opérations fastidieuses de première mise en forme, n'a plus qu'à affiner son profil par ajout ou retrait de matière ici ou là. Citroën dispose même d'un logiciel (unique au monde,

(2) Argile spéciale universellement utilisée par les constructeurs automobiles pour réaliser les maquettes de leurs nouveaux modèles à cause de ses qualités de malléabilité et de durcissement.



DR

Quand l'imagination est débridée, les roues s'agrandissent, les lignes s'abaissent et la passion balaye les contraintes de la faisabilité (Peugeot).

suite de la page 93

d'après la firme) qui permet de transformer le dessin en maquette virtuelle projetée sur écran géant à l'échelle 1 et animée dans un décor.

Toutefois, malgré cette reconnaissance de leur rôle et les moyens nouveaux mis à leur disposition, les stylistes de Peugeot et de Citroën, contrairement à ceux de Renault, sont encore confrontés à la concurrence de Pininfarina, de Bertone ou d'autres studios extérieurs, du moins au début des projets. Le cahier des charges est soumis en même temps aux compétiteurs, les premiers dessins sont comparés au bout de six à huit semaines, les maquettes un peu plus tard, dans le même délai, puis le projet retenu par la direction générale est confié à la responsabilité du service

“maison”. «Etant donné les enjeux, c'est une concurrence acceptée», déclare Welter. Et Blakeslee de renchérir : «Elle stimule les imaginations, garde nos troupes sous pression, mais elle tournera de moins en moins à l'avantage de ceux auxquels nous sommes confrontés, car nos services sont de plus en plus forts et compétents.»

Naturellement, le métier de styliste s'est transformé : il doit être dessinateur mais aussi ingénieur, aérodynamicien et claviste. Son suivi va même jusqu'à la conformité des outillages industriels ou au contrôle chez le sous-traitant. Toutefois, à la base, la créativité et l'innovation demeurent indispensables. «Et on les discerne plus aisément sur un croquis délirant hâtivement crayonné que sur un dessin en couleurs bien léché», affirme Welter.

Dieu sait, pourtant, si la création est ensuite bridée. Normes, réglementation, habitabilité, ergonomie, faisabilité industrielle, prise en compte du site de production, cahier des charges, coûts, matériaux, fiabilité, qualité perçue, galbes non contondants : la litanie des contraintes pourrait être indéfiniment allongée. «Mais nous ne sommes pas plus bridés que ne l'étaient nos prédécesseurs dans les années vingt, soutient Le Quément. Certes, ils pouvaient habiller les sièges de peau de lézard ou fixer une statuette coupante comme une lame Gilette sur un bouchon de radiateur, mais ils n'avaient pas les ressources techniques dont nous disposons aujourd'hui. Bien sûr, des portes se sont fermées, mais d'autres se sont ouvertes à double battant.» Il en va ainsi du vitrage affleurant, des pare-brise ou des lunettes arrière

L'egoïsme poussé à l'extrême : le véhicule monoplace (Peugeot).

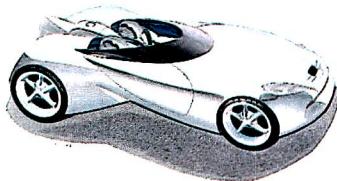


DR

collés, des optiques à surface complexe, des feux de couleur uniforme où la fonction s'allume pourtant dans sa teinte, etc. «Les progrès de nos fournisseurs contribuent souvent plus à l'amélioration de l'aspect que des prestations techniques, souligne Welter. Ainsi, la limite d'inclinaison d'un pare-brise n'est plus désormais fixée que par les aberrations optiques.»

Il n'empêche, toutes les voitures se ressemblent et nos trois interlocuteurs en conviennent avec honnêteté et modestie. Les mêmes contraintes, les mêmes cahiers des charges, les mêmes segmentations et déclinaisons de gamme, les mêmes ressources chez les fournisseurs conduisent fatidiquement à des solutions et des expressions voisines et directement comparables. «Et puis, les gens à qui l'on s'adresse ne veulent pas être bousculés ni dérangés. On peut facilement les faire rêver, mais, pour les convaincre d'acheter, il faut les rassurer, ne pas s'éloigner de ce qu'ils ont envie d'avoir. C'est l'aspect marketing qui s'impose à nous.»

«Le marketing extinctif contre le style instinctif, raille Le Quément, pour rectifier aussitôt : le design peut être avancé ; le style, lui,



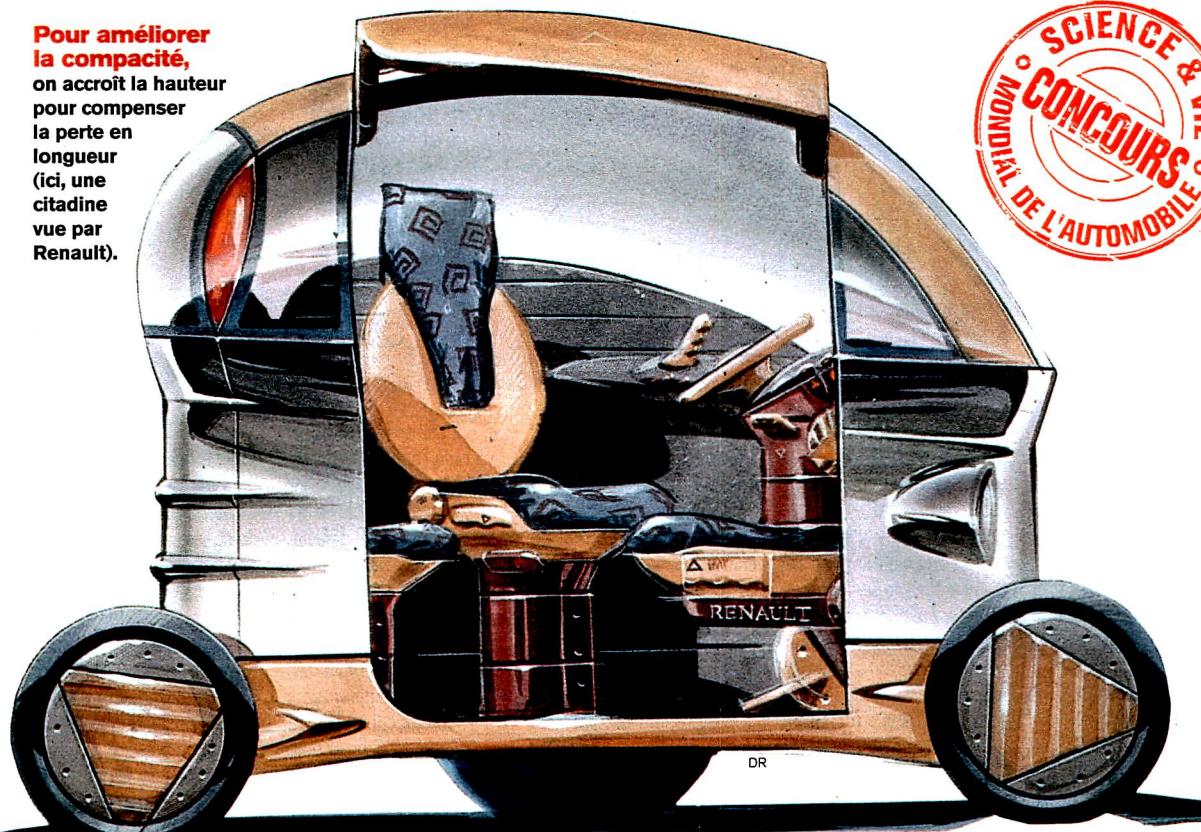
**Le rêve de tout styliste :
dessiner des voitures
de compétition (Peugeot).**

doit être de son époque.

Au départ d'un projet, on dispose déjà de sérieuses études socio-culturelles. Il y a aussi la concurrence, on voit ce qu'elle fait, on la respecte, il n'y en a plus de mauvaise. Chacun conduit ses projets avec des "rétroviseurs", en fonction de ce qui se fait, de ce qu'il a fait. Et le chef du design doit avoir une moralité, une déontologie. Il ne crée pas pour être salué par les médias ni surtout pour se faire plaisir à lui-même ou pour épater le bourgeois. Son produit ne peut pas se permettre d'être obsolète un an après son lancement : il en va du sort des 130 000 personnes de l'entreprise.»

Mais chacun s'efforce de cultiver sa spécificité. Les Japonais ont exploré bien des voies, mais n'ont pas trouvé d'identité précise. On les reconnaît comme "japonais", on ne les identifie pas spécifiquement comme Toyota, Nissan ou Mazda. En revanche, sur une Peugeot, la forme des optiques remonte à la 504, la calandre à la 205. La gamme est déclinée de manière sensiblement générique, comme chez BMW ou Mercedes. Renault n'adopte pas cette stratégie, même si la La-

Pour améliorer la compacité, on accroît la hauteur pour compenser la perte en longueur (ici, une citadine vue par Renault).



suite de la page 95

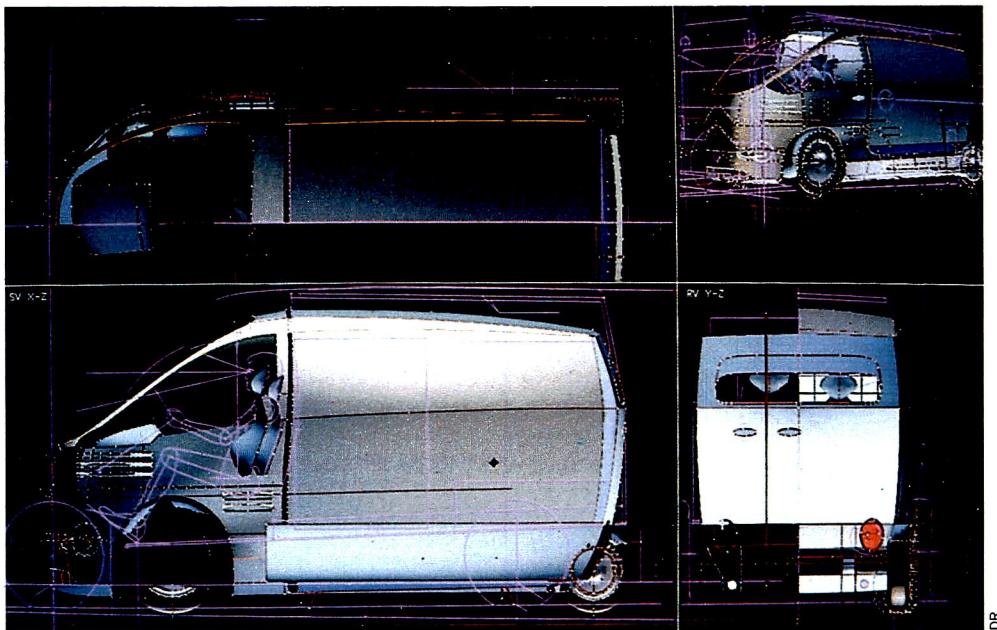
guna ressemble à une Safrane ou à quelques concurrentes. «Elle aurait pourtant été très fraîche si elle était sortie à l'heure, révèle Le Quément. Mais, pour des besoins commerciaux, la Twingo a été industrialisée avant, et les problèmes à régler sur la Safrane à Sandouville ont encore retardé son apparition. Dans l'intervalle, son style a été défloré par les Toyota Carina, Mazda 626 et Ford Mondeo. Mais il lui reste sa calandre et son intérieur très personnels.»

Il est vrai aussi qu'il est plus difficile d'être innovant dans un segment de marché qui s'adresse à une clientèle conservatrice. «On ne fera pas traiter l'intérieur d'un haut de gamme par un jeune

styliste qui roule quotidiennement dans une petite voiture», observe Le Quément. Pourtant, un souffle nouveau anime ce marché des petites, à en juger par les Twingo, Corsa, Micra ou Punto. «Seule la Twingo est originale, salue Welter, et c'est méritoire de la part de Renault d'avoir osé. Mais devons-nous nous engager dans la même voie ? La Twingo sera banalisée quant elle ne sera plus unique. Son style implique une telle pureté qu'il est impossible de s'en écarter. La diversité ne pourrait se faire que par des détails quasiment imperceptibles.» Le Quément est plus modeste : «Dans la Twingo, il y a tout de même



DESSINÉ, MAQUETTÉ ET HABILLÉ À L'ÉCRAN



DR

Ce projet Citroën de petit utilitaire à propulsion hybride (turbine/électrique) n'a jamais fait l'objet d'une maquette. Le dessin a été retravaillé à l'ordinateur dans ses formes et dans ses courbes, puis il a été numérisé. Le logiciel est capable de restituer les plans en volume pour permettre de l'examiner sous tous les angles à l'échelle 1 sur un grand écran et de

l'animer dans un décor. Cet hyperréalisme est atteint en un délai très bref : une dizaine de jours de préparation du programme et une nuit de calculs. La direction générale peut arbitrer rapidement, même si elle est frustrée, dit-on, de ne pouvoir "toucher" la maquette virtuelle.

Si la viabilité est accordée, le programme est introduit dans une machine à fraiser

qui sculpte une maquette au 1/5 ou à l'échelle 1. Le styliste peut alors modifier la forme par ajout ou retrait de matière, jusqu'au projet définitif.

A ce stade, une machine exécute un relevé de forme, et tous les plans peuvent être immédiatement diffusés dans tous les services concernés : études pour implantation d'organes mécaniques, méthodes pour moyens et outils

d'industrialisation, style intérieur, fournisseurs (verriers, par exemple), etc.

C'est en cela que le métier de styliste a été transformé : il ne consiste plus à intervenir après coup pour habiller le projet mais en devient le véritable conducteur, se situant au centre des débats et des arbitrages et contrôlant les opérations jusqu'à la production en série.

des tendances de Corsa et de Mazda 121.»

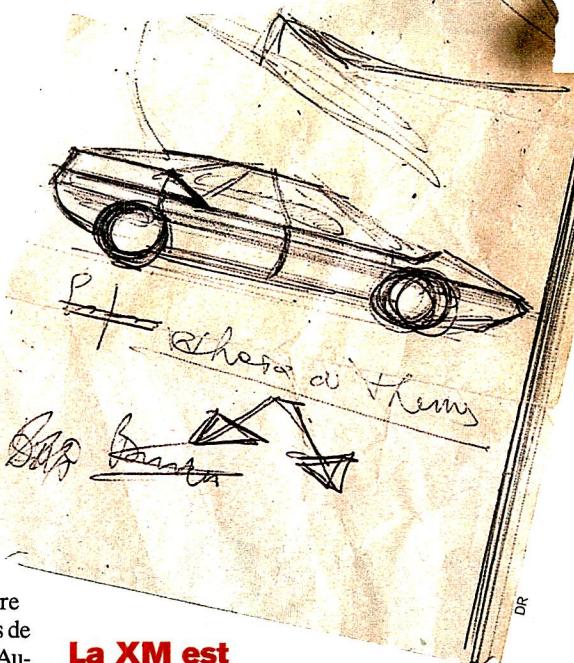
Mais cette similitude a toujours existé, se défendent nos stylistes, quelle que soit l'époque. Il suffit d'observer des photos de la place de la Concorde à travers les âges pour s'en convaincre. Pourtant, dans les années cinquante, la DS tranchait dans l'uniformité des Aronde, Frégate et 403.

A cette évocation, Blakeslee s'enflamme. Cet Américain, transfuge de Chrysler Europe, assume aujourd'hui le très lourd héritage Citroën, dont l'originalité alternait du meilleur, avec la DS, au pire, avec l'Ami 6. «Le passé et la passion qui auréolent Citroën font que tous les stylistes du monde envient ma position. Mais Citroën avait plus d'admirateurs que de clients. Il a donc fallu satisfaire aux besoins du moment, atteindre les standards de qualité, de coût et de finition des concurrents. Aujourd'hui, nous avons rattrapé ce décalage et nous allons pouvoir repartir dans une direction plus personnelle et innovante. On peut très bien refaire demain le coup de la DS. La clientèle qui arrive sera radicalement nouvelle. Elle s'est forgé de nouvelles valeurs, elle est plus mûre, elle vit dans la hantise du sida, des difficultés économiques, elle n'est pas portée vers la futilité et les faux-semblants. Elle est ouverte aux propositions nouvelles, la segmentation traditionnelle du marché va être bouleversée et nous sommes prêts à répondre à ses attentes, avec l'assentiment de notre direction générale. La moyenne d'âge de mon équipe est aujourd'hui de 27 ans et elle est donc parfaitement en phase avec ces aspirations nouvelles.»

Welter est plus réaliste : «Aujourd'hui, on veut des petites voitures qui soient aussi habitables que des grosses. Alors, on installe les gens très droits et on rehausse le toit pour rattraper ce que l'on perd en longueur. Du coup, on suggère une instabilité peu rassurante.»

Et Le Quément dénonce les contraintes les plus lourdes : «La frustration la plus importante, c'est que la technique automobile n'a pas été atteinte

(3) Ecole supérieure de design industriel, 14 rue du Bourg-Tibourg, 75004 Paris.

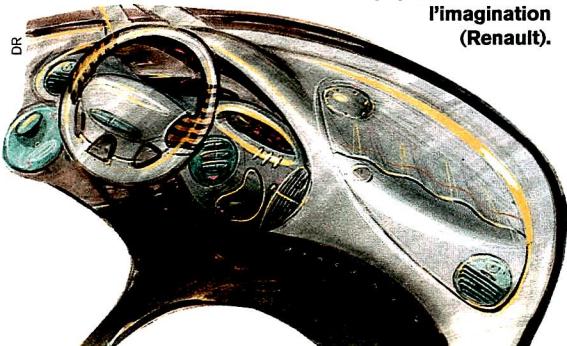


La XM est née sur une nappe

C'est à partir de cette esquisse hâtivement griffonnée par Bertone sur la nappe en papier d'une table de restaurant que sont nées les formes de la Citroën XM.

par la révolution de la miniaturisation, comme l'électronique. Un système de chauffage et de climatisation d'aujourd'hui est aussi volumineux qu'un groupe propulseur des années soixante. On nous reproche un manque d'habitabilité ou d'espaces de rangement, comme si c'était un oubli de notre part. Mais nos planches de bord sont pleines comme un panier d'œufs, on loge des airbags dans les boîtes à gants ou au milieu des volants, et il faut encore voir les instruments à travers ! Il faut satisfaire tous les besoins, multiplier les prestations offertes, traiter les fumeurs et les non-fumeurs, etc. Pour l'intérieur, on en est arrivé à gérer des compromis, il y a trop de demandes !»

C'est pourquoi les stylistes se défont immanquablement dans des dessins ou des esquisses très libres qui tapissent les murs de leurs studios : les roues s'agrandissent et s'élargissent, l'habitabilité se restreint, les contraintes disparaissent, les formes sont exacerbées. Stagiaires et idées nouvelles sont accueillis à bras ouverts, les maquettes respectueusement conservées par Welter en témoignent, tandis que Le Quément regrette la proportion encore trop restreinte de femmes dans ce qui reste un univers "macho" et que Blakeslee se fait le chantre de l'émergence d'une école de design française⁽³⁾ qui permettra de former et de recruter ailleurs qu'à Londres, Turin ou Los Angeles.



**Pour le style intérieur,
confort et équipements brident
l'imagination
(Renault).**



**MONDIAL DE
L'AUTOMOBILE**
6-16 OCTOBRE 1994
PARIS

**-On n'arrête
pas un rêve
qui marche.**

Parce que l'automobile n'a pas fini de faire rêver les hommes, le Mondial de l'Automobile lance un grand concours sur le thème : "imaginez la voiture de vos rêves..." et vous donne ainsi l'occasion de voir votre rêve automobile se concrétiser sous la forme d'une maquette en volume au 1/5ème.

Le Mondial de l'Automobile et Science & Vie vous offrent ainsi une occasion unique de participer à la réalisation de votre concept automobile avec les bureaux de design des constructeurs français : c'est sous leur tutelle que seront réalisées les maquettes des 3 dossiers gagnants.

Les lauréats se verront en outre offrir, à leur choix, une visite du bureau de design de l'un des 3 constructeurs français ou une invitation à une course automobile.

Le concours imaginez la voiture de vos rêves...



Les maquettes seront offertes à leurs 3 auteurs après avoir été exposées lors du Mondial de l'Automobile du 6 au 16 octobre 1994 à Paris.

Ce sont l'esthétique de la ligne de votre véhicule imaginaire et l'originalité de votre idée, qui feront de vous l'un des 3 lauréats.

Les représentants des bureaux de design de Citroën, Peugeot et Renault mais aussi des personnalités appartenant notamment, au monde de l'automobile, de la création, du journalisme confronteront leurs différents points de vue sur ces 2 critères pour élire les 3 meilleurs dossiers.

Pour participer, vous devez présenter un projet de véhicule automobile qui, imaginé par vous, devra être original, ne reprenant ni les caractéristiques d'un modèle ou d'une gamme existants, ni la marque d'un constructeur.

Avant le 16 mai 1994 envoyez à l'adresse indiquée ci-contre, votre dossier comprenant impérativement les 3 éléments suivants :

- 2 dessins de votre voiture de rêve : de face et de profil, chacun sur une feuille de papier millimétré de format A3 (42x29,7 cm). Vous pouvez joindre à ces 2 plans indispensables, tout autre dessin de votre choix permettant de mieux mettre en avant l'esthétique et l'originalité de votre projet (Ex.: intérieur).

- 1 note de présentation générale dactylographiée expliquant le sens et l'originalité de votre concept.

Sur cette note, vous pourrez en outre indiquer si vous avez imaginé une innovation dans l'un des domaines suivants :

- sécurité;
- écologie (Ex.: source d'alimentation du moteur);
- interactivité avec l'environnement extérieur (Ex.: aide à la conduite);
- habitabilité (Ex.: conception de l'habitacle, bien-être des occupants);
- matériaux.

Cette seconde partie d'informations plus précises reste facultative.

L'ensemble ne devra pas dépasser une page.

- Vos nom, prénom, adresse et date de naissance devront être indiqués au dos de chaque dessin et en tête de votre note de présentation.

Les lauréats seront avertis personnellement à l'adresse qu'ils auront ainsi indiquée, à compter du 1er juin 1994.

Adresse d'envoi des candidatures :

CONCOURS MONDIAL DE L'AUTOMOBILE

30, rue Vernet - 75 380 Paris Cedex 08.

EXTRATS DU RÈGLEMENT

Article 2 :

Ce concours est ouvert à toute personne résidant en France métropolitaine et en Corse âgée d'au moins 16 ans au jour d'ouverture du concours (24/02/94). Ne pourront participer les personnes exerçant leur activité dans le domaine du design automobile ainsi que leur famille.

Article 8 :

Les candidats s'engagent à réaliser un projet original. Ils garantissent les organisateurs contre toute action en contrefaçon en se substituant à eux, notamment en prenant en charge les frais ou dépenses de quelque nature qu'ils soient que les organisateurs seraient amenés à supporter à l'occasion d'une telle action. Ils feront leur

affaire de réclamations de tiers qui se prétendraient auteurs du ou des projets faisant l'objet du concours. Toute contrefaçon ou tentative de contrefaçon sera ainsi sanctionnée et, en cas de contrefaçon constatée après la remise des prix, ceux-ci pourront être repris par les organisateurs sans préjudice de toute autre indemnisation.

Article 9 :

Les lauréats acceptent par avance que leur nom et, le cas échéant, leur image soient publiés par les organisateurs.

Article 10 :

Les organisateurs ne pourront être tenus pour responsables si le concours devait être reporté, interrompu, modifié ou annulé pour des raisons indépendantes de leur volonté.

Article 11 :

Les gagnants ne pourront exiger qu'il leur soit remis quelque contrepartie que ce soit en échange des prix qui leur auront été attribués conformément à l'article 6.

Article 12 :

Le simple fait de participer entraîne l'acceptation pleine et entière du présent règlement dont le texte est déposé chez Maître Pascal VIGNAT, huissier de justice à Paris (75008) 27 rue Tronchet.

Le règlement peut en outre être consulté sur le serveur Minitel : 3615 AUTOM ou en envoyant une demande accompagnée d'une enveloppe timbrée à Concours Mondial de l'Automobile, 30 rue Vernet, 75380 Paris Cedex 08.

Inondations : l'Etat plus fautif que le climat

**Les pluies de l'hiver
dernier ne sont pas les seules
responsables des
inondations : le laxisme
de l'Etat a préparé
le lit de cette catastrophe
“naturelle” annoncée.**

PAR DIDIER DUBRANA

Deux mois après le déluge, la Camargue reprend vie : les melons fleurissent dans les serres tandis que les champs de riz retrouvent la verdoyance qu'ils avaient délaissée durant l'hiver. Seuls quelques amoncellements rocheux, dispersés ça et là dans ce paysage quadrillé par les canaux d'irrigation, témoignent encore de la bataille livrée contre le Rhône en furie.

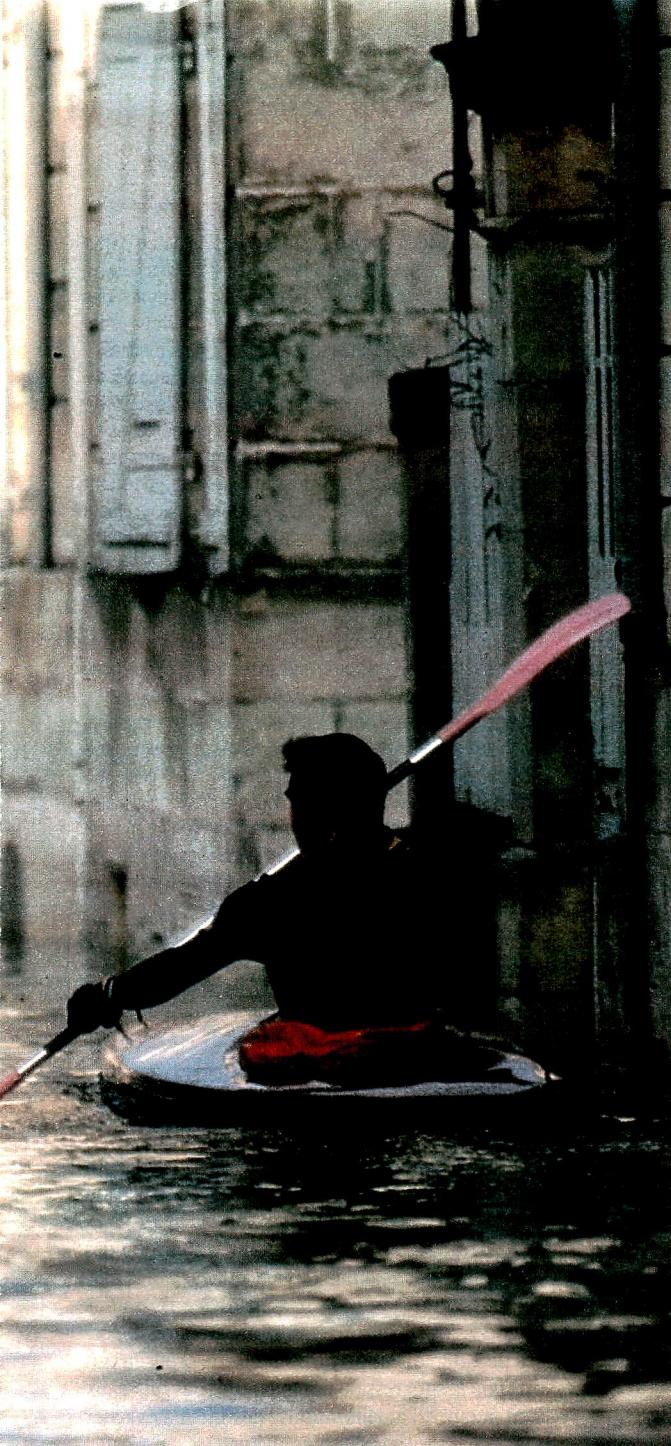
Au milieu de ce delta de 150 000 ha, une poignée d'irréductibles animant l'Association des Camarguais conserve plus que jamais intacte la "mémoire du risque". «Les membres de l'association ont passé des nuits entières à monter la garde sur les digues canalisant le cours du Petit Rhône pendant les inondations. Ils ont pataugé deux fois, en trois mois, dans leurs mas inondés. Ils veulent maintenant dénoncer l'incurie qui a abouti à une telle catastrophe», assène Guy Marigau, agriculteur à Gimeaux (à 7 km d'Arles).

Au banc des accusés figurent les associations territoriales dirigées par de grands propriétaires, qui

ont en charge l'entretien des 152 km de digues. «Pourquoi l'association qui gère la “digue à la mer” n'a-t-elle pas réuni son conseil d'administration depuis janvier 1986 ?», interroge Jean-Luc Malacarne, président de l'Association des Camarguais. «Comment se fait-il qu'une poignée de Camarguais puisse “faire la pluie et le beau temps” en détenant



E. Scorcetelli / Gamma



les points d'entrée ou de sortie de l'eau (douce ou salée) sur l'ensemble du delta ?», lance un adhérent lors de la réunion qui se tient dans la salle du comité de quartier de Trinquetaille (Arles). Bref, avant même de dresser un bilan sur la solidité des digues, le gouvernement devra surtout résoudre un problème de robinet qui échauffe les esprits !

Etat des lieux : 400 millions de m³ d'eau douce sont pompés chaque année dans le Rhône et le Petit Rhône. Elles servent à étancher la soif des maraîchers, mais surtout celle de riziculteurs, qui consomment jusqu'à 3 litres d'eau/ha/s (il y a 20 000 ha de rizières). Autres sources de consommation : l'aménagement des chasses privées qui s'étendent sur le pourtour du lac du Vaccarès (situé dans la réserve naturelle de Camargue), et qui nécessitent la dessalinisation de l'eau.

Tous ces aménagements ont bouleversé l'écosystème camarguais, qui a perdu 42,7 % de ses zones humides en cinquante ans (35 000 ha sur 82 000 ha). «La Camargue est un territoire complètement "artificialisé". La régression des espaces naturels se fait au rythme de 1 000 ha par an», conclut Alain Taminier, chercheur au CNRS de Montpellier. Comment s'étonner alors que le Rhône reprenne ses droits lors des crues ? En effet, il suffit de descendre la vallée du Rhône pour apprécier ce que "aménagement fluvial" signifie en France (voir dessins p. 104). L'étranglement des cours d'eau et l'élimination des voies de garage constituées par les zones d'inondations naturelles, telles que les peupleraines, conduisent à un encombrement croissant du cours inférieur du Rhône. Et ce risque d'engorgement augmente au fur et à mesure que l'on se déplace d'amont en aval. Or, le volume total d'eau à transporter, défini par la pluviométrie, n'a pas changé depuis que ces aménagements ont été réalisés.

Ainsi, les risques d'inondation sont plus élevés aujourd'hui qu'au début du siècle, et ce, en dépit des barrages hydrauliques présentés, à tort, comme des ouvrages régulateurs de crue : le volume d'eau collecté par l'immense bassin versant du Rhône arrive en fin de course devant le delta du fleuve (la Camargue) dont les deux bras, étroitement endigués, ont une capacité d'absorption dérisoire par rapport à celle du delta originel. Résultat : les digues craquent d'autant plus facilement qu'elles sont fragilisées par l'abondance des terriers de lapins, de renards, de blaireaux ou autres ragondins, qui témoignent de l'absence totale d'entretien.

• Malheureusement, ces erreurs d'aménagement du territoire ne sont pas une spécialité camarguaise. Les racines de ce mal, qui colonise la France entière, ont pris naissance aux premiers jours de la politique de remembrement engagée par l'Etat dans les années 1950. A l'époque, il avait été décidé de regrouper les terres des différents propriétaires autour des corps de ferme, pour agrandir la taille des exploitations.

MÉTÉO-FRANCE AFFINE SES PRÉVISIONS

Depuis quelques mois, Météo-France utilise un des plus gros ordinateurs du monde (un Cray de plusieurs dizaines de millions de francs) pour ses prévisions météorologiques. Il vient soutenir la mise en place d'un nouveau logiciel de traitement des données, Arpège. Mais, attention, il ne s'agit pas de prévoir plus loin (la limite de fiabilité des prévisions reste de cinq jours) mais d'affiner les prévisions.

Une amélioration précieuse, néanmoins, qui s'appuie sur une gestion globale de deux sources d'informations distinctes : celles, très fines, recueillies au-dessus de la France, et celles, plus grossières (à grande échelle), sur le reste de la planète. Sans oublier le mélange de ces données de terrain avec les programmes propres de l'ordinateur.

Il s'agit d'effectuer une simulation numérique du comportement de l'atmosphère

(par résolution des équations de la physique de l'air) non pas en tous les points de la surface terrestre, mais en un certain nombre d'endroits définis par une grille régulière. Les calculs s'effectuent seulement aux nœuds de cette grille : c'est ce que l'on appelle la technique du maillage. Plus la grille est fine, plus le calcul est précis, mais plus il est lourd à traiter par informatique.

Avec Arpège, Météo-France va pouvoir adapter la finesse de son maillage (qui varie de 30 à 300 km) en fonction de l'intérêt du lieu et du moment. Ce nouveau modèle découpe l'atmosphère en 24 couches successives contre 15 précédemment. Un gain en qualité qui se paye par une augmentation considérable du nombre de calculs à effectuer.

Les équations de base qui servent à modéliser l'atmosphère ne changent pas : mouvement de l'air, thermo-

dynamique (relation entre la pression et la température). L'air est ainsi considéré comme un gaz parfait en équilibre hydrostatique, et la quantité d'eau dans l'atmosphère est représentée par une équation de conservation de la masse. Les variables sont la vitesse du vent suivant les deux directions du plan horizontal, la température et l'humidité. La pression, elle, n'est prise en compte qu'en surface.

Ce sont ces grandeurs, observées sur le terrain, qui forment ce qu'on appelle, à un moment donné, les conditions initiales. Pour effectuer le calcul, il faut ramener toutes les observations à une heure standard (0, 6, 12 ou 18 heures UTC). L'approximation qui est effectuée dans la pratique induit des effets pervers sur la fiabilité de la prévision. Arpège contourne cet obstacle car il bénéficie d'une nouvelle méthode de prise en compte des me-

sures, qui élimine en partie les imprécisions des relevés. Le calcul est alourdi, mais les possibilités d'erreur sont considérablement réduites.

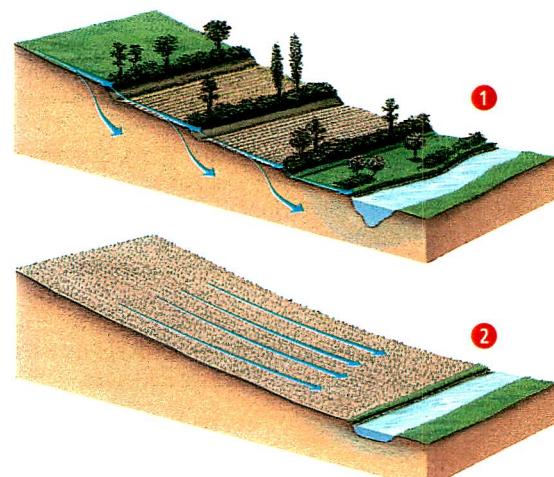
Malgré ces progrès, Arpège est incapable de tenir compte des phénomènes locaux, comme les orages ou les turbulences, pourtant fondamentaux, par exemple sur les reliefs montagneux. Pour y remédier, il est prévu d'imbriquer dans Arpège, dans les cinq ans à venir, des modèles numériques supplémentaires très fins (quelques kilomètres de maille).

Enfin, plusieurs chercheurs travaillent sur le couplage d'Arpège avec un modèle numérique de prévision climatologique, c'est-à-dire en intégrant la composition en gaz de l'atmosphère (gaz carbonique, méthane, etc.) ; et les interactions de l'atmosphère avec la surface des océans, la cryosphère (antarctique et arctique) et la biosphère (surtout les forêts).

Atta Oloumi

150 000 kilomètres de haies...

... ont été détruits depuis 1940. Or, les haies ralentissent le ruissellement des eaux de pluies vers les fleuves ①. Cette politique accroît non seulement l'érosion des sols, mais aussi leur lessivage, qui charge les fleuves d'engrais et de pesticides tout en accélérant leur débit ②.



suite de la page 101

Cette stratégie, commandée par la course au rendement, modèle alors le paysage agricole selon les exigences des nouvelles méthodes de production : agrandissement des chemins, disparition des haies marquant la limite des anciennes petites parcelles, gênantes pour le passage des gros engins (voir dessins ci-contre), et, surtout, création de fossés de 1,5 m à 2 m de profondeur, le creusement du lit ou la suppression des méandres des ruisseaux sont autant "d'améliorations" destinées à évacuer rapidement les eaux excédentaires.

Mais à quel prix ! Au moindre épisode pluvieux, le débit de ces ruisseaux s'emballe et la vague déferlante gonfle les fleuves en un temps record. Fleuves qui sont, eux aussi, soumis au même traitement par une série de trois grands types de travaux. Premièrement, le recalibrage agrandit la section du lit et l'approfondit afin de lui donner un profil transversal, homogène et trapézoïdal, qui améliore la stabilité des berges. Ces dernières se-

ront, de toute manière, le plus souvent endiguées.

Deuxièmement : le reprofilage de la pente sur tout ou partie du cours permet d'accélérer la vitesse d'écoulement de l'eau. Enfin, comme "il faut bien mettre de l'ordre dans cette nature vagabonde", on procède également à la rectification des méandres. Pour Brice Lalonde, président de Génération Ecologie, «les hydrologues ont cherché à rendre le débit des fleuves identique à tout moment. Il en découle une méconnaissance totale de l'écologie des grands fleuves qui changent de lit au hasard des crues. Acceptons la variabilité des grands fleuves».

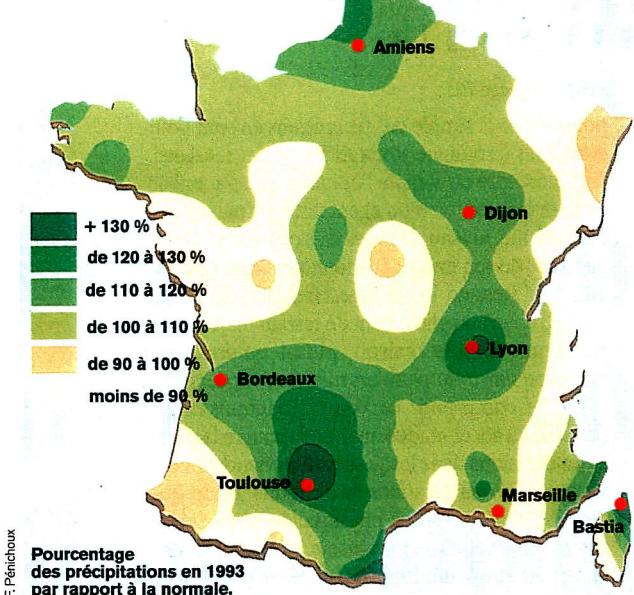
Et Brice Lalonde de renchérir : «La société française a perdu la culture de l'eau. L'usager ouvre son robinet et rince son évier, l'agriculture irrigue et draine, l'industrie turbine pour la production électrique ou évacue ses déchets, les transports canalisent et éclusent, et les villes colonisent les berges.» Sur ce dernier point les chiffres sont éloquents : 70 % des constructions réalisées en zone inondable datent de moins de quarante ans. A qui la faute ? On aurait tendance à dénoncer l'insouciance des Français.

En effet, il est bien connu qu'un cours d'eau est constitué d'un lit mineur, dans lequel s'écoulent habituellement les eaux, et d'un lit majeur occupé par les eaux de crues (voir dessins, p. 104). Seulement, voilà, «80 % des personnes résidant dans les zones inondables sont étangères à ce secteur d'habitation», constate Renaud Vié le Sage, ancien délégué aux risques majeurs (!). Résultat : «Ils n'ont aucune mémoire du risque» (voir encadré, p. 105).

Pourtant, l'Etat dispose de deux outils législatifs permettant de guérir cette amnésie : l'article R-111-3 du code de l'urbanisme et la loi du 13 juillet 1982. Le premier permet au préfet d'établir un périmètre inondable. Cette procédure, qui ne nécessite pas l'accord des conseils municipaux – ce qui est très important comme nous le verrons plus loin –, facilite le refus des permis de construire en zone inondable, ou subordonne les autorisations à des conditions spéciales, fixées par arrêté préfectoral.

La loi de 1982 est à double tranchant : elle permet tout d'abord d'indemniser les victimes d'une catastrophe naturelle. Pour ce faire, la police d'assurance de chaque foyer – qu'il réside sur les Champs-Elysées ou à Mimizan-Plage (dans les Landes) – a été majorée de 5,5 % (ce qui correspond à 100 F en moyenne) dès le mois d'août 1982. Cela afin de constituer une "cagnotte de solidarité" que les assureurs redistribuent plus ou moins rapidement aux victimes des catastrophes naturelles.

Encore faut-il savoir ce que signifie catastrophe naturelle ! «Les politiques qui attendent une ré-



L'EXCEPTION DE L'HIVER 1993

L'année 1993 a été la plus humide de ces dix dernières années (carte ci-dessus). Et le mois de décembre, le plus "arrosé" depuis trente ans, dans le Nord, de Dieppe à Metz, et dans le Nord-Est et le Sud-Ouest, qui présentent, également en décembre, des cumuls de précipitations égaux à deux fois la normale. Durant la première décennie de janvier, certaines villes pulvérisaient les records pluviométriques de ces trente-trois dernières années ; Dijon : 95,2 mm en dix jours au lieu de 59,2 pour la normale mensuelle ; Bordeaux : 102,8 mm au lieu de 54,1 ; Lyon : 137,6 mm au lieu de 100,4 ; et enfin, Marseille : 88,4 mm au lieu de 47,2.

Beaucoup de pluie en peu de temps : quelques singularités climatiques sont responsables des crues. La concentration des pluies sur les six derniers mois de l'année a saturé les sols. Ces derniers, ne jouant plus leur rôle tampon en absorbant une partie des précipitations, ont évacué le trop-plein vers les rivières et les fleuves avec d'autant plus de facilité que les aménagements en place concourent à accélérer leur débit. Résultat : alors qu'à la fin de l'été dernier, la France accumulait un déficit de l'ordre de 400 litres d'eau par m², aujourd'hui ce déficit est de 200 litres/m².

Autre singularité, les mouvements atmosphériques. En Méditerranée, les pluies cévenoles apparaissent en octobre, en raison d'une première arrivée d'air polaire qui rencontre l'air tiède et humide poussé par les vents du Sud. Ces masses sont canalisées par le couloir rhodanien, puis soulevées par le relief des Cévennes et des Alpes en créant des orages. D'habitude, vers le mois de novembre, l'air polaire prend le dessus sur l'air tiède : le temps se calme. Mais cette année la confrontation des deux masses d'air a duré, entretenant des pluies diluviales jusqu'en janvier. De plus, la France fut touchée par une vague de douceur en raison de la circulation des perturbations océaniques sur une latitude élevée pour l'époque. La fonte des neiges dans le Massif central ou dans les Vosges a gonflé subitement des fleuves comme la Charente, l'Oise ou la Marne avec les conséquences que l'on sait

suite de la page 103

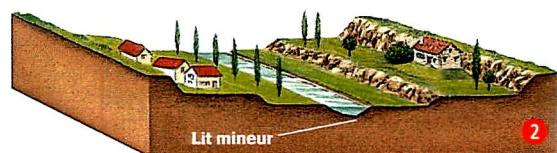
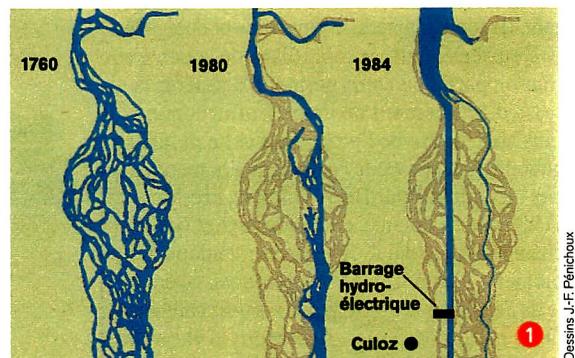
ponse nette et simple des techniciens en sont pour leurs frais», souligne Renaud Vié le Sage. «Ainsi, faut-il prendre en compte l'intensité exceptionnelle de la manifestation d'un agent naturel (magnitude d'un séisme, niveau de pluviométrie) ou bien l'importance de son impact économique et humain?», interroge Renaud Vié le Sage. Bref, doit-on classer "catastrophe" un glissement de terrain majeur touchant une simple maison, plutôt qu'une crue moyenne sinistrant plusieurs milliers de foyers?

On le comprend, ce volet "indemnisation" (louable en soi et unique au monde) ouvre la porte à des décisions dans lesquelles interviendront davantage de considérations de politique locale, que de critères d'évaluation physique de l'événement (crues, glissements de terrain, etc.). Exemple : dans la nuit du 5 au 6 juin 1983, un orage de grêle tombe sur trois arrondissements parisiens (XII^e, XIII^e et XIV^e arrondissements). Les grêlons cassent quelques verrières et des toits, mais ce sont surtout les carrosseries de nombreuses voitures qui sont endommagées. Un arrêté interministériel (du 3 août 1983) établira qu'il y a eu catastrophe naturelle, donc indemnisation. Dix-neuf jours plus tard, quatre communes du Gers (autour de Nogaro) essaient un orage de grêle. Bien que le vignoble, les champs de maïs ou de topinambours soient détruits, ce dossier n'est pas recevable au titre de la loi de 1982, puisqu'il relève du régime beaucoup moins favorable des calamités naturelles!

Le deuxième volet de la loi de 1982 est celui de l'exposition au risque. Le préfet peut demander l'établissement d'un plan d'exposition au risque prévisible (PER) aux communes situées en zone inondable. Cette procédure classe le territoire en trois zones : rouge, "très exposée", et donc inconstructible ; bleue, "moyennement exposée", et donc soumis à des contraintes spéciales, et enfin blanche, "non exposée". Le "hic", c'est que les communes rechignent à jouer la carte de la sécurité, qui les prive de terrains constructibles, et les conseils municipaux consultés s'opposent donc au PER.

Actuellement, sur les 2 000 communes considérées comme prioritaires, seules 550 ont élaboré un PER⁽²⁾. Pourtant, là encore, le préfet peut l'imposer par le biais d'un décret en conseil d'Etat. Alors, une fois encore, à qui la faute ? Aux citoyens ? Non, plutôt à l'Etat, qui n'applique pas les lois qu'il a lui-même fait voter...

Michel Barnier, le ministre de l'Environnement, comme bon nombre de ses prédécesseurs l'ont fait en pareille occasion, a haussé le ton à l'issue des dernières inondations. Outre la manne financière de 11 milliards de francs débloqués pour les dix ans à venir afin de financer des travaux d'entretien des fleuves ou des études de risques, les préfets sont



Travaux contre nature

Sur un trajet de 8 km dans les marais de Chautagne, en Haute-Savoie, le Rhône a été aménagé au cours des siècles ①. L'endiguement des fleuves fait souvent oublier que ceux-ci coulent dans un lit mineur ②, qui peut, lors de crues, devenir un lit moyen, puis majeur ③. Et mettre ainsi en péril la vie des résidents imprudents...

invités à relire le code de l'urbanisme afin de faire appliquer l'article R-111-3.

Quant aux PER, il deviendront des PPR (plans de prévention des risques). Leur conception, plus simple, permettra d'en accélérer l'application. Certes, la manœuvre est louable, mais elle ne réduit pas l'ardoise des maires, qui doivent toujours payer entre 150 000 et 500 000 F, selon la taille de la commune, pour collecter les informations techniques durant l'enquête nécessaire à l'établissement d'un PER. Les préfets sont, certes, une nouvelle fois invités à faire appliquer la loi... Le feront-ils ?

Dans certains cas de risque naturel majeur, le gouvernement vient également de décider «de mettre en place les moyens juridiques et financiers pour mener à bien l'expropriation des populations les plus menacées». Pourquoi en arriver à de telles mesures extrêmes, alors qu'une loi de 1987 oblige l'Etat et les maires à informer les populations sur le risque d'inondation ? Toujours la même réponse : le laxisme de l'Etat qui n'a pas joué son rôle d'in-

(1) Renaud Vié le Sage est l'auteur de *La Terre en otage*, éd. du Seuil.

(2) Voir, à ce sujet, *Prévention et gestion des risques majeurs*, Jean-Paul Gout, Les éditions de l'environnement.

LA MÉMOIRE DU RISQUE

A la fin du XIX^e siècle, de gros travaux furent entrepris afin de dompter le torrent du Morel, un affluent de l'Isère. Il duraient plus d'un siècle. On a détourné les eaux de leur lit par un souterrain d'un kilomètre afin d'éviter, d'une part, les crues intempestives qui menaçaient le village de Bellecombe-Tarentaise ou le hameau de St-Laurent, et pour éviter, d'autre part, le charriage

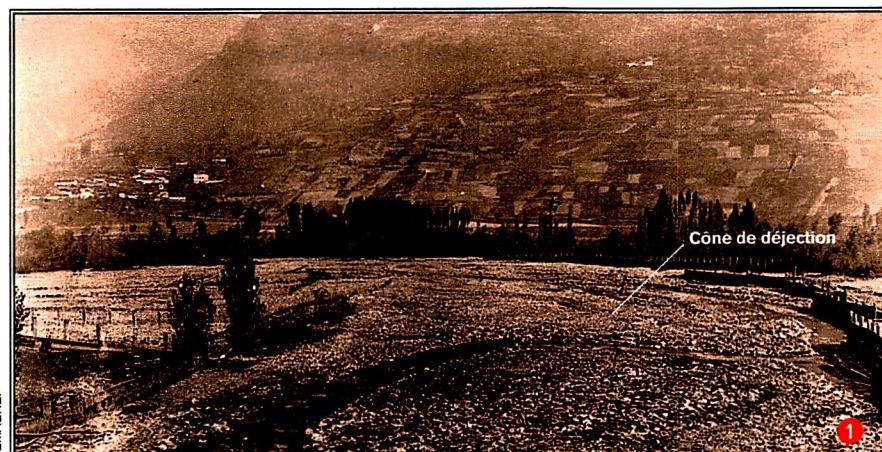
des roches qui formaient un "cône de déjection", encombrant plus bas les cultures ou les routes (photo 1).

Aujourd'hui, la végétation a repris possession des berges et du cône de déjection. Les plaies ouvertes par les crues passées sont cicatrisées. Le torrent assagi est un lieu de promenade pour les curistes (photo 2). Le torrent termine même son parcours vers l'Isère

par une base de loisirs. «Pourtant, tout porte à croire qu'une crue passant à côté de ce canal est possible», souligne Jean-Pierre Feuvrier, ingénieur au CEMAGREF. Et, lorsque, dans les années 1980, le maire d'Aigues-Blanche voulut construire sur l'ancien cône de déjection, l'ingénieur lui opposa la photo ci-dessous, qui conserve sur la parafine oxydée la mémoire du risque.



CEMAGREF



1

Deux photos valent mieux qu'un discours : voici le torrent du Morel, au début du siècle ①, et aujourd'hui ②.

formateur ! Globalement, 10 % du territoire national sont inondables. Les dernières mesures gouvernementales endigueront-elles la marée immobilière qui se presse dans les zones d'extension naturelle des fleuves du fait de promoteurs peu scrupuleux ? Encore une question qui demande une réponse... rapide. Mais on ne changera pas la lenteur des procédures administratives. D'ici là, le risque de couler beaucoup d'eau sous les ponts. D'autres situations climatiques exceptionnelles peuvent survenir : pour preuve, la pluviométrie de décembre et janvier derniers (voir encadré p. 103).

A l'heure des bilans une question se pose : et s'il fallait accepter le risque d'inondation sur certaines zones pour en protéger d'autres ? La méthode de "d'inondabilité" mise au point par le CEMAGREF de Lyon (Centre national du machinisme agricole du génie rural des eaux et des forêts) confirme cette hypothèse. «Il faut arrêter de surdimensionner les ouvrages tels que les digues, afin de casser la spirale de l'aménagement», suggère

Bernard Chastan, hydrologue au CEMAGREF. «Car, poursuit-il, derrière une digue les hommes s'installent, et ce territoire est soumis à des crues de plus en plus exceptionnelles qui encouragent de nouveau à réhausser la digue... et ainsi de suite.»

Alors, si l'on veut éviter que le centre ville soit inondé, il faut accepter que des secteurs le soient en amont. Partant de ce principe, la méthode d'inondabilité consiste à définir des zones inondables dans les communes. Rien ne sert de protéger l'espace d'une peupleraie si cela permet d'éviter l'inondation d'un lotissement installé un peu plus loin. Cette méthode permet de distinguer pour chaque commune des zones vertes "surprotégées" et des zones rouges «sous-protégées». L'aménageur devra alors dimensionner ces ouvrages de façon à laisser déborder l'eau des crues dans les zones vertes pour protéger les zones rouges. Tout un art, qui ne semble pas encore à l'ordre du jour malgré l'appel des hydrologues. La suite aux prochaines inondations. ■

Faut-il avoir peur de l'hormone laitière ?

PAR MARIE-LAURE MOINET

Posilac, produit commercialisé depuis le 3 février 1993 aux Etats-Unis par la société Monsanto, est un drôle de médicament vétérinaire. Il s'administre avec une seringue sur prescription vétérinaire mais ne guérit pas, ne vaccine pas, ne diagnostique aucun mal. Là est le malaise. Comme il est issu du génie génétique et qu'il sert à augmenter la production de lait déjà difficile à écouler, il a connu un purgatoire inhabituel pour un médicament qui remplit les trois critères requis : qualité, sécurité (pour l'homme, l'animal et l'environnement), efficacité (voir encadré ci-contre). Sa matière active, la sométriove, n'est autre que la copie quasi conforme de la somatotropine bovine (STb), l'hormone de croissance sécrétée par l'hypophyse des bovins. Pour les vaches adultes, cette hormone dirige prioritairement l'apport énergétique venant de l'alimentation vers la glande mammaire, aux dépens des graisses de réserve⁽¹⁾. Sa capacité à stimuler la production de lait est connue depuis 1937, et on a même essayé de l'extraire d'hypophyses de vaches pour remédier à la pénurie de lait pendant la Seconde Guerre mondiale. Mais la récolte était trop maigre : 5 à 15 mg par hypophyse, à peine de quoi ajouter quelques décilitres dans le pot à lait !

Aujourd'hui, elle est produite en quantité industrielle par des bactéries *Escherichia coli* chez qui on a introduit le gène de la STb⁽²⁾. Cette technique, dite de l'ADN recombinant, permet de récolter la protéine active très pure, alors que son extraction d'hypophyses présente toujours le risque redoutable de transmission d'agents infectieux⁽³⁾. Quatre sociétés américaines (Monsanto, Eli Lilly, Upjohn, American Cyanamid) sont sur ce créneau depuis dix ans, et la STb recombinante (Monsanto préfère le terme plus anodin de "complémentaire") est déjà

commercialisée au Brésil, au Mexique, en Algérie, en Afrique du Sud, en Europe de l'Est...

Les industriels ont investi en elle des centaines de millions de dollars. Mais, ni en Europe, ni aux Etats-Unis, ils n'ont reçu un franc soutien de la part des éleveurs ou des pouvoirs publics. Ainsi, le feu vert officiel donné à Posilac le 5 novembre 1993 par la FDA (Food and Drug Administration) a-t-il débouché sur... une attente de quatre-vingt-dix jours. Ce délai entre l'autorisation et la mise sur le marché fut arraché au Congrès américain en juillet dernier par Russ Feingold, sénateur du Wisconsin, très inquiet pour l'avenir des petits troupeaux (20 à 50 vaches) de son Etat. Inquiétude fondée : à l'automne dernier, le Wisconsin a cédé la première place, pour le volume de lait produit, à la Californie, dont ►

(1) *Biologie de la lactation*, J. Martinet et L.-M. Houdebine, INRA éd.

(2) *Science & Vie* n° 879, p. 60.

(3) *Science & Vie* n° 912, p. 72.

Produire plus de lait à la commande. Voilà l'objectif des promoteurs de la nouvelle hormone laitière qui s'injecte au gré des besoins mais, pour certains, au mépris des réalités économiques. Les Américains viennent de l'autoriser ; les Européens se donnent un an pour ruminer la décision.



Muriot/Campagne, Campagne

L'hormone laitière ne fait pas du lait aux hormones

Rien ne sert de faire ruminer à la vache son hormone de croissance, la somatotropine bovine. Les STb, naturelles ou recombinantes, sont des protéines (190 acides aminés) dégradées par les enzymes digestives. Pas d'activité, donc, sans injection sous-cutanée. Chez l'homme, même injectée, la STb n'aurait aucune activité biologique. Car les hormones de croissance diffèrent d'une espèce à l'autre : beaucoup (35 % de différence) entre la vache et l'homme.

La quantité de STb injectée à la vache correspond à 4 à 8 fois sa sécrétion naturelle



Monsanto

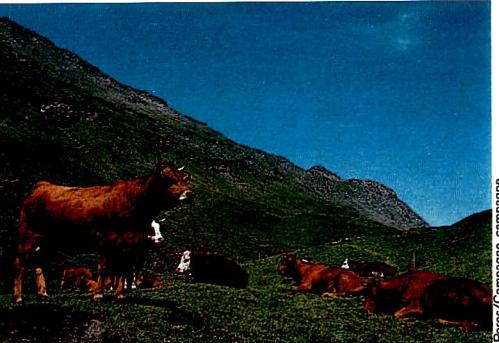
par l'hypophyse. Ce qui se traduit par des traces dans le lait de l'ordre du nanogramme, soit 0,00002 % des protéines totales du lait (32 g/l environ).

La somatotropine accroît également la production de médiateurs chimiques, les somatomédines ou IGF (de l'anglais *insuline-like growth factor*), probablement le re-

lais actif de la STb sur la stimulation de la glande mammaire. La teneur en IGF-I, une protéine de 70 acides aminés également détruite par la digestion, reste inférieure à celle du lait de la femme et comparable à celle de la salive humaine. D'où la conclusion des experts : le lait ou la viande provenant des animaux traités

peuvent être consommés sans risque avec un temps d'attente nul et ne méritent même pas de mention d'étiquetage particulière.

Les seuls problèmes pouvant naître de l'utilisation de la STb sont donc ceux que pose toute vache à haut rendement laitier : risque accru de mammites (inflammations de la glande mammaire) et par conséquent résidus d'antibiotiques ou cellules somatiques (leucocytes, cellules épithéliales de la vache) en plus grand nombre dans le lait. Mais ces deux paramètres sont contrôlés systématiquement à la laiterie et entrent en ligne de compte pour le prix d'achat du lait au producteur, qui sera donc le premier à délaisser la STb si elle provoque un déclassement de son lait.



Peres/Campagne, campagne

DU LAIT DE TERROIR

● Contraste saisissant entre une production tournée vers la consommation de masse et une production tournée vers la sauvegarde d'un terroir, l'année même où le feu vert est donné à la STb, les producteurs savoyards de Beaufort plafonnent la productivité de leurs troupeaux (races Tarine et Abondance) à 5 000 litres de lait en moyenne par vache et par an (décret du 12 août 1993). C'est la condition nécessaire pour que le beaufort garantisson l'authenticité de son origine, les ressources locales du terroir étant par définition elles aussi limitées (herbe des alpages, foin, etc.). Ce combat pour la qualité mené depuis plus de 25 ans (l'appellation d'origine contrôlée date de 1968) a valu au beaufort, fruité et onctueux, la médaille d'or des gruyères à Innsbruck en novembre 1992 (devant la Suisse et l'Autriche...).

suite de la page 106

les étables industrielles de plusieurs milliers de vaches ont proliféré autour des grands centres urbains ; la STb, *a priori* plus adaptée à ce type d'élevage intensif, ne va-t-elle pas exacerber cette concurrence ?

En Europe, le rempart des politiques contre la STb n'a pas encore cédé. En décembre dernier, le Conseil des ministres de l'Agriculture a reconduit son interdiction, mais cette fois pour un an seulement, jusqu'au 31 décembre 1994. Pour les promoteurs de la STb, c'est une demi-victoire, car la Commission européenne avait proposé qu'elle soit interdite aussi longtemps que le droit à produire du lait sera limité par les "quotas laitiers", soit jusqu'en l'an 2001. La STb, robinet à lait ouvert sur commande, a mauvaise image dans l'Union européenne ou au Canada, où existent ces quotas laitiers. Depuis leur mise en place en 1984, la France a dû réduire sa collecte de lait de plus de 10 %. Du coup, plus de la moitié des livreurs de lait ont

disparu (170 000 début 1993, contre 385 000 en 1983). Et ceux qui restent ont bien du mal à ne pas dépasser leur quota (tout dépassement étant pénalisé financièrement).

Car le rendement moyen de lait par vache a augmenté régulièrement de plus de 2 % par an, et cela sans la STb : 5 245 litres en moyenne en 1993, contre 3 950 en 1983. L'amélioration des conditions d'élevage (effet "troupeau") contribue pour un petit tiers à cette augmentation due surtout à la sélection génétique. La large diffusion des gènes Holstein dans la race française frisonne, rebaptisée en 1990 "Prim' Holstein", lui a fait gagner 125 litres de lait par an entre 1982 et 1992. Elle constitue aujourd'hui les deux tiers du cheptel laitier, amaigrira aussi par les quotas : le nombre de vaches laitières pourrait tomber en dessous de la barre des 4 millions avant l'an 2000 (4).

Dans ce contexte d'intensification, la STb n'est-elle pas une goutte d'eau dans l'océan ? Au fil des ans et des obstacles, l'impact prévu se rétrécit comme une peau de chagrin. La STb connaîtra un dé-

(4) Groupe d'économie bovine. Juillet 1993.

(5) *The Socio-economic Effects of BST. A European Review.*. Wye College-University of London. Juin 1993.

(6) "Village" intégré au Salon Internima, 13-17 février 1994, Villepinette, Paris-Nord. L'autre carrefour mondial de l'élevage se tient au SIA (Salon international de l'agriculture), du 27 février au 6 mars 1994, à Paris, Porte de Versailles.

UNE VIE DE VACHE

La "carrière" d'une vache laitière est aujourd'hui bien tracée. Dès l'âge de deux ans, elle peut avoir son premier veau, qu'on lui retire bien vite pour collecter et commercialiser son lait.

A partir du vêlage, sa production quotidienne augmente pendant 10 semaines jusqu'à un pic maximal de 20 à 40 litres de lait, selon la vache, sa race, son âge, son alimentation, la saison. Puis elle diminue régulièrement pour se tarir au dixième mois, date à partir de laquelle on laisse la vache reconstituer ses réserves avant la prochaine mise bas (voir courbe ci-contre). En effet, 30 à 40 jours après le vêlage, une vache ovule à nouveau, et, souvent par insémination artificielle, repart pour une gestation de 9 bons mois.

Quand tout va bien, la

vache a ainsi un veau par an et produit, selon les races, 5 000 à 8 000, parfois 10 000 litres de lait par lactation (pour une synthèse sur la vache et son environnement, lire *Au fil du lait*, de Jean Cau, CNDP éditions).

Revers des hauts rendements, ce n'est plus à dire, voire quinze ans mais vers cinq ans seulement, après trois lactations, que les super Prim' Holstein sélectionnées pour le rendement laitier sont "réformées" et bonnes pour l'abattoir. Leurs maigres carcasses constituent ce que les bouchers nomment avec mépris "le mineraï" pour le steak haché, soit, en France, plus de 50 % de notre viande dite de bœuf.

La STb ne va-t-elle pas raccourcir encore cette carrière déjà bien entamée ? Non si les injections sous-cutanées

(7) En témoigne l'exposition "Les routes du lait, un voyage photographique", 100 photos de 9 photographes de renom aux quatre points cardinaux. Bibliothèque nationale, 24 février-24 mai 1994.

(8) Il s'agit du visna-maedi chez la brebis et du CAEV (virus de l'arthrite encéphalite caprine) chez la chèvre, dont très peu de troupeaux sont indemnes.

mariage lent, dit-on en Europe, alors qu'aux Etats-Unis, le ministère de l'Agriculture prévoit que 10 % des vaches laitières seront traitées avec cette hormone avant la fin de l'année. Compte tenu du fait qu'elle ne peut être injectée qu'à une vache adulte et sur une période limitée de sa lactation (voir graphique ci-dessous), que seules les vaches répondant bien seront éligibles, etc., la STb ne ferait finalement augmenter le rendement moyen laitier que de 0,3 à 1,2 % par an, estiment les auteurs anglais d'un rapport compilant 68 études européennes (8). C'est peu au regard des scores de la génétique. Et pourtant, ses adversaires persistent et signent. Même parmi les plus modernes, comme Maurice Perrot, organisateur du "Simageña" (génétique, santé et alimentation bovine) (9). Pour lui, la majorité des éleveurs entretiennent un rapport affectif avec leurs vaches et refuseront de les piquer dans un but autre que médical, craignant qu'elles se fatiguent ou boivent prématurément par excès de productivité... Pour d'autres, le lait est un élément d'un patrimoine riche de sens (voir photo ci-contre), où la STb n'a

pas sa place (7). Quant aux politiques européens, ils continuent à l'interdire par crainte des conséquences socio-économiques de son utilisation.

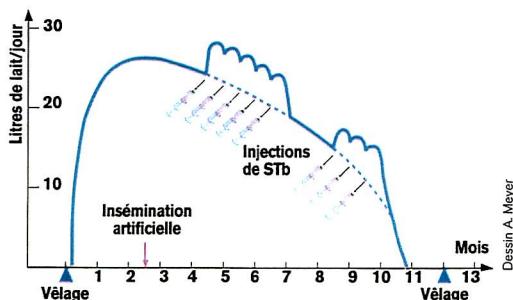
Le pourront-ils encore longtemps ? Les industriels réfutent ce "quatrième" critère d'innocuité sociale qu'on demande à leur produit alors que les trois premiers (qualité, sécurité, efficacité) ont été reconnus en Europe comme aux Etats-Unis : en janvier 1993, le Comité européen des médicaments vétérinaires, devant qui doivent comparaître tous les produits issus des biotechnologies avant de prétendre à une autorisation nationale de mise sur le marché, a donné son avis favorable, après six ans d'allers et retours, à Somatech (alias Posilac) de Monsanto et à Optiflex 640 d'Eli Lilly.

Conclusion peut-être provisoire, car

certains virologues, dont Jean-Marie Aynaud, directeur du département de pathologie animale de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique), sont inquiets : la STb ne risque-t-elle pas de réveiller l'expression de rétrovirus qui seraient présents à l'état latent chez des vaches porteuses saines (séropositives) ? Ce soupçon relatif à la sécurité des bêtes (aucun risque pour l'homme) est né d'une petite expérimentation menée il y a trois ans au Laboratoire de recherches sur la pathologie des petits ruminants (INRA, Lyon). Après traitement par deux doses successives de STb, le nombre de rétrovirus dans les macrophages du lait d'une chèvre et d'une brebis ont augmenté, signe que la mamelle a été un site de multiplication de ce virus sensible à l'hormone de croissance. Le lait devient alors vecteur potentiel de dissémination de virus dans le troupeau (8).

Bien que ces résultats soient peu significatifs, dans la mesure où ils ne portent que sur deux petits ruminants, le président de la Commission française d'autorisation de mise sur le marché du médicament vétérinaire, André Parodi, a demandé des compléments d'information. Même si, sur le terrain, les vaches traitées à la STb pour l'instruction du dossier d'homologation n'ont pas montré de signes cliniques morbides (infection respiratoire, etc.).

Aucun virus bovin n'est actuellement dans le collimateur des vétérinaires. Le seul virus d'importance pratique, celui de la leucose bovine, non transmissible à l'homme, a été pratiquement éradiqué en France... au prix de l'abattage systématique des animaux infestés, fussent-ils porteurs sains. L'un des instigateurs de cette lutte draconienne ayant été André Parodi, les éleveurs peuvent être rassurés, l'affaire est en de bonnes mains. Mais, pour les industriels, ce n'est peut-être pas encore à la fin de cette année qu'ils verront les Européens marcher dans les traces des Américains !



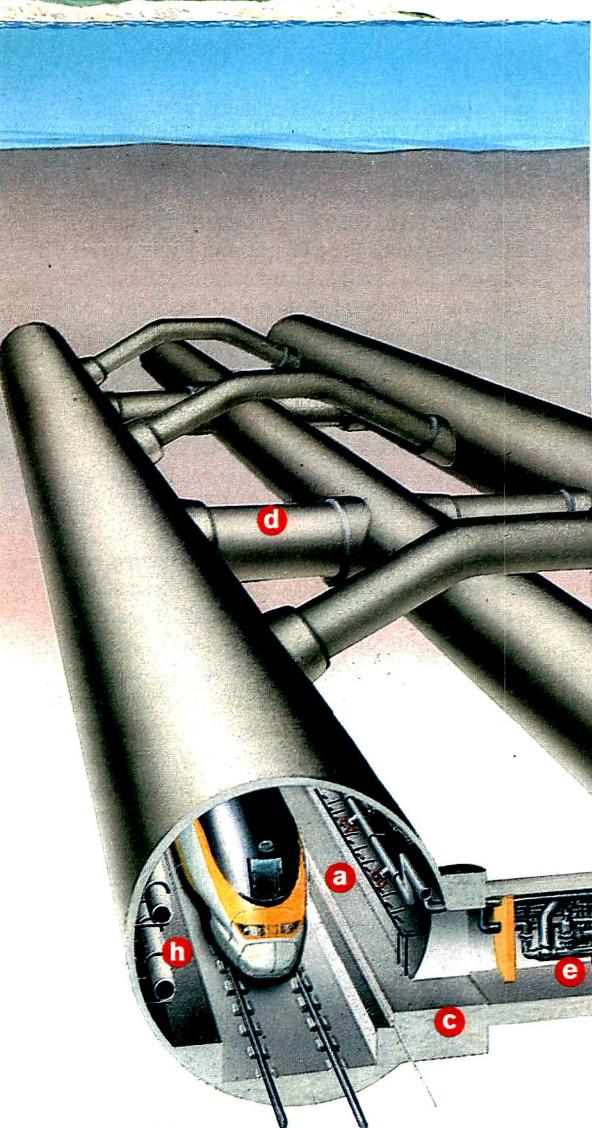
concentré encore plus énergétique), le rendement augmente de 2 à 6 litres par jour (15 % en moyenne), mais l'augmentation ne dure que le temps des injections (500 mg tous les 14 jours pour la sométrioïde de Monsanto).

L'intérêt de la STb ? Il est pour l'éleveur : donner un coup de pouce à la production lorsque le prix de l'aliment est au plus bas, ou celui du lait au plus haut (de septembre à janvier) ou pour le cas - rare aujourd'hui - où il n'atteindrait pas, en fin de campagne (en mars), le quota auquel il a droit !



sont réservées aux vaches ayant fini leur croissance, ayant vêlé depuis quatre mois ; elles ont alors retrouvé leur appétit, un bon bilan énergétique et ont déjà leur futur petit veau dans l'utérus ! Selon le régime de la vache (herbe pâturée, ensilage de maïs ou

Tunnel sous Cent fois que



Faut-il avoir peur d'emprunter le tunnel sous la Manche ? Sans être claustrophobe, l'idée de parcourir 50 kilomètres sous terre, dont environ 38 km sous le lit de la mer, n'a *a priori* rien de rassurant. Surtout si l'on envisage le pire. La perspective de se retrouver bloqué par un déraillement, un incendie, un séisme ou un attentat terroriste a, en effet, de quoi susciter de légitimes appréhensions.

Pourtant, par rapport à l'avion, au train ou au ferry, la nouvelle liaison trans-Manche, qui entre en service prochainement (1), constituera l'un des systèmes de transport les plus sûrs au monde. Des études ont montré qu'il sera environ cent fois moins risqué d'emprunter le tunnel que de faire un aller Paris-Lyon en TGV où le degré de sécurité est déjà très élevé. Ce qui revient à dire que la probabilité d'être blessé ou de trouver la mort dans un accident

entre le terminal de Coquelles, côté français, et celui de Folkestone, côté anglais, sera quasiment nulle. De même, il a été démontré qu'un chauffeur de poids-lourd sera plus en sécurité dans le tunnel que lors du trajet qui sépare son domicile de l'entrepôt où est garé son camion.

En période de pointe, les deux tunnels ferroviaires pourront contenir simultanément jusqu'à 20 000 passagers, à raison d'un convoi toutes les deux minutes et demie : TGV Eurostar reliant directement Paris à Londres et Londres à Bruxelles ; trains de marchandises ; navettes "passagers" le Shuttle, transportant des voitures et des autocars de tourisme ; navettes "fret" transportant des camions. Ces deux derniers types de trains, longs de 800 m, ont été spécialement conçus par Eurotunnel, la société concessionnaire de l'ouvrage. Ils circuleront à la vitesse maximale de 160 km/h et traverseront le ►

la Manche plus sûr le TGV

PAR MARC MENNESSIER



Plus d'un milliard de francs ont été dépensés pour assurer la sécurité des 12 millions de passagers qui emprunteront chaque année cette nouvelle liaison entre la France et l'Angleterre.

Les six points clés de la sécurité

- ➊ Les trains des compagnies ferroviaires (a) et les navettes fret et passagers le "Shuttle" (b) circulent en sens unique dans des tunnels ferroviaires séparés. Ce qui élimine tout risque de collision frontale entre deux convois.
- ➋ Les quais surélevés (c) évitent aux trains de se coucher en cas de déraillement.
- ➌ Les rameaux d'accès au tunnel de service (d), ultime refuge pour les passagers en cas d'accident, sont fermés par des portes antifeu (e) capables de résister à des températures de plus de 1000 °C.
- ➍ Le tunnel de service (f) est ventilé avec de l'air légèrement pressurisé, de façon à empêcher les fumées d'y pénétrer en cas d'incendie dans un tunnel ferroviaire.
- ➎ Des véhicules Diesel filoguidés (g), spécialement conçus pour circuler dans la galerie de service, servent à la fois à l'entretien et aux interventions de secours.
- ➏ L'air est réfrigéré par des canalisations d'eau froide (h) installées à l'intérieur des tunnels ferroviaires pour lutter contre l'échauffement provoqué par le passage des trains.



suite de la page 110

tunnel en 35 minutes, soit environ une heure d'autoroute à autoroute en comptant le péage, les formalités douanières, les contrôles de sûreté et l'embarquement des véhicules à bord des wagons.

«Compte tenu du nombre de passagers, de la fréquence des convois et de la sensibilité du site, la Commission intergouvernementale (CIG), instance chargée de suivre au nom de la France et du Royaume-Uni l'ensemble des questions relatives à la construction et à l'exploitation de l'ouvrage, a exigé la mise en place de dispositifs de sécurité très nombreux et très sophistiqués», explique Pierre Perrod, secrétaire général au tunnel sous la Manche. Tout d'abord, l'ouvrage en lui-même a été conçu pour être intrinsèquement sûr. Le fait que les trains et les navettes circulent dans deux tunnels ferroviaires séparés, un pour chaque sens (voir dessin, p. 110), élimine tout risque de collision frontale.

Ensuite, si d'aventure un convoi

déraille, la section étroite des tunnels et la présence de quais surélevés éviteront que les wagons se couchent ou se mettent en travers de la voie. Enfin, les deux tunnels ferroviaires sont reliés, tous les 375 m, à un tunnel de service. Destiné à faciliter les opérations de maintenance, il servira de refuge aux passagers, notamment en cas de déraillement ou d'incendie, l'une des préoccupations majeures d'Eurotunnel en matière de sécurité. Les couloirs d'accès au tunnel de service sont tous équipés de portes antifeu capables de résister pendant deux heures et demie à des températures de plus de 1 000 °C.

Par ailleurs, cette galerie de service est alimentée avec de l'air pulsé légèrement pressurisé (entre 1,1 et 1,2 atmosphère) pour empêcher les fumées d'y pénétrer en cas d'incendie dans un des deux tunnels ferroviaires, tandis que de puissants systèmes de ventilation de secours sont prévus pour évacuer ces dernières. De là, les passagers peuvent être, soit dirigés vers l'autre tunnel ferroviaire pour embarquer dans une navette qui les ramènera vers leur point de départ, soit directement acheminés vers la sortie à bord d'un STTS, véhicule Diesel filoguidé d'une autonomie de 250 km et capable de rouler sur une distance de 50 km avec un pneu à plat !

Voilà pour les incendies graves. Autrement, en règle générale, Eurotunnel prévoit d'évacuer plutôt la navette sinistrée vers les quais d'urgence installés dans les deux terminaux. Il est plus facile d'éteindre un feu à l'extérieur qu'à l'intérieur des tunnels. C'est pourquoi chaque navette est équipée de deux motrices, l'une en tête, l'autre en queue, de façon à pouvoir circuler dans les deux sens pour rejoindre le terminal le plus proche. En outre, en cas de défaillances simultanées des deux motrices ou d'une panne d'électricité généralisée, des locomotives Diesel

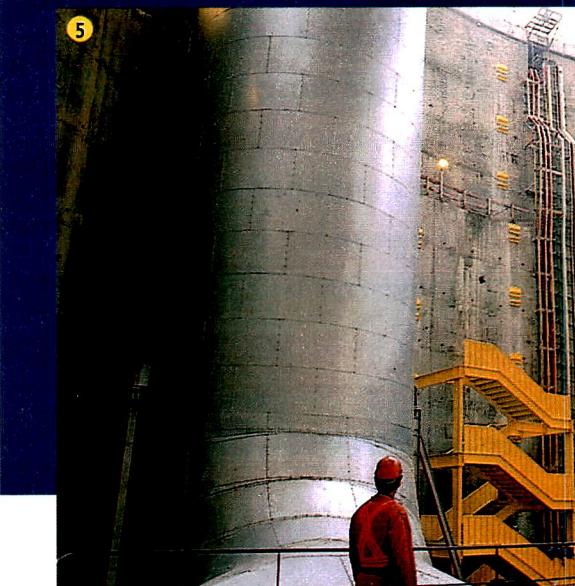
LA LUTTE ANTI-FEU

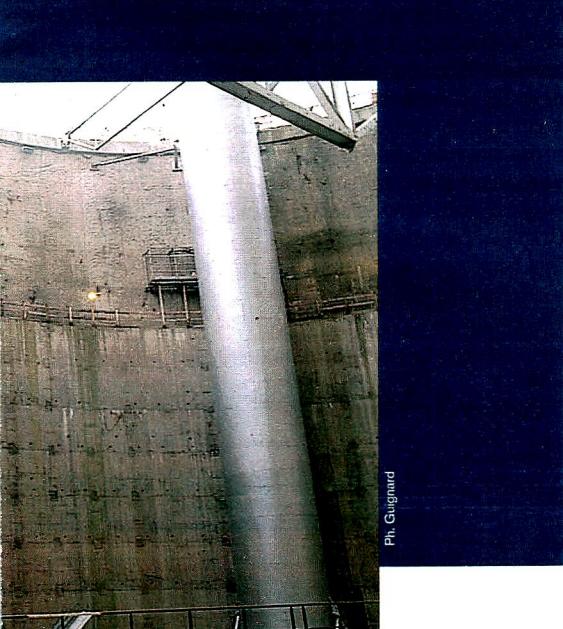
- Bien qu'ils suscitent de légitimes appréhensions, les tunnels sont un moyen de transport très sûr. En trente ans d'exploitation, aucun accident majeur ne s'est produit dans les tunnels alpins suisses ①, où des navettes ferroviaires rustiques,



A. Da Silva/Ph. Guigard

infiniment moins bien équipées que celles qui emprunteront le tunnel sous la Manche ②, transportent chaque année des millions de voitures et de camions. De nombreux systèmes anti-incendie sont en effet installés à bord des trains d'Eurotunnel ③ : portes coupe-feu ④, détecteurs de flammes ou de vapeurs d'hydrocarbures, extincteurs au gaz halon, systèmes automatiques de production de mousse anti-incendie, etc. En cas de sinistre grave, de gigantesques ventilateurs ⑤ sont mis en route pour évacuer les fumées des tunnels, tandis que les passagers sont dirigés vers la galerie de service protégée par d'importantes portes antifeu ⑥.





équipées de systèmes antipollution viendront remorquer le train vers l'un des terminaux.

Autre élément de sécurité : qu'il s'agisse des réseaux informatiques, de l'alimentation électrique, de la ventilation ou du système de refroidissement de l'air à l'intérieur des tunnels, tous les équipements sont redondants.

Trois grands systèmes de contrôle et de communication informatiques régissent l'exploitation du tunnel sous la Manche. Le système de signalisation TVM (transmission voie-machine) – identique à celui des TGV Nord et Atlantique – transmet des signaux automatiques à la cabine de pilotage à l'aide de balises au sol. Au lieu de lire les instructions sur des panneaux de signalisation classiques (vitesse, feux d'arrêt, etc.) installés le long des voies, le conducteur les reçoit sur un écran qu'il a sous les yeux. S'il ne réagit pas de manière appropriée, ou si la vitesse dépasse de 10 km/h celle prescrite par l'ordinateur, le système ralentit ou stoppe le train. Les signaux transitent par des réseaux en fibre optique (d'une longueur totale de 238 km), "autoroutes informatiques" à quatre voies : si l'une d'elles est détruite, les informations peuvent transiter par les trois autres.

De son côté, le système de gestion du trafic ferroviaire permet de planifier les horaires des navettes (qui circulent 24 h sur 24) en fonction de la disponibilité du personnel et du matériel roulant, tandis que le système de gestion technique surveille tous les dispositifs mécaniques et électriques qui équipent les tunnels ainsi que les réseaux de contrôle et de communication (téléphones, sonorisation, détection incendie, etc.). Toutes les informations produites par ces trois systèmes informatiques, d'une capacité totale de 3,4 gigabits, sont affichées en permanence sur le grand tableau synoptique de 24 m de longueur installé dans le centre de contrôle de Folkestone (voir photo, p. 115).

L'alimentation électrique de l'ensemble des réseaux du tunnel est assurée par deux sous-stations principales installées de part et d'autre de la Manche. Elles sont capables de fournir chacune une puissance de 160 mégawatts à 25 000 volts pour la traction des locomotives (soit l'équivalent d'une ville de 250 000 habitants !) et 21 000 volts en courant triphasé pour les autres équipements. En cas de défaillance d'une de ces sous-stations, l'autre est en mesure de prendre le relais et d'alimenter à elle seule l'ensemble des installations. Côté français, le courant arrive par trois lignes électriques séparées provenant de la centrale nucléaire de Gravelines toute proche. En cas de panne généralisée, des groupes électrogènes autonomes sont là pour assurer l'éclairage des tunnels, les transmissions ainsi que la ventilation et le refroidissement de l'air.

suite de la page 113

En effet, la chaleur occasionnée par le passage des trains peut conduire à un réchauffement excessif de l'air du tunnel, jusqu'à 70 °C environ. Pour maintenir la température à un niveau convenable (25 à 30 °C), un système de refroidissement fait circuler de l'eau réfrigérée (à 4 °C) à travers des canalisations en acier longeant les parois des tunnels ferroviaires. Ce système est alimenté par deux usines de réfrigération (l'une sur la côte française, l'autre sur la côte anglaise) installées à proximité des centrales de ventilation normale et de secours.

Comme si tout cela ne suffisait pas, «les wagons des navettes sont conçus pour se comporter comme de véritables forteresses en cas incendie», explique Jean-Marie Bertin, directeur-adjoint de la sécurité à Eurotunnel. Ils ont été construits avec des matériaux de haute résistance au feu et sont équipés d'une porte coupe-feu à chaque extrémité, de détecteurs de flammes, de fumées, de vapeurs d'hydrocarbures et, bien sûr, d'extincteurs à main, de téléphones, de caméras-vidéo, de radios, de haut-parleurs, d'affichages électroniques destinés à donner l'alerte ou à diffuser des messages.

Au total, chaque wagon du Shuttle renferme 50 km de câbles divers, contre seulement 10 km dans un wagon de train classique. Si une nappe d'huile ou d'essence se forme ou s'enflamme sous une voiture, des systèmes automatiques de production de mousse anti-incendie se déclenchent. Au cas où le feu ne serait pas rapidement maîtrisé, les passagers seront évacués par les personnels navigants (un accompagnateur pour trois wagons) vers les voitures adjacentes, et les extincteurs au gaz halon 1301 entrent en action.

Si le sinistre n'est toujours pas circonscrit, le ou les wagons incendiés peuvent être isolés et détachés du reste de la rame.

Celle-ci se retrouve alors scindée en deux parties qui rejoignent chacune un terminal. Enfin, dans le pire des cas, les passagers sont, comme nous l'avons vu, débarqués du train et évacués par le tunnel de service. Celui-ci est traversé par une canalisation d'eau d'incendie alimentée des deux côtés de la Manche, pour assurer une arrivée d'eau ininterrompue.

Toutes ces mesures concernent des accidents ou des pannes que l'on peut prévoir. On sait, en effet, calculer la probabilité qu'un feu s'allume sur un siège de voiture, que les détecteurs d'incendie et les extincteurs au gaz halon tombent en panne, que les portes anti-feu des wagons ou du tunnel de service se bloquent, qu'une coupure d'électricité généralisée et un séisme se produisent au même moment, etc. On construit ainsi, pour chaque risque, ce que les spécialistes appellent un arbre de défaillance, qui prend en compte les deux à trois niveaux de re-

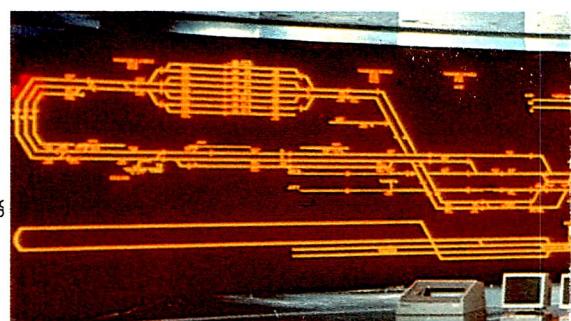
dondance de tous les équipements du tunnel et des trains. Eurotunnel a également procédé à l'analyse des points névralgiques, ou points nodaux, qui engagent la sécurité du système. Ceux-ci ont été classés par ordre de "criticité" croissant, du "pas critique" (une ampoule électrique du tunnel qui casse) au "très critique" (générateurs électriques de secours, système de freinage des trains, extincteurs au halon, etc.). Cette démarche permet de mener des actions préventives en plaçant les points les plus sensibles sous haute surveillance, tant lors de la mise en route du système que, par la suite, lors des opérations de maintenance et d'entretien.

Mais les responsables d'Eurotunnel ne sont pas confrontés qu'à des problèmes de sécurité (panne électrique, incendie, déraillement, etc.) dont on peut estimer précisément le risque qu'ils adviennent. Une telle approche, en effet, est impossible dans le domaine de la sûreté, c'est-à-dire la lutte contre les attentats terroristes (l'IRA, en l'occurrence) ou les actes de malveillance (alertes à la bombe, vandalisme, etc.). De tels événements sont totalement imprévisibles et aléatoires. Contrairement à un incendie ou à une panne de courant, le risque qu'ils se produisent n'est pas mesurable. Pire, ils procèdent, de la part de leurs auteurs, d'une volonté délibérée de nuire, ce qui n'est pas le cas d'un séisme (événement rarissime dans le secteur, il convient de le préciser) ou d'une flaue d'essence qui prendrait feu sous une voiture ! Par conséquent, on ne peut lutter contre de tels actes par des mesures de prévention élaborées à partir de calculs mathématiques.

«Lorsque vous achetez une voiture flambant neuve, le constructeur a généralement tout prévu pour qu'elle tienne bien la route, éviter que ses roues se détachent ou que son moteur explose. Malheureusement, ces dispositifs, parfois très sophistiqués, ne pourront empêcher quelqu'un qui ne vous aime pas de saboter, par exemple, votre circuit de freinage... Voilà ce qui différencie la sécurité proprement dite de la sûreté», explique Bernard Boublé, directeur de la sûreté à Eurotunnel, qui avoue n'avoir qu'un seul souci : «Eviter à tout prix qu'un kilo d'explosif vienne casser le beau petit train électrique qui traversera la Manche !»

La stratégie employée repose sur trois grands

(1) Les dates d'ouverture ont été reportées de plusieurs semaines suite à des difficultés rencontrées sur les logiciels des locomotives et qui ont nécessité de reprogrammer certains essais. Les camions devaient ouvrir le bal le 7 mars, suivis, le 8 mai, par les voitures de tourisme, tandis que le TGV Eurostar devait entrer en service à partir du 8 juin. A l'heure où nous mettons sous presse, aucune nouvelle date n'a été fixée.



principes : connaître parfaitement le site et les installations ; disposer d'équipements de contrôle ultra-perfectionnés ; dissuader d'éventuels terroristes de s'en prendre à l'ouvrage en leur opposant une série de contraintes et d'obstacles. Avantage : contrairement au transport aérien avec ses quelque 150 aéroports de par le monde, l'accès au tunnel ne se fait que par deux entrées, côté Anglais et côté Français. Ce qui facilite considérablement les procédures de contrôle. Ensuite, passagers et véhicules seront passés au peigne fin sans pour autant retarder le trafic. Les camions, en particulier, seront "déshabillés" en passant dans un scanner du même type que celui déjà en service à l'aérogare de Roissy. Objectif : détecter une éventuelle "tumeur" dans la cargaison...

Au total, toutes les mesures prises en matière de sécurité et de sûreté ont coûté plus d'un milliard

de francs, pour un chantier qui est revenu, il est vrai, à 89,7 milliards, frais financiers compris. «Nous sommes allés très loin dans ces deux domaines, reconnaît un responsable d'Eurotunnel. Mais ne sommes-nous pas allés trop loin en faisant trop compliqué ?» En situation de crise, qui, en effet, aura une vision suffisamment globale du système pour prendre les bonnes décisions au bon moment ? Surtout lorsque les concepteurs du tunnel auront pris leur retraite et qu'au fil des ans, une certaine routine se sera installée. Certes, une salle spéciale a été installée dans les centres de contrôle pour mettre directement en contact les décideurs (préfet, autorités administratives), les intervenants de la sécurité (pompiers, SAMU) et les exploitants du tunnel. Mais la question reste tout de même posée. C'est, en effet, la première fois que sont rassemblés sur un même site et à une si grande échelle autant de dispositifs qui n'ont jamais fonctionné ensemble. Par ailleurs, toute nouveauté technique apporte avec elle de nouveaux risques qui, par définition, sont inconnus puisque jamais testés en situation réelle.

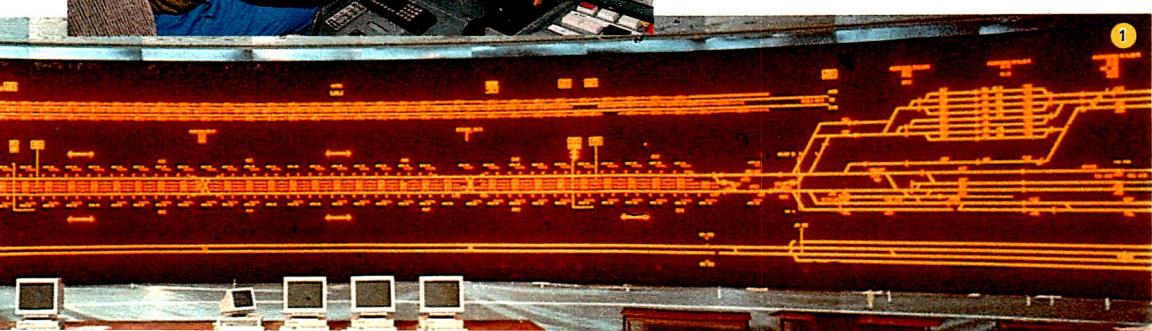
Sous haute surveillance

- Le grand tableau synoptique de 24 m de longueur installé côté anglais, sur le terminal de Folkestone ①, affiche en permanence les informations transmises par les systèmes informatiques, d'une capacité totale de 3,4 gigabits, qui régissent l'exploitation du tunnel sous la Manche. Les conducteurs des navettes reçoivent directement sur un moniteur vidéo installé dans leur cabine ② les instructions (vitesse, distance qui les sépare des autres trains, etc.) que leur transmet le centre de contrôle.



De ce point de vue, les six premiers mois d'exploitation du tunnel seront cruciaux. Le moindre incident, même mineur, aura une portée psychologique et médiatique considérable, vraisemblablement sans rapport avec son impact réel. En novembre dernier, après un banal court-circuit survenu lors d'une séance d'essais, des journalistes britanniques sont allés jusqu'à demander aux responsables d'Eurotunnel de leur révéler l'endroit où ils avaient caché les corps des victimes !

Pour dissiper les inquiétudes et relativiser le danger, il suffit de se référer à l'exemple des tunnels ferroviaires suisses du Simplon, de Lötschberg (long de 14 mètres) et de Furka, qui ont été conçus selon le même principe que la liaison trans-Manche. En trente ans, ils ont transporté plus de 25 millions de véhicules et 75 millions de voyageurs sans provoquer un seul accident majeur. Le tout au moyen de navettes infinitiment plus vétustes que le Shuttle et sans les dispositifs de sécurité et de sûreté déployés par Eurotunnel. Par comparaison, combien y a-t-il eu, entre-temps, de morts par accidents d'avions, de trains ou de ferries ? ■



image

La photo numé

Annoncée il y a plus de dix ans, la disparition du traditionnel film argentique est loin d'être pour demain. Celui-ci se renforce même face à son concurrent le plus redoutable, l'image numérique. A voir, notamment, aux deux Salons de l'image et du son (Sipi et SATIS), qui se tiendront du 6 au 10 mars, Porte de Versailles, à Paris.

PAR ROGER BELLONE



Le Photo CD Kodak scanne les images du film argentique et les stocke, avec une définition qui, pour être fine, n'égale pas pour autant celle du film initial.

riqué en échec

(1) Alors que, fin 1981, les médias n'en finissaient pas d'annoncer la fin de la photo argentique, *Science & Vie* proposa une analyse objectivé de la photo magnétique (n° 769, p. 122).

(2) Le SIPI (Salon international des professions de l'image) et le SATIS (Salon des techniques de l'image et du son).



Dès les années 1970, les experts savaient que, dans les techniques de l'audiovisuel, le numérique l'emporterait sur l'analogique. Le succès a été total, mais la photo numérique, elle, a encore tout à envier à la pellicule argentique.

Il faut, dans ce domaine riche en innovations à répétition, se méfier des fausses "révolutions". Ainsi, les grandes découvertes technologiques sont rarement annoncées à la Une des médias qui, la plupart du temps, leur préfèrent des réalisations mineures plus porteuses de sensationnel. C'est ainsi que, durant l'été 1981, la presse et la télévision du monde entier s'emparèrent de la présentation d'un prototype d'appareil de prise de vue sur disquette magnétique (le Mavica), faite par Sony à Tokyo, pour annoncer la mort pure et simple de la photo sur pellicule argentique. On sait aujourd'hui que le prix des images fournies par ce type de matériel de prise de vue et leur médiocrité lui ont interdit le marché grand public (1). L'image Mavica de 1981 séparait moins de 200 000 points (guère plus du double aujourd'hui sur un système similaire), alors qu'un film comme le Kodachrome (photo ou cinéma) pouvait séparer plus de 20 millions de points (environ 30 millions aujourd'hui avec les émulsions les plus fines).

A la fin des années 1980, Fuji et Toshiba présentèrent un nouveau type d'appareil photo dans lequel la disquette cérait la place à une carte à puce : la photo électronique analogique y devenait numérique. Depuis, d'autres appareils de prise de vue numérique ont vu le jour, le DCS de Kodak étant l'un des plus récents.

Mais ni la disquette magnétique - analogique - ni l'appareil à puce ne donnaient une image de qualité comparable à celle d'un film photographique. Aussi les appareils de prise de vue numérique n'ont-ils connu pour l'instant que des applications particulières n'exigeant pas de grandes qualités d'image. Hors de la prise de vue, le numérique a connu plus de succès, d'abord dans le domaine du son puis dans celui du traitement des images. Ainsi, en 1981, Philips lançait le disque compact audionumérique. Douze ans plus tard, ce support a permis l'enregistrement numérique (sur Photo CD) des photos prises sur film argentique et des films de cinéma sur CD-I Digital Video (*Science & Vie* n° 915, p. 112). Mais nous verrons

que le film argentique garde une définition supérieure aux images obtenues après stockage sur un disque numérique.

Alors que le numérique gagnait les divers périphériques de l'ordinateur, les recherches s'engayaient sur cette voie dans les domaines de l'image, du son et des télécommunications : l'Europe optait pour le téléphone numérique à la fin des années 1970 et la télévision numérique fut mise à l'étude en 1972 en France par le Centre national d'études des télécommunications. Aujourd'hui, il apparaît que cette évolution se fait à des rythmes différents selon qu'elle concerne les équipements (appareils photo, caméscopes, lecteurs, imprimantes, émetteurs...) ou les mémoires (mémoires informatiques, disques, bandes, films...).

Sur les appareils de prise de vue, le numérique intervient essentiellement pour le contrôle des fonctions ou le traitement de signaux vidéo. C'est le cas de tous les appareils photographiques perfectionnés et des caméscopes (notamment tous ceux qui seront présentés aux deux Salons (?) de Paris). L'enregistrement des images, lui, reste analogique, sur film argentique (photo, cinéma) ou sur bande magnétique (caméscopes, magnétoscopes). Dans le cas du caméscope, la qualité des images dépend, au départ, des possibilités de l'analyseur placé derrière l'objectif : le capteur CCD. Constitué d'un tapis de cellules photoélectriques microscopiques, chacune d'elles analyse un point de l'image. Ainsi, la qualité de cette image dépend d'abord du nombre de cellules. La plupart des CCD actuels séparent moins de 600 000 points. Pour les caméscopes destinés à la TVHD (télévision à haute définition), Kodak vient de créer un CCD comportant 2,1 millions de points par couleur primaire (rouge, bleu, vert), soit 6,3 millions de points au total. Il faut observer ici que, quelle que soit la définition d'une image produite sur bande magnétique par un caméscope ou sur film par une caméra de cinéma, la télévision lui impose par ailleurs une limitation propre, liée aux standards en service et aux tubes cathodiques des téléviseurs conçus pour ces standards (voir encadré p. 120).

Dans le domaine des mémoires utilisables en imagerie fixe ou pour des applications multimédias, les limitations imposées à la télévision par la stan-

FAIRE DES PHOTOS SUR UN MICROSCOPE EN

Voilà un demi-siècle, le Dr Edwin H. Land, fondateur de la société américaine Polaroid, inventait la "photo minute", procédé assurant un développement immédiat de l'épreuve photographique à la suite de la prise de vue, dès son éjection de l'appareil. Devenu "photo instantanée", le procédé Polaroid connaît aujourd'hui de vastes applications, jusque dans les domaines de la photo scientifique et technique.

La dernière en date est la photo instantanée sur microscope, obtenue avec un appareil reflex spécifique, le Polaroid MicroCam SLR, qui sera présenté aux prochains Salons de la photo, à Paris.

Avec cet équipement, les scientifiques, les médecins, les biologistes et les industriels disposent pour la première fois d'un système automatique de prise de vue, de prix modéré (8 900 F environ), capable de donner directement une épreuve en noir et blanc ou en couleurs, visible au bout d'une minute et totalement achevée en trois minutes.

Jusqu'ici, la photomicrographie faisait appel à la photo classique, chaque constructeur de microscopes proposant un matériel spécifique. Généralement conçu pour une marque, le système de prise de vue n'était pas ou difficilement adaptable au microscope d'une autre marque. De plus, le boîtier reflex utilisé, de type grand public, devait être couplé à une unité de contrôle et de mesure propre au microscope, et son utilisation, avec les temps d'exposition relativement longs et les sources lumineuses artificielles de la photomicrographie, était des plus délicates, surtout en couleurs. Certains de ces appareils peuvent tou-

tefois recevoir un dos Polaroid pour la photo instantanée. Mais le système est loin d'être pratique et efficace.

En revanche, le MicroCam de Polaroid est adaptable sur tous les microscopes optiques. Il intègre un certain nombre de technologies nouvelles, qu'aucun constructeur n'a encore jamais proposées : un posemètre et un microprocesseur qui contrôlent le filtrage des couleurs et la durée d'exposition, un obturateur à disque rotatif et une commutation en mode manuel si l'utilisateur ne désire pas travailler en mode automatique.

L'astuce du Polaroid réside dans le fait qu'il est équipé d'un manchon oculaire d'un diamètre de 23,2 mm (diamètre standard des oculaires de la majorité des microscopes, certains appareils haut de gamme ayant toutefois des oculaires de 30 mm). Ce manchon permet de fixer le boîtier directement sur le tube porte-oculaire ou sur la sortie photo du

microscope. Pour le cas des appareils haut de gamme ou des loupes binoculaires possédant des oculaires de 30 mm de diamètre, il suffit d'utiliser la bague d'adaptation prévue à cet effet.

Autre intérêt de cet appareil, son obturateur rotatif. Sur un reflex normal, le fait de déclencher met en mouvement un miroir qui se rabat et qui provoque des vibrations pouvant produire, surtout pour les forts grossissements, un flou généralisé de l'image microscopique. Pour éviter cet inconvénient majeur, le MicroCam possède donc un obturateur à disque rotatif très souple comportant quatre positions :

- une première position envoie l'image observée vers le viseur ;
- une deuxième envoie la lumière au posemètre, le système de mesure numérique de la lumière ;
- une troisième dirige la lumière sur un filtre correcteur de couleur avant qu'elle n'impressionne le film ;
- enfin, une quatrième envoie l'image directement sur le film sans passer par le filtre couleur lorsque celui-ci est inutile.

L'appareil

utilise un moteur pas à pas pour positionner le disque et minuter chaque prise de vue entre 1/60 de seconde et 16 minutes. La commande du déclenchement se fait électriquement par l'intermédiaire d'une télécommande, ce qui élimine tout risque de microdéplacement de l'appareil.

L'objectif est constitué d'un oculaire de très bonne qualité optique, d'une puissance de 10X, permettant la projection sur le plan film d'une image microscopique nette. Cette image peut être observée grâce à une visée reflex autorisant une mise au point précise de la zone à photographier. Une série de miroirs plans permettent de diriger l'image vers un œilleton d'observation situé à proximité de l'écran de contrôle à cristaux liquides. Un second miroir plan permet la projection de l'image microscopique sur le plan du film.

Le MicroCam a été étudié pour l'enregistrement d'images microscopiques avec un rendu de valeurs correct, que le temps d'exposition soit bref ou long. A cet effet, il possède un posemètre numérique à microprocesseur intégré permettant d'obtenir des épreuves noir et blanc ou couleurs de haute qualité.

Lorsque l'utilisateur presse le déclencheur, l'obturateur s'oriente de façon à diriger le rayon lumineux sur le posemètre, qui envoie alors un signal au microprocesseur ; ce dernier confronte la durée d'exposition mesurée aux caractéristiques du film afin de corriger cette durée en fonction de l'écart de réciprocité (1). La durée d'exposition calculée par le microprocesseur est affichée sur l'écran à cristaux liquides pendant



Le Polaroid MicroCam SLR sera présenté en mars aux Salons de l'image et du son (le SIPI et le SATIS), à Paris.

TROIS MINUTES

les deux secondes qui précèdent la prise de vue, offrant à l'utilisateur la possibilité de la modifier.

Les sources d'éclairage des microscopes sont souvent des lampes à basse tension ou à halogène donnant une dominante rouge plus ou moins importante du fait de leur température relativement basse, 3 600 à 4 000 K. Une correction avec un filtre bleu est toujours nécessaire pour porter la température de couleur de la lumière à la température de couleur d'équilibre du film. Grâce au microprocesseur, le Micro-Cam effectue automatiquement cette correction.

S'il désire choisir lui-même le filtrage et la durée d'exposition, l'utilisateur peut sélectionner le mode manuel par une simple pression sur le déclencheur. Une seconde pression commande le retour en mode automatique. En mode manuel, l'écran indique l'écoulement de la durée de l'exposition en cours, de quelques

dixièmes de seconde jusqu'à 10 heures. Cet écran renseigne par ailleurs sur tous les paramètres de la prise de vue, dans l'une des six langues que l'utilisateur peut sélectionner (anglais, français, allemand, italien, japonais ou espagnol). En plus des durées d'exposition, l'écran rappelle toutes les décisions de l'utilisateur (durée, correction de couleur...) et avertit lorsqu'un film est terminé. Ce film procure des épreuves 11,4 cm x 10,8 couleur avec le type 339 et en noir et blanc avec le type 331. Tous deux se caractérisent par leur haute résolution.

Bien entendu, comme dans tout appareil Polaroid, après chaque prise de vue le film est automatiquement éjecté de l'appareil. Il se développe alors automatiquement.

Gérard Wastiaux

(1) En photo, la densité de l'image développée devrait être proportionnelle à la durée de l'exposition. En fait, lorsque le temps d'exposition devient trop bref ou trop long, il n'y a plus proportionnalité. Ce phénomène s'appelle écart de réciprocité.

MICROPHOTO D'UNE PHOTO

Les films argentiques en couleur possèdent de 15 à 30 millions de points par image (24 mm x 36 mm), selon leur type et leur sensibilité.

suite de la page 117

dardisation des systèmes de transmission en couleur n'existent pas. Aussi les techniques numériques permettent-elles d'y dépasser la capacité de la TVHD. C'est le cas du traitement informatique des images, de leur stockage sur disque optique ou de leur reproduction sur imprimante à laser.

Ainsi est-il parfaitement possible de mémoriser 20 millions de points/image couleur (soit 20 Mo) pour leur transfert avec un algorithme de compression sur un disque optique numérique. Cette image sur disque compact peut ensuite être imprimée avec une qualité photographique.

L'exemple le plus significatif est celui du Photo CD, dont les multiples applications domineront les deux Salons de Paris. Ce disque compact de 12 cm, créé par Kodak et Philips, privilégie la haute définition d'image. Il a été conçu pour numériser les 20 Mo d'informations d'une photo couleur argentique avec cinq fichiers représentant cinq niveaux de définition pour l'ensemble des trois couleurs :

- La haute définition : 6 291 456 points, donc, avec un taux de compression d'environ 3 grâce à un algorithme préservant la qualité de l'image argentique de 20 Mo. Sur le Photo CD grand public, toutes les photos (capacité de 100 vues par disque) sont enregistrées à cette définition. Elle permet le tirage d'épreuves de qualité photographique avec une imprimante vidéo haute résolution (par exemple, les imprimantes Kodak de la série XL 7700). Elle permet aussi le traitement d'images de grande qualité sur ordinateur.

- Qualité TVHD, avec 1 572 864 points, ici encore avec un taux de compression préservant une qualité visuelle élevée, qui implique que les disques actuels pourront être lus en TVHD lorsque cette télévision arrivera.

- Qualité télévision conventionnelle avec 393 216 points. Elle est utilisée pour l'affichage des images sur les téléviseurs actuels NTSC, PAL ou SECAM. Elle permet aussi d'édition sur Photo CD jusqu'à 800 images.

- Qualité écran d'ordinateur (basse résolution) avec 98 304 points.

- Qualité de préanalyse (basse résolution) ou de petite image sur écran d'ordinateur, avec 24 576 points.

L'avantage, en définitive, reste aujourd'hui au film argentique. Si l'on rapproche les performances d'un tel film, choisi parmi les plus fins (de 25 à 50 ISO), avec celles de la future TVHD numérique, force est de constater que l'écart est considérable puisque, nous l'avons vu, les films séparent au moins dix fois plus de détails (de 6 à 10 millions de points/image couleur, soit de 18 à 30 millions de points pour l'ensemble des trois couches monochromes jaune, magenta et cyan).

STANDARDS TV CONTRE DÉFINITION DES IMAGES

En télévision, les standards de balayage couleur (SECAM, PAL, NTSC) assurent une définition d'image, et celle-ci est immuable tant que le standard n'est pas changé. Ainsi, en Europe, le SECAM et le PAL ont-ils figé la définition à moins de 500 000 points par image depuis plus de trente ans.

Pourquoi moins de 500 000 ? D'abord à cause du système de balayage divisant l'image en 625 lignes théoriques qui, en réalité, représentent 575 lignes utiles (les autres servent à certains signaux de contrôle). Si l'on observe que chaque ligne d'un écran 4/3 sépare 720 points, cela fait au total 4 144 000 points pour l'image.

Avec l'arrivée des téléviseurs 16/9, chaque ligne sépare 960 points. La définition de l'image est donc portée à 552 000 points (si l'image est elle-même diffusée en 16/9, comme c'est le cas avec le



Chaque trou du masque correspond à un point d'image couleur (pixel) derrière lequel se trouvent trois points élémentaires monochromes (rouge, vert, bleu). Les téléviseurs actuels comportent au maximum 400 000 trous (et donc 1 200 000 phosphores), ce qui ne leur permet pas de séparer plus de 400 000 points couleur par image.

L'industrie ne peut guère faire mieux actuellement, du moins pour proposer des téléviseurs à un prix compétitif.

Avec la TVHD, le balayage passera à 1 250 lignes dont 1 152 lignes actives assurant chacune une définition de 1 920 points actifs. La définition par image sera donc de 2 111 840 points par image couleur (sur 6 335 520 phosphores rouges, verts et bleus). Et, pour de nombreuses années, ces nombres représenteront la définition maximale de la TVHD.

Dans l'usine Thomson d'Anagni, près de Rome, un technicien vérifie un masque destiné à un téléviseur 16/9 et qui comporte près d'un million de trous.

standard D2-MAC). Ensuite, il faut observer que la définition de l'image télévisée dépend encore du pouvoir séparateur du tube cathodique qui, actuellement, est inférieur à 500 000 points.

Rappelons qu'un téléviseur

produit trois rayons électro-niques pour véhiculer les images du vert, du rouge et du bleu. Chaque rayon est guidé sur une pastille de phosphore (respectivement rouge, verte et bleue) en passant par le trou d'un masque métallique.

suite de la page 119

Et si, comme nous l'avons vu, une firme comme Kodak a créé pour les caméras vidéo des analyseurs CCD séparant les 2 millions de points/image couleur nécessaires aux prises de vues destinées à cette TVHD, ces analyseurs, intégrés à un appareil photographique, seraient encore largement incapables d'assurer la qualité que procure un film argentique. Finalement, pour toutes les applications exigeant une haute qualité d'image (photo d'art, photo documentaire, microfilm, imagerie médicale et scientifique), le film reste le seul support utilisable en prise de vue. Et lorsque les techniques numériques procurent des images ayant cette qualité photographique, c'est par numérisation de l'image argentique au moyen de scanners spécifiques, puis par mémorisation sur Photo CD ou mémoire informatique de haute capacité.

Non seulement le film argentique est encore loin d'être éliminé par les techniques électroniques numériques, mais il est évident qu'il restera encore longtemps leur mémoire d'enregistrement et d'archivage d'images de haute définition. Et, une fois

de plus, les prochains Salons de Paris en feront la démonstration, puisque les géants de la photo, Kodak, Fuji et Agfa, y présenteront leurs nouvelles gammes de film aux performances améliorées. Chez Kodak, ce sont les Elite, Panther, Ektacolor II, Ektapress, créés en 1993 (voir *Science & Vie* n° 908, p. 112), ainsi qu'une nouvelle génération de films négatifs Gold et Ektar qui sera commercialisée en avril. Chez Agfa, ce sont les Optima 400 Pro (négatif couleur) et Agfachrome CRD Duplicating (inversible pour la copie de diapositives). Chez Fuji, enfin, ce sont les Fujicolor 160 NS pour portrait, Fujichrome Provia 100, 400 et 1600, lancés au Japon en février dernier.

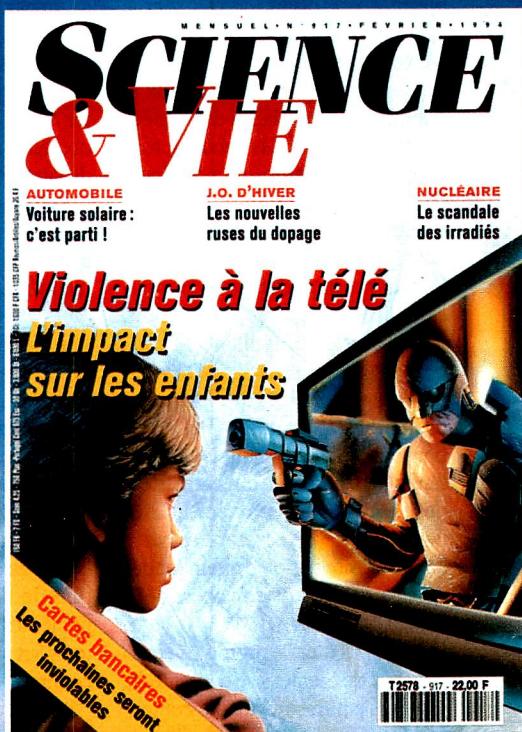
On comprend donc les investissements considérables consentis par les fabricants de surfaces sensibles pour créer de nouveaux grains d'argent (grains T, grains à double structure...) et de nouveaux colorants assurant une finesse de détails et une richesse de couleurs inégalées, et produire ainsi des émulsions dont les performances doublent tous les quatre ans. ■

Vivez en intelligence avec le monde.

Abonnez-vous à
SCIENCE & VIE

pour
seulement

60 centimes
par jour*



*220 F divisés par 365 jours

BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner sous pli affranchi avec votre règlement à SCIENCE & VIE 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15

OUI je m'abonne dès aujourd'hui
à **SCIENCE & VIE** et je
choisis la formule suivante

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

1 AN couplé / 12 N° + 4 hors série: 295 F seulement
au lieu de 364 F*.

2 ANS simples / 24 N° : 440 F seulement

au lieu de 528 F*.
Cochez SVP *Prix normal de vente des magazines chez votre marchand de journaux

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.

OFFRES VALABLES JUSQU'A FIN 1994 .ET RESERVEES A LA FRANCE
METROPOLITAINE.ETRANGER: NOUS CONSULTER Tél. (33-1) 46 48 48 48

Vous pouvez aussi vous abonner par Minitel en tapant 3615 ABON

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

_____ Code postal _____

Ville _____

Je choisis de régler par :

chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE
 carte bancaire

N° _____

expire le mois _____ année 19 _____

Date et Signature obligatoires

industrie et INNOVATION

AUTOMATES

Petit robot deviendra grand

Ce bizarroïde engin qui s'apprête à servir un petit déjeuner est le premier prototype de ces robots "personnels" qui, estime la firme Siemens, devraient massivement faire leur entrée dans nos bureaux et dans nos foyers à la fin des années quatre-vingt-dix. Ces robots seront de petits appareils qui se déplaceront librement dans les locaux et exécuteront de manière autonome des tâches bien précises : distribution du courrier, transport des marchandises, nettoyage, rangement, patrouilles de surveillance. Fabriqués en grandes séries, ils ne devront pas être plus onéreux que les actuels ordinateurs personnels. Pas question, donc, d'utiliser pour leur orientation les techniques qui permettent de "balayer" l'environnement avec une totale fiabilité : lasers, caméras et autres moyens de traitement des images, beaucoup trop chers pour des robots personnels.

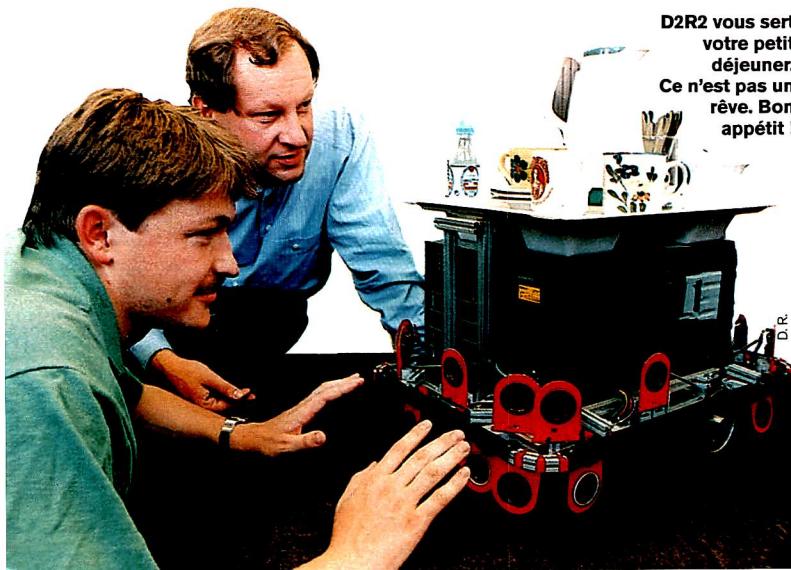
Pour s'orienter, le prototype expérimental de Siemens se contente de capteurs à ultrasons, qui ne coûtent que quelques francs l'unité. Ce sont ces sortes de pastilles noires cerclées de rouge que l'on voit sur notre photo. Un programme informatique sophistiqué, utilisant des principes

d'intelligence artificielle, pallie la relative imprécision des données fournies par ces capteurs.

Ce programme est chargé de résoudre les multiples problèmes auxquels les robots se trouvent confrontés : détection rapide et sûre des obstacles ; obtention d'une "image" de l'environnement constituant progressivement une "carte" pour le robot ; application de stratégies lui permettant de manœuvrer habilement même dans les endroits étroits, etc.

Les capteurs à ultrasons fournissent des données relativement peu nombreuses et peu sûres, souvent difficiles à interpréter. Mauvaise résolution angulaire, absorption, réflexions multiples, autant de facteurs qui handicapent les mesures à base d'ultrasons. Le programme de pilotage du robot doit donc établir des hypothèses "intelligentes" sur la nature de l'environnement et sur le point où il se trouve. Des hypothèses qui sont sans cesse contrôlées, puis confirmées ou infirmées.

Le prototype présenté sur notre photo est piloté par un PC et se déplace à une vitesse maximale de 1 m/s. Il serait possible de l'équiper de manipulateurs, par exemple, de bras ou d'appareils de nettoyage.



D2R2 vous sert
votre petit
déjeuner.
Ce n'est pas un
rêve. Bon
appétit !

L'ANVAR à Genève

● L'Agence nationale de valorisation de la recherche a décidé de patronner, elle aussi, la section française du XXII^e Salon international des inventions et techniques nouvelles de Genève (du 15 au 24 avril). A ce titre, elle remettra un prix à une PME.

100 millions de télécartes...

● ... ont été vendues en 1993, ce qui porte à 400 millions le nombre de télécartes vendues depuis l'origine, en 1982. Ce succès commercial entraîne un succès publicitaire : depuis son ouverture à la publicité, en 1986, plus de 1 700 visuels de télécartes publicitaires ont été réalisés. Les collectionneurs sont au bord de la dépression : ils ne savent plus où donner de la tête.

Le monde arabo-iranien en direct

● Questel, premier centre serveur français de banques de données professionnelles, et sa filiale Madicia, spécialisée dans la fourniture de systèmes d'analyses stratégiques en temps réel, viennent de lancer la lettre fax "Taiga". Ce service diffuse une information complète sur le monde arabo-iranien et ses relations avec les autres pays. Cette information est élaborée à partir de sources multiples et sûres, telles que les agences de presse AFP, Associated Press et Reuter.

TANNAGE

Le cuir change de peau

La peau de poisson peut-elle remplacer le cuir ? L'idée n'est pas nouvelle puisque, dès l'an 1000, les vêtements de cérémonie d'une peuplade d'Asie du Sud-Est étaient fabriqués en peau de poisson. Quant aux samouraïs, ils en recouvriraient la poignée de leur sabre, tandis que les Indiens l'utilisaient pour la corde de leur arc.

La vraie nouveauté, en revanche, c'est de considérer systématiquement la peau de poisson comme un substitut au cuir traditionnel et de tenter d'en faire une véritable industrie. La matière première ne manque pas. Les peaux des filets de poisson, que nous consommons de plus en plus, s'accumulent actuellement dans les poubelles des grands groupes industriels de l'alimentation. Il "suffit" donc de récupérer ces peaux (de saumon, de julienne, de sole, de congre...) et de les travailler comme du serpent ou du veau, pour en faire sacs, ceintures,



D.R.



Façon daim ou façon lézard,
petit poisson deviendra
sac, ceinture ou portefeuille.

chaussures ou vêtements. La Tannerie de Callac, débaptisée et devenue la Fish Cuir International (sise à Ploemeur, dans le Morbihan), y est parvenue en mettant au point un procédé de tannage unique au monde (top secret), adapté

à la texture ultra-fine de la matière à travailler. On peut obtenir deux finitions : l'une façon daim, l'autre écaillée, qui a l'aspect d'un cuir de serpent ou de lézard. Ce nouveau "cuir", plus souple, destiné à l'habillement, présente un avantage considérable : il est lavable.

Fish Cuir International cherche maintenant une idée pour recycler les écailles qui s'entassent dans ses poubelles.

F.V.

TÉLÉCOMMUNICATIONS

Grandes manœuvres autour de la télévision numérique

Bell Atlantic, l'un des leaders nord-américains des télécommunications, fusionne avec Tele Communications Inc. (TCI) qui, avec près de 10 millions d'abonnés, est aux Etats-Unis le premier opérateur de télévision par câble. Pourquoi cette opération de fusion entre deux entreprises situées dans des secteurs aussi différents ? Pour préparer l'arrivée de la télévision numérique et des multiples services que son canal pourra véhiculer.

A partir du moment où la télévision est diffusée à l'aide d'un signal numérique (et non plus analogique

comme c'est le cas actuellement), il devient possible de faire passer par le même canal bien d'autres choses qu'un simple programme de télévision, par exemple, des dizaines de programmes radio avec une qualité CD, ou des fichiers informatiques de grande taille. En fait, la gamme des services possibles est large : seul le manque d'imagination limite les applications potentielles.

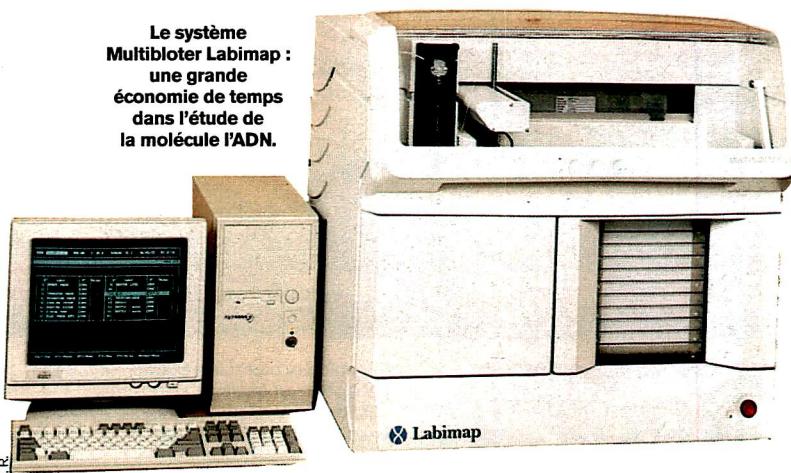
Pour passer à la télévision numérique, il faut soit recâbler les réseaux téléphoniques, dont le débit actuel est trop limité, soit utiliser le réseau coaxial de la télévision par câble.

Aux Etats-Unis, où le câble est bien implanté, c'est la seconde solution qui l'emporte. D'où la fusion Bell Atlantic-TCI. En revanche, en France, il est nécessaire de se doter d'un nouveau réseau soit de câble coaxial soit de fibre optique. Et pour que cette opération fort coûteuse puisse être financée, il faut dès aujourd'hui fournir un service qui attire les abonnés. Jusqu'à nouvel ordre, les programmes de télévision constituent le meilleur moyen pour séduire le public. L'audiovisuel apparaît ainsi comme la clé des télécommunications de demain. A.O.

LABORATOIRE

La biologie moléculaire s'automatise

Le système Multiblotter Labimap : une grande économie de temps dans l'étude de la molécule l'ADN.



Les rapides progrès enregistrés ces dernières années dans l'établissement des premières cartes physiques du génome humain et dans la recherche des gènes des maladies héréditaires sont, pour beaucoup, dus à l'automatisation des opérations de la biologie moléculaire.

La molécule d'ADN, qui est le support du patrimoine génétique, donc des gènes de multiples maladies, dont le cancer, ne peut être étudiée telle quelle du fait de sa longueur (3 m environ). Elle doit être d'abord découpée en différents fragments, qui sont ensuite

classés avant d'être redisposés dans leur ordre originel. Toutes ces opérations, longues et fastidieuses lorsqu'elles sont effectuées à la main, sont désormais réalisées automatiquement par le système Multiblotter Labimap, de la société Bertin, mis au point grâce à une coopération étroite entre biologistes et techniciens.

Ce premier système, déjà sur le marché, sera bientôt suivi d'un synthétiseur, d'un extracteur et d'un séquenceur qui permettront de réaliser automatiquement les autres opérations de la biologie moléculaire.

Ces avancées technologiques vont certes permettre de nouveaux traitements contre les maladies infectieuses, les cancers et les maladies génétiques. Mais on peut aussi en attendre une amélioration de la qualité et du contrôle des produits alimentaires, les scientifiques disposant, pour l'étude des génomes, de nouveaux outils fiables et rapides.

Ces appareils, qui intéressent essentiellement les laboratoires de recherche, représentent un marché à croissance rapide, évalué à 10 milliards de dollars d'ici la fin de la décennie.

P.R.

Le plus grand aquarium d'Europe

- La Compagnie maritime d'expertises, plus connue sous le nom de COMEX, entreprend de construire sur la plage de Mourillon, à l'est de Toulon. Il devrait s'étendre sur une dizaine de bassins. Ouverture au public prévue dans le courant de 1995.

RESTAURATION

Encore de beaux jours pour les fast-food

Six vingt-dix pour cent des jeunes de 11 à 15 ans se restaurent rarement ou jamais au fast-food ; 20 % y vont une fois par mois ; 6,5 %, une fois par semaine ; et 2,4 %, plus de trois fois par semaine. Plus de la moitié de ceux qui y vont le font avec leurs parents et, dans une moindre mesure, avec les copains. 20 % s'y rendent «pour l'ambiance» et le même pourcentage parce que «ce n'est pas cher».

Ces données résultent d'une enquête menée par la Confédération syndicale du cadre de vie. Elles reposent sur un échantillon de 1 000 jeunes. Les fast-food ont à l'évidence encore de beaux jours devant eux, toute une clientèle à gagner, d'autant plus qu'ils sont encore majoritairement perçus comme une formule de restauration familiale. On peut donc s'attendre à un grand nombre de nouvelles implantations.

Objectif ventes

- Sur 5 000 m² d'exposition, une centaine de sociétés spécialisées dans les domaines du marketing direct, de la communication, de l'informatique, de la stimulation et de la motivation, du recrutement et de la formation seront réunies du 6 au 8 avril à Paris, Porte de Versailles, pour le X^e Salon objectif ventes. Contact : J.S. Quet. Tél. : 1 44 39 85 00, fax : 1 45 44 30 40.

POLÉMIQUE

Rien de nouveau sous le soleil

Le Parlement devrait, dès sa session de printemps, ouvrir un grand débat sur les objectifs et les orientations de la recherche française. Sa base de travail : un rapport d'orientation qui avait été demandé à divers experts, dès juin dernier, par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et dont, au moment où nous mettons sous presse, la première mouture vient d'être publiée.

Ce document, qui doit être suivi de plusieurs forums et colloques et de consultations plus précises, plus fouillées, des organismes qui gravitent autour de la recherche, a de quoi laisser perplexe. Il ne semble, en effet, pas avancer d'idées nouvelles. Ce n'est pas une critique de notre part, mais une triste constatation : les grandes idées sont là, toujours les mêmes, les orientations qu'il faudrait prendre sont connues, mais apparemment on n'a guère, depuis des années qu'on les a identifiées, progressé dans leur mise en pratique. Il faut donc encore et encore les répéter – les ressasser.

Qu'on en juge par quelques exemples. On lit ainsi dans ce rapport d'orientation que les sciences de l'ingénierie et du concret n'ont pas assez de place, les Français ayant «une formation secondaire qui tend à privilégier l'abstraction». Qu'en matière de contact entre la recherche et l'entreprise «il faut faire mieux, plus, plus vite» et que les laboratoires publics et les entreprises doivent donc apprendre à «mieux travailler ensemble». Que, si la France est présente sur la plus grande partie des fronts scientifiques, il faut réexaminer les grands programmes technologiques, car «ils mobilisent un effort important de l'Etat» pour une «ambition qui n'est pas, au premier chef, le renforcement de la compétitivité technologique des entreprises». Que le

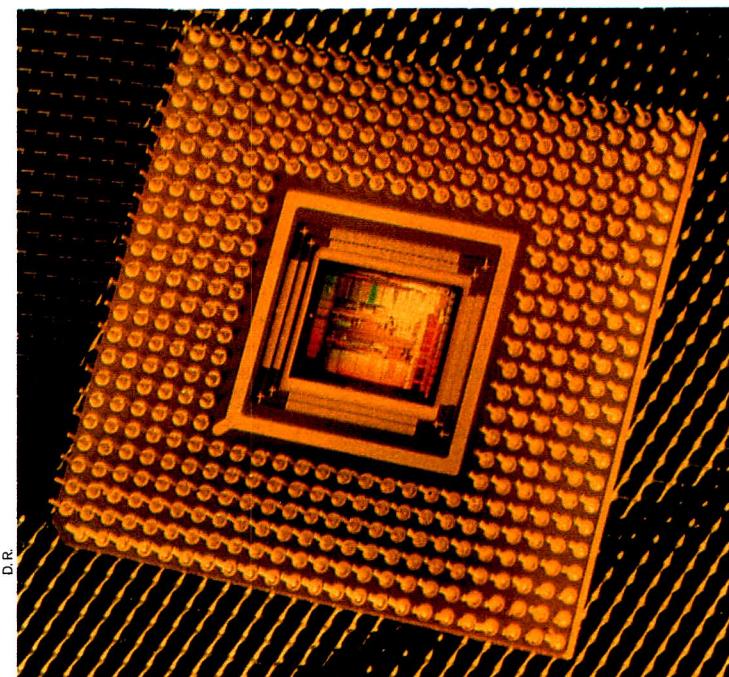
potentiel d'innovation des petites et moyennes industries doit être développé par un «effort spécifique de revitalisation de leur tissu technologique». Que les secteurs plus traditionnels doivent être mieux soutenus en recherche et développement et que, pour tout dire, les chercheurs doivent mieux dialoguer avec la collectivité, tisser davantage de liens avec l'économie. Les bras nous en tombent. Tout cela est vrai, juste et beau. Mais tout cela a aussi déjà été dit et constaté il y a plus d'une dizaine d'années. Alors, on se retrouve toujours à la case zéro ?

Liquides inflammables et tunnels routiers

- Sur la demande du ministère de l'Equipment, des Transports et du Tourisme et en partenariat avec la Société des autoroutes Paris-Rhin-Rhône, l'INERIS, l'Institut national de l'environnement industriel et des risques, mène une étude sur la sécurité, dans les tunnels routiers, des systèmes de recueil et d'évacuation des liquides inflammables. Des essais sont en cours sur une maquette grandeur nature pour cerner, dans différentes conditions, les systèmes existants.

Le microprocesseur le plus rapide du monde

- Digital annonce sa mise sur le marché. Il fonctionne à 275 MHz, alors que les actuels microprocesseurs pour PC les plus rapides travaillent à 66 MHz et que la concurrence ne semble pas, à brève échéance, devoir dépasser les 150 MHz. La technologie de fabrication du nouveau microprocesseur est particulièrement «pointue». Elle permet notamment de graver des traits de 0,5 micromètre. Mais cette rapidité de fonctionnement se traduit par une dissipation thermique de plus de 36 W, alors que les microprocesseurs actuels des PC ne dégagent pas plus de 5 à 10 W.



INGÉNIERIE

Un "œil de mouche" détecte les fissures des routes

Les fissures sur les routes sont comme les maladies : plus tôt on les détecte, plus il est facile d'y remédier. Et moins la réparation coûte cher. Mettre au point une technique de surveillance rapide des chaussées, c'était le défi lancé par l'Office suisse fédéral des routes. Max Monti, de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), l'a relevé. L'ingénieur est même allé très loin : il a conçu

Les informations sont ensuite transmises à un groupe d'ordinateurs travaillant en parallèle. Lorsqu'une fissure se présente, la lumière laser disparaît en profondeur : aucun signal lumineux n'est plus perçu. Un des ordinateurs va alors prendre en charge la fissure jusqu'au bout, laissant aux autres le soin de s'occuper des prochaines fissures rencontrées.

Dès la fin du parcours, le bilan est terminé et les informations utiles stockées sur un support informatique : on peut voir la forme des fissures, constater leur nombre et retrouver très rapidement leurs positions sur le trajet.

Cette "camionnette-laser" n'existe pas encore, mais tous les éléments importants ont déjà été fabriqués. On a scanné en laboratoire des morceaux de route. La réalisation d'une camionnette opérationnelle, munie de ses propres générateurs d'électricité, dépend maintenant des commandes : un seul véhicule suffirait à un pays comme la Suisse, puisqu'il est capable de surveiller chaque année un réseau routier de 150 000 km. De même, il pourrait prendre en charge des pistes d'aéroport ou les parois d'un tunnel.

Simple dans son principe, l'instrument d'inspection de Max Monti constitue pourtant un véritable bouleversement technologique tant les méthodes actuelles sont rudimentaires. La plus perfectionnée consiste à monter une (ou plusieurs) caméra sur un véhicule, puis à filmer la chaussée en avançant. Ensuite, on développe les films... Et il ne reste plus qu'à regarder à l'œil nu.

La principale difficulté à laquelle l'ingénieur a dû faire face consiste à collecter la lumière du laser réfléchie par la route. Car rien n'est moins coopérant que l'as-

phalte. Il est sombre et granuleux : la lumière laser est réfléchie dans tous les sens possibles ; comment la ramener dans les cellules photo-électriques ?

Pour résoudre le problème, le chercheur a mis au point un collecteur holographique de lumière, le fameux œil de mouche que nous évoquions plus haut.

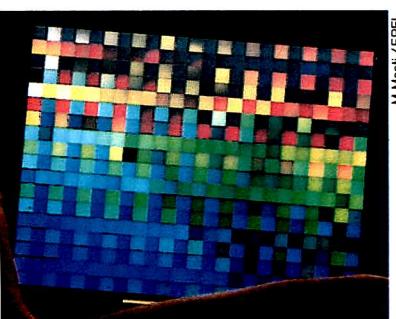
L'élément de base (il en faut vingt-quatre pour traiter quatre mètres de chaussée) est une plaque de verre grande comme une tablette de chocolat, sur laquelle se trouvent 2 000 petits hologrammes rangés comme sur une feuille de timbres-poste. A la différence que... tous les hologrammes sont différents ! Ainsi, il s'en trouve toujours quelques-uns qui sont capables de renvoyer sur une cellule photo-électrique la lumière laser réfléchie par la route.

Pour réaliser son œil de mouche, l'ingénieur a créé un robot unique au monde, dont les bras déterminent automatiquement l'orientation des faisceaux laser pour fabriquer les hologrammes à la chaîne.

Conçu pour un matériau aussi difficile à scanner que les revêtements routiers, Creho – c'est le nom du système – pourrait s'adapter à n'importe quel autre matériau qui défile à grande vitesse : il pourrait lire, par exemple, un journal sur une rotative d'imprimerie.

l'eau dans l'immeuble...

- C'est un livret-guide que vient d'édition l'Union des entreprises d'affinage de l'eau. Parce que chacun - usager, syndic, architecte, bureau d'études, promoteur, etc. - est concerné par cette question. Et mal informé !



M. Monti / EPFL

Un collecteur holographique, qui utilise la réflexion d'un rayon laser sur une route, permet de déceler des fissures d'un millimètre de large.

un scanner qui, embarqué dans un véhicule roulant à 120 km/h, détecte sur l'asphalte des fissures d'à peine un millimètre de large.

Dans le nouveau système, une voie entière de circulation, soit quatre mètres de largeur, est scannée par un laser, et chaque millimètre carré de bitume est numérisé. Le fin faisceau du laser, dévié en direction de la chaussée par un miroir tournant, balaie la route de gauche à droite à une vitesse de 172 000 km/h !

La lumière du laser est réfléchie par le bitume, vers un collecteur holographique complexe jouant le rôle d'un "œil de mouche", puis elle est expédiée sur plusieurs cellules photo-électriques.

AGRONOMIE

Le mystère des molécules tueuses de nématodes

Les nématodes, parasites des plantes, sont de petits vers pas sympathiques du tout, car ils peuvent s'installer chez les mammifères, dont l'homme (ascaris, oxyure). Ils posent donc un problème à l'agriculture mondiale, car nul n'a encore trouvé de méthode satisfaisante pour les éliminer.

Les produits chimiques utilisés actuellement, parfois proches d'anciens gaz de combat, peu spécifiques, altèrent l'équilibre biologique des sols, polluent les nappes phréatiques et provoquent des accidents en raison des quantités utilisées (un ou plusieurs kilos de matière active à l'hectare...) ; ils sont du reste déjà interdits dans plusieurs pays. L'Institut national de la recherche agronomique (INRA) et l'université Claude-Bernard de Lyon I ont lancé un programme de recherche afin de trouver de nouveaux produits nématicides moins dangereux, exerçant une action spécifique limitée aux espèces nuisibles, sans causer de dommage à la flore et à la faune environnantes.

Les chercheurs ont déjà réussi à identifier des toxines nématicides, produites par certains champignons, qui agissent de façon spécifique sur les espèces de nématodes parasites des racines des plantes. Mieux, ils sont parvenus à synthétiser des molécules dérivées de celles produites par ces champignons.

Les scientifiques cherchent maintenant à comprendre le mode d'action de ces molécules sur les nématodes. Autrement dit, les molécules identifiées sont efficaces, mais on ne sait ni pourquoi ni comment.

INFORMATIQUE

Un clavier intelligent

Ecrire à la vitesse de la parole, un rêve pour les secrétaires chargées de retranscrire *in extenso* le contenu de réunions, ou pour les clavistes qui, par exemple, dans l'édition, saisissent du texte au kilomètre... Jusqu'à présent, les meilleurs "frappeurs" parvenaient à des vitesses ne dépassant guère de 300 à 400 caractères à la minute, soit, à peu près, ce que vous venez de lire depuis le début de cet article. Or, voici que le "Vélotype", un clavier qui n'a rien de comparable avec le traditionnel "Azerty", permet de doubler, voire de tripler la vitesse de frappe. Ce clavier se substitue sans adaptation particulière à n'importe quel clavier d'ordinateur, aussi bien PC que Macintosh : il suffit de débrancher l'ancien pour rebrancher le nouveau sur la même fiche.

Le principe est simple : comme un pianiste frappe des accords en maintenant plusieurs touches enfoncées simultanément, le claviste compose des syllabes en tapant toutes leurs lettres d'un coup. C'est le Vélotype qui place lui-même les caractères dans le bon ordre grâce à son informatique intégrée. Avec le Vélotype, les mots sont ainsi décomposés en syllabes et non plus en lettres ; c'est en syllabes que doit penser le vélotypiste afin que

son écriture progresse par ensembles de lettres.

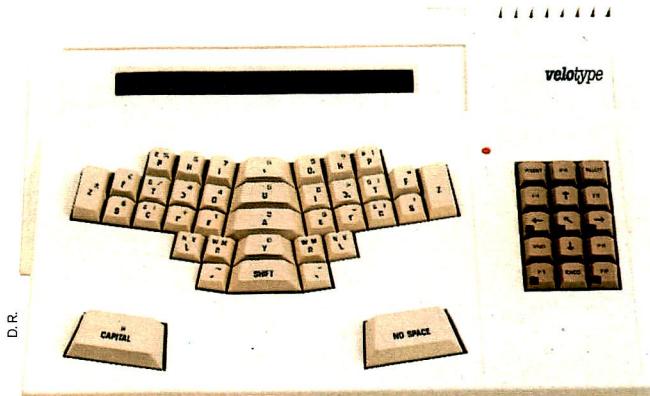
Le clavier se présente de façon symétrique, avec trois groupes de touches : sur un axe central sont disposées les voyelles, à gauche, les consonnes initiales de la syllabe et, à droite, les consonnes finales. Lorsqu'on frappe en même temps une touche de gauche, une du centre et une de droite, le Vélotype comprend aussitôt la syllabe demandée.

Le Vélotype a été mis au point par une équipe néerlandaise de linguistes et d'ingénieurs. Son adaptation française vient d'être terminée, et elle commence à être commercialisée par une petite entreprise de traitement de texte située en Normandie.

Beaucoup plus fiable que la sténotypie, qui introduit de nombreuses fautes d'orthographe, ce clavier pourra intéresser à la fois le marché du grand volume (imprimerie, édition) et celui de la grande vitesse (conférences, sous-titrage TV en temps réel). Une formation de cinq jours au minimum est nécessaire pour bien maîtriser le clavier ; ensuite, on peut atteindre des vitesses allant jusqu'à 1 000 caractères à la minute. Ce qui permettrait de saisir l'ensemble de cet article... en deux minutes.

F.C.

**Gagnez du temps : tapez ensemble les lettres des syllabes.
Le clavier Vélotype les remettra dans le bon ordre !**



RECHERCHE INDUSTRIELLE

La caméra qui mesure le relief

Agisant comme un véritable radar optique, la caméra télemétrique à balayage (CTB), que vient de mettre au point la société de recherche Bertin, permet de déterminer automatiquement à quelle distance se trouve un objet placé devant elle et, plus généralement d'évaluer le relief de la scène qu'elle observe.

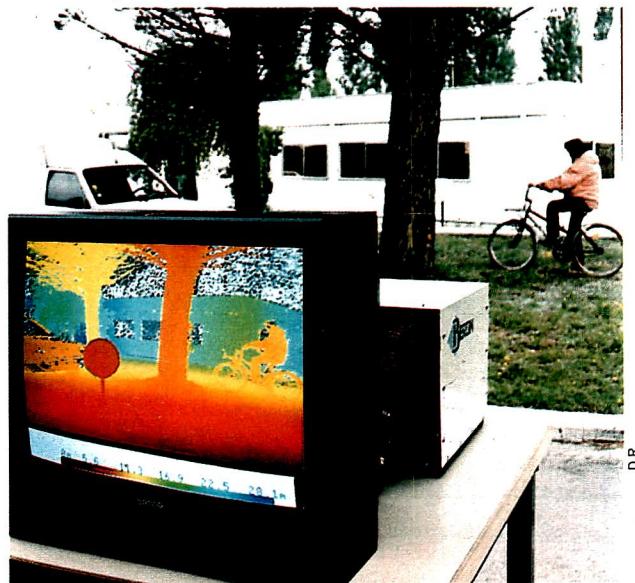
Cette caméra comporte un télémètre laser et un dispositif mécanique de balayage basé sur le mouvement de miroirs. La diode laser infrarouge du télémètre émet un signal lumineux qui est renvoyé par l'objet situé devant la caméra. Un détecteur mesure alors le déphasage entre le signal émis et celui réfléchi. Ce déphasage étant proportionnel au chemin parcouru par le signal, on en déduit la distance de l'objet. Grâce au système de balayage du faisceau suivant deux axes, il est possible de connaître la distance des différents éléments constitutifs de la scène à haute cadence (jusqu'à dix images par seconde). Le nombre de points par image varie de 100 x 100 à

1 000 x 1 000, le champ balayé par la caméra étant aussi programmable. L'ensemble fournit des images sur lesquelles on distingue les distances soit par des niveaux de gris, soit par des couleurs.

Fonctionnant dans l'infrarouge, le dispositif mis au point par Bertin est insensible à la lumière ambiante et opérationnel de jour comme de nuit. Il peut être commandé à distance en utilisant une fibre optique. Sa portée peut atteindre 70 m.

Ces performances intéressent toutes sortes d'industriels. Les constructeurs d'engins de levage, par exemple, la CTB pouvant servir à éviter les collisions entre ponts roulants. Les constructeurs automobiles, qui pourraient l'utiliser pour concevoir des suspensions actives de véhicules, la caméra reconnaissant le terrain devant les roues. D'autres industries encore sont intéressées par un tel radar optique, que ce soit pour mesurer la géométrie d'une grande structure, pour saisir la forme de pièces en vrac pour contrôler en ligne les produits sortant de laminoirs, etc.

La caméra télemétrique à balayage permet d'obtenir des images qui informent, de manière détaillée, du relief d'une scène, c'est-à-dire de la distance qui sépare la caméra de chaque point de la scène.



Passez-vous la ceinture

- **La croyance populaire selon laquelle l'éjection du conducteur ou des passagers d'un véhicule à la suite d'un choc ou d'un tonneau est salutaire a la vie dure. C'est aujourd'hui statistiquement démontré, la sécurité des occupants passe par leur retenue dans l'habitacle : l'éjection multiplie par six le risque d'être tué.**

COMMUNICATION

Téléréunion "grand confort"

La firme Genesys lance le terminal d'audioconférence Polycom, un système permettant de s'affranchir des inconvénients usuels des téléphones "mains libres".

Ceux qui pratiquent la téléréunion connaissent les problèmes que pose l'utilisation des combinés téléphoniques standard dès que la conférence fait intervenir des groupes. La téléréunion doit alors s'effectuer en mode amplifié, avec une qualité sonore très médiocre. Les combinés téléphoniques classiques posent un autre problème : à chaque fois qu'un intervenant prend la parole, sa phrase est précédée d'un "blanc", qui hache les conversations et rend la compréhension difficile.

Polycom supprime ces inconvénients. *Full duplex*, il permet d'obtenir une simultanéité absolue des conversations. Sa qualité acoustique permet aussi de travailler de manière confortable, même si les participants sont nombreux et si certains d'entre eux se trouvent éloignés du terminal. Il est, en outre, très facile à installer : il suffit de le brancher à une prise téléphonique et une prise électrique.

L'Europe doit pousser à l'innovation



ZEFA

Inventer et innover : les démarches sont bien différentes. Comment organiser leurs rapports pour que les produits nouveaux ne soient plus des exceptions ? C'est le casse-tête qu'affronte aujourd'hui un responsable de la valorisation de la recherche au niveau européen.

Inventer, c'est savoir se poser des problèmes et entreprendre de les résoudre sans crainte du ridicule, sans censure – qui est souvent de l'autocensure. C'est, par exemple, se dire : «Voilà, j'arrive devant cette porte et j'ai les bras chargés, j'aimerais bien qu'elle s'ouvre toute seule» ; ou encore : «Je regarde un programme à la télévision, mais j'aimerais bien aussi savoir ce que présente une autre chaîne.» Questions absurdes, non ? Questions que seul un "miracle" inimaginable pourrait résoudre ? Et pourtant... Une fois le problème clairement défini, la technologie moderne est si avancée, si "intelligente", si peu coûteuse que, pratiquement, ce problème est résolu. Le tout est de trouver l'adéqua-

tion besoins-technologies.

Une fois qu'on a inventé et résolu un problème, on dépose un brevet. Chacun sait que ce dernier n'est qu'un point de départ. Il va falloir traduire cette idée en un objet ou une technique bien concrets, fabriqués en série par un industriel, acceptés par le marché, à des prix à la fois raisonnables et rentables. Somme toute, il faut transformer l'invention en innovation. Chacun sait cela... sauf les inventeurs. Leur tourne-d'esprit est celle du rêve, non de la réalité qui est celle des industriels et des hommes d'affaires.

Voilà qui explique que quelques pour cent seulement des brevets soient exploités. Et pourtant ce sont bien eux qui bouleversent le monde. Frank Engels, qui est chef de la section Actions spécifiques de valorisation de la recherche communautaire à la Commission des Communautés européennes (¹), rappelle fort justement, dans une étude publiée par notre excellent confrère *Direction et Gestion des en-*

treprises, que, par exemple, «l'innovation boussole a permis aux voiliers de la Renaissance d'explorer le globe terrestre, de modifier les manières de vivre et de penser et de déclencher une activité économique fantastique et sans commune mesure avec la fabrication et la vente des boussoles... Ce sont les quelques inventions qui réussissent, c'est-à-dire qui deviennent des innovations industrielles, qui sont à la base de l'évolution des activités humaines».

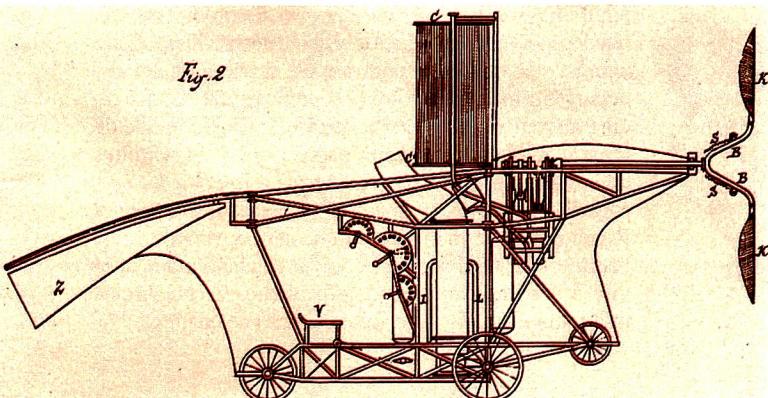
Rares à déboucher sur le marché, les inventions sont aussi fort longues à le faire. Les délais observés entre la naissance d'une idée et son exploitation économique ne sont pratiquement pas inférieurs à cinq ans, sauf pour les logiciels informatiques, et ils atteignent couramment quinze ans – plus encore dans le domaine de la chimie et des médicaments.

Autre distinction fondamentale entre l'invention et l'innovation : les investissements liés à la valorisation industrielle d'une invention sont infinitiment plus coûteux que ceux qu'a nécessités la naissance de l'idée inventive elle-même. Frank Engels constate encore : «Son prix augmente au fur et à mesure que l'on s'approche du stade de la mise sur le marché et que le nombre de prototypes, leurs modifications et retouches successives, les essais pilotes et la mise en fabrication industrielle progressent.» C'est en pensant aux longs délais et aux coûts qui leur sont associés que Thomas Edison disait qu'une innovation industrielle représente «10 % d'inspiration et 90 % de transpiration».

Dès 1890, Clément Ader définissait l'avion moderne.

Même s'il ne vola que 50 mètres avec son prototype, Ader avait parfaitement décrit les caractéristiques fondamentales des avions d'aujourd'hui : «Ces appareils planeront continuellement, leurs ailes creuses les supporteront et un propulseur placé à l'avant les fera avancer et entretiendra la vitesse.» Un siècle s'est écoulé entre l'invention de l'avion et la réussite commerciale d'Airbus...

Fig. 2



(¹) Frank Engels s'exprime à titre strictement privé et n'engage pas la responsabilité de la Commission des Communautés européennes.

DES MARCHÉS À SAISIR

Les innovations et les techniques présentées ici ne sont pas encore exploitées sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, les informations que nous

sélectionnons sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir", c/o Science & Vie, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

Un appareil contre le mal de dos

Quoi Le premier appareil d'usage domestique permettant au patient de réaliser lui-même un étirement de sa colonne vertébrale dorso-lombaire en cyphose, c'est-à-dire dans la position physiologique de repos, préconisée par le corps médical.

Comment Jusqu'à présent, les patients souffrant du dos se suspendaient à une barre. Posture unanimement condamnée par le corps médical au cours des dernières années, car elle entraîne, à l'opposé de la cyphose, une cambrure du dos qui peut déclencher des pincements discaux et des contractures paravertébrales. Avec "Siphō", le nouvel appareil, le patient, se haussant sur la pointe des pieds, applique son buste sur la table, et laisse ensuite pendre ses jambes dans le vide. Il saisit des poignées qui sont placées à hauteur de son bassin sur les côtés de la table. La simple pesanteur des membres inférieurs déclenche l'étirement de la colonne dorso-lombaire ; en poussant sur les poignées, par une ex-

tension des membres supérieurs, le patient obtient un étirement maximal.

L'atténuation progressive de la douleur est entraînée par trois actions de la table : diminution considérable de la pression interdiscale ; disparition des contractures par un étirement doux des paravertébraux ; enfin, soulagement immédiat des articulations. Il est conseillé d'utiliser la table Siphō de une à deux minutes tous les matins et tous les soirs, en particulier dès que le dos est sollicité (que ce soit par la voiture, une séance de jardinage, une partie de tennis, etc.). La table Siphō est destinée à tous les patients présentant des lombalgies mécaniques (soit neuf cas sur dix) et dont le dos est soumis à des stress répétés : secrétaires, voyageurs de commerce, agriculteurs, basketteurs, footballeurs, tennismen et autres sportifs, institutrices de classes maternelles, etc.

Pour qui L'inventeur cherche à vendre son brevet en Europe et en Amérique du Nord.

Comment passer dans cette rubrique : si vous avez conçu une innovation, adressez-en un descriptif à "Des marchés à saisir". Inspirez-vous de notre présentation. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo de votre prototype. Enfin, faites preuve de patience et de tolérance ; nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions doivent d'abord être étudiées par notre service technique.

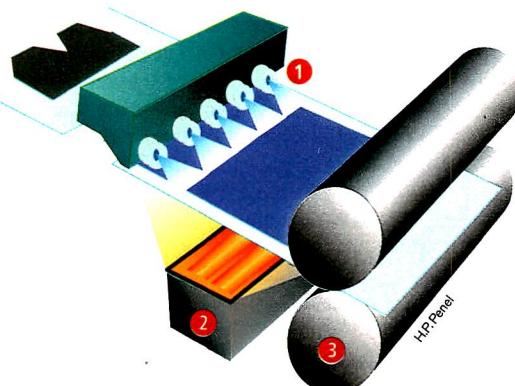
Ricoh invente le "décopieur"

Le recyclage du papier pose bien des problèmes. En effet, ses fibres trop courtes interdisent une transformation en pâte directe-

ment réutilisable, celle-ci nécessitant, pour être transformée en feuilles, l'adjonction de fibres longues. D'autre part, photocopieurs et imprimantes laser qui équipent nos bureaux génèrent une énorme quantité de documents inutiles qui transitent directement du panier de la machine à la corbeille. L'idée de Ricoh est donc de restituer leur virginité à ces feuilles indûment exploi-

tées. Ce "gommage" s'effectue suivant un cycle comportant trois phases. Les documents sont en premier lieu soumis à la vaporisation d'un produit chargé de favoriser le décollement de l'encre de la surface du papier ①. Ce produit est, aux dires de Ricoh, non polluant. Cette opération est suivie d'une "cuisson" ② à environ 100 °C, qui ramollit l'encre. Enfin, la feuille de papier passe entre deux cylindres où l'encre reste collée ③.

Les feuilles vierges ainsi obtenues sont réutilisables sur n'importe quel photocopieur conventionnel, et ce recyclage peut être effectué jusqu'à dix fois sans perte de qualité.



CONSTRUCTION

La future Bibliothèque de France.



P.Maurer/EPBF

Façades respirantes pour la Bibliothèque de France

Le verre règne aujourd'hui en maître absolu sur les grandes réalisations architecturales comme la Pyramide du Louvre ou la Bibliothèque de France, mais aussi sur les grands ensembles de bureaux, les halls de gare, etc. Cet engouement des concepteurs et maîtres d'ouvrage pour l'architecture du verre se traduit par de nouvelles contraintes, par exemple, en termes d'esthétique (planéité des ouvrages, recherche de l'aspect miroir parfait)

ou de confort (mise en place de pare-soleil fixes, etc.), qui interdisent le recours aux techniques classiques des verres isolants scellés, du fait des surfaces importantes des nouveaux vitrages.

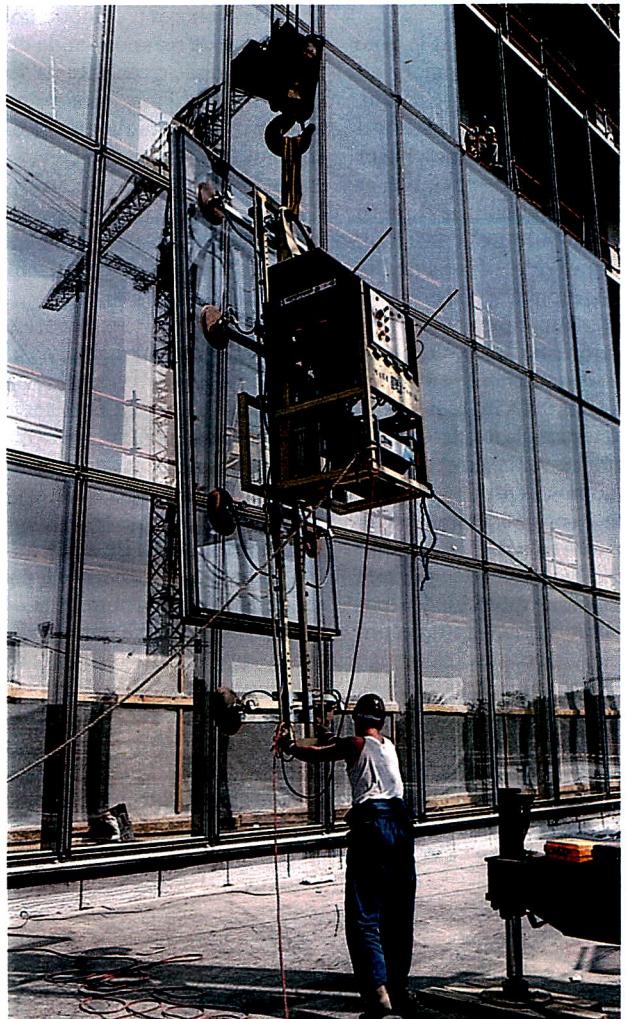
Il a fallu, par ailleurs, pour résoudre les problèmes de condensation, imaginer des solutions "ouvertes", comme les façades respirantes, dont le principe consiste à faire communiquer avec l'extérieur la lame d'air comprise entre les

deux parois de verre, grâce à deux orifices. Mais ces solutions posent elles-mêmes des problèmes spécifiques, dus aux variations de température qui, créant des saturations d'eau dans l'air, risquent d'entraîner une nouvelle condensation gênante pour la transparence des ouvrages.

Il faut donc agir en s'adaptant au cas par cas, et c'est désormais possible grâce à des logiciels développés par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB). Simulant des transferts de chaleur et d'humidité à l'intérieur des matériaux, ces logiciels permettent de définir des solutions originales "sur mesure". Les simulations indiquent précisément les écoulements d'air et de vapeur d'eau, la diffusion de la vapeur à travers les parois, le régime des températures des différents composants de la façade, etc. Il devient dès lors possible de définir et de mettre en œuvre les différents paramètres qui assureront un bon fonctionnement des façades.

Ainsi, pour la Bibliothèque de France, où les conditions hydrothermiques à l'intérieur des locaux – notamment dans l'espace compris entre la façade et les zones de stockage des livres – interdisent l'utilisation des procédés classiques, en raison du risque de condensation. La solution, imaginée grâce aux logiciels de simulation du CSTB, consiste à établir un système de "respiration forcée", qui consiste en l'injection entre les deux parois de verre d'un air à faible teneur en eau, ce qui permet d'y maintenir un taux d'humidité suffisamment faible.

L'architecture moderne raffole des grandes surfaces de verre...



Hersant / EPBF

Ont collaboré à cette rubrique :
**Florentin Collomp, Atta Oloumi,
Pierre Rossion et Frédérique Verley.**

comment ÇA MARCHE

Le téléphone

Converser avec un ami qui gîte à Toulouse quand on est soi-même à Wattrelos est d'une grande banalité. Il reste tout de même à savoir comment les paroles réconfortantes qu'on lui adresse devant une poignée de plastique blanc liée à un fil entortillé peuvent lui parvenir de manière quasi instantanée à 1 000 km de là.

Au stade de développement qu'elles ont atteint aujourd'hui, les télécommunications nous apparaissent comme quelque chose de si naturel qu'on se demande comment personne n'y avait pensé avant. En vérité, tous les esprits inventifs avaient médité le sujet, et le tuyau acoustique était connu des Grecs ; mais il manquait de portée et, en fait, ce qui faisait défaut, c'était le transport d'énergie à longue distance – toute parole est une agitation de l'air, et cette agitation correspond à un petit paquet d'énergie qu'il faut faire voyager loin si l'on veut atteindre un correspondant qui est hors de portée de voix.

Ce transport d'énergie à longue distance ne fut possible qu'avec l'électricité. Certes, il y eut le télégraphe optique et les sémaophores, qui visualisaient les codes du morse ; encore doit-on rappeler qu'ils faisaient appel à la vue, donc à la lumière, donc au transport d'énergie par ondes électromagnétiques. Mais, pour maîtriser ces ondes, il fallait pouvoir contrôler leur émission et connaître les circuits oscillants ; là encore, ce ne fut chose faite qu'avec l'expérimentation sur des montages électriques.

Du jour où l'on sut lancer un courant sur un fil et le détecter à l'arrivée, même quand la distance entre le départ et la réception se comptait en kilomètres, l'ère des télécommunications

pouvait commencer. La première étape fut franchie en 1861 par l'Allemand Philipp Reis, qui réussit à transmettre, électriquement et à distance, une mélodie au moyen d'un montage expérimental qu'il dénomma *Téléphon* – par emprunt au grec : *tēle*, loin, et *phōnē*, voix.

Il avait donc inventé et le nom et l'appareil. Celui-ci comportait un émetteur, composé d'une fine membrane à laquelle était fixé un fil de platine reposant sur une tête de platine réglable, et un récepteur constitué d'un fil d'acier enroulé pour faire un électro-aimant et fixé sur une caisse de résonance ; émetteur et récepteur étaient montés en série avec une batterie. On avait donc là, comme nous le verrons plus loin, les deux ingrédients du téléphone actuel : le microphone à résistance variable et l'écouteur à bobine mobile.

Bien entendu, l'invention en était encore à un stade rudimentaire : s'il était possible de diffuser quelques sons musicaux, la parole restait difficilement reconnaissable. Une copie du montage fut présentée aux Etats-Unis où elle retint l'attention d'un professeur de physiologie vocale de l'université de Boston, Alexander Graham Bell. En plus de ses cours, celui-ci se consacrait aux questions relatives à l'électricité et à l'acoustique.

Son but était d'ailleurs infini-

ment respectable : il voulait aider les sourds – sa propre femme avait une mauvaise ouïe. Il étudiait donc les moyens de reproduire les sons articulés et essayait de les transmettre électriquement. Il y parvint en 1875, avec un montage un peu différent de celui de Reis : microphone et récepteur étaient tous deux électrodynamiques. La portée restait faible, et elle ne fut grandement augmentée que le jour où l'Anglais Hughes inventa un microphone à résistance variable, comme celui de Reis, mais beaucoup plus sensible.

Toutefois, le principe du téléphone reste toujours le même : convertir les ondes sonores en ondes électriques. En pratique, les ondes sonores n'étant qu'une succession de pressions et de dépressions, donc d'oscillations des molécules de l'air, il va falloir transformer un mouvement en courant électrique. Or, cela, on sait le faire depuis la découverte de l'électromagnétisme : quand un aimant est déplacé devant une bobine, il engendre un courant dans le fil de cette bobine.

D'une manière plus générale, tout conducteur plongé dans un champ magnétique variable est le siège d'un courant également variable. Inversement, tout conducteur parcouru par un courant engendre un champ magnétique, lequel varie comme le courant. Remarquons tout de suite que les deux énoncés ne sont pas strictement réciproques : si un conducteur traversé par un courant, qu'il soit variable ou constant, engendre bien un champ magnétique, à l'inverse, un conducteur placé dans un champ magnétique constant n'est le siège d'aucun courant.

Il faut qu'il y ait variation du champ pour qu'il y ait naissance d'un courant. La différence entre les deux processus réside juste-



gnaux électriques conformes.

Tel est le principe du microphone inventé par Graham Bell, mais il a un inconvénient : l'aimant, toujours massif, présente une inertie qui limite l'amplitude des oscillations de la membrane et donc l'intensité du signal électrique qui en découle. Une solution nettement meilleure consiste à coller la bobine, très légère, sur la membrane et à fixer l'aimant dans le boîtier du dispositif ; cette formule est couramment employée sur les microphones qu'on appelle dynamiques.

On peut aussi, montage classique, installer la bobine autour de l'aimant fixe et placer devant le tout une membrane en acier, lequel est un alliage ferromagnétique qui va modifier la direction des lignes de champ issues de tout aimant placé à proximité. On met donc cette membrane à ras de l'aimant fixe pourvu de sa bobine : les vibrations de l'acier engendrent des variations du champ qui baigne la bobine, ce qui génère dans celle-ci un courant proportionnel aux oscillations.

La transformation des sons en ondes électriques était donc assurée par un microphone de ce type dès l'époque de Graham Bell. Il y avait toutefois un ennuï : le rendement de l'émetteur était très faible, et le courant engendré par les vibrations de la plaque était très vite absorbé par la résistance de la ligne. La portée ne pouvait dépasser quelques dizaines de mètres. En intercalant dans le circuit une pile électrique, Edison permit d'accroître la distance de manière sensible : au lieu d'envoyer un courant très faible modulé, on modulait un courant fort, ce qui était déjà plus efficace.

Si l'on voulait une comparaison aquatique, le micro dynamique à aimant débite un petit filet d'eau oscillant. Intercaler une ►

Joindre qui on veut...

... quand on veut et à l'autre bout du continent si besoin est. Savoir être séducteur, persuasif, ferme quand il le faut : le courant passe toujours...

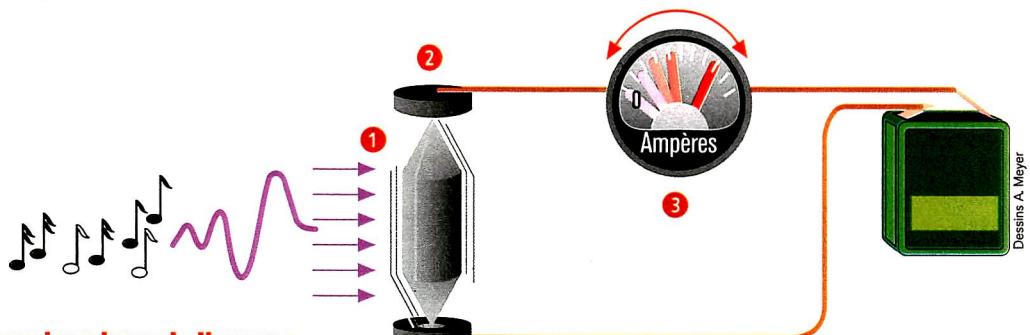
ment là. Toutes les machines électriques reposent sur ce principe : dynamos, alternateurs, moteurs, ampèremètres, transformateurs, servomécanismes et téléphones. En ce dernier cas, on va le voir, la transformation du signal sonore en signal électrique et la conversion réciproque ne sont pas trop difficiles.

Le processus fondamental en ce domaine, c'est la variation d'un champ magnétique à travers une bobine avec création d'un courant. Les ondes sonores n'étant qu'une oscillation des molécules de l'air, elles sont très faciles à dé-

tecter mécaniquement : une membrane bien tendue vibre au même rythme que ces oscillations, ce qu'on peut vérifier facilement en posant le doigt dessus.

Il ne reste plus alors qu'à coller un aimant sur cette membrane et à installer une bobine autour de cet aimant : toute vibration de la membrane entraîne une oscillation de l'aimant qui lui est lié et donc une variation du champ qui traverse la bobine. De ce fait, il y a création d'un courant proportionnel aux oscillations : paroles, musique ou bruits sont transformés en si-

Coll. Christophe L.



Dessins A. Meyer

Le microphone de Hughes : un charbon branlant

Toute vibration de l'air se transmet au charbon libre ① qui peut bouger entre les deux cuvettes fixes ②. La résistance offerte au passage du courant est fonction de la pression des pointes sur les cuvettes, et l'intensité qui passe ③ est alors modulée à la même fréquence que les vibrations.

suite de la page 133

batterie dans le circuit, c'est agiter à la bonne cadence la surface d'une rivière : les vagues ainsi produites peuvent se propager assez loin mais, à distance suffisante, le cours d'eau aura retrouvé son calme. Si l'on veut vraiment agir à des kilomètres, il faut carrément barrer la rivière avec une vanne qu'on montera et descendra au rythme voulu : cette fois, les oscillations du débit seront repérables à des dizaines de kilomètres.

Pour la téléphonie, la solution consistait donc à barrer le circuit électrique avec un interrupteur variable dont la cadence serait modulée par les ondes sonores. C'est l'Anglais David Hughes qui inventa ce type d'interrupteur : il remplaça la bobine de Bell par une résistance variable sensible aux ondes sonores ; le microphone à charbons était né, et il se porte toujours bien : il équipe la majorité des combinés téléphoniques actuels. Mais, surtout, à une époque où on ne disposait pas d'amplificateur, il permettait d'avoir au départ de fortes amplitudes sur des courants puissants.

Le nouveau procédé avait pour lui un avantage supplémentaire :

la simplicité ; en contrepartie, il n'offrait pas la fidélité des systèmes à bobine mobile, et son rendement musical n'était donc pas fabuleux.

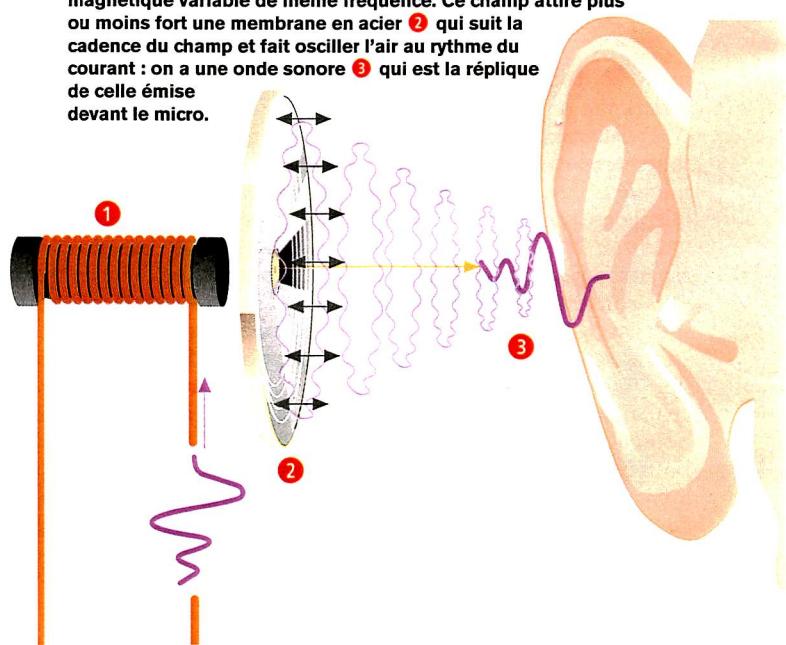
Cela tient à son principe même qui introduit la discontinuité là où il faudrait du continu. Le microphone conçu par Hughes est en fait un édifice branlant, et c'est sur cette instabilité que repose la variation de résistance. En pratique, il s'agit d'un charbon léger maintenu avec un certain jeu entre deux autres charbons. Toute variation sonore est un ébranlement de l'air qui va se communiquer au charbon mobile, lequel va littéralement sautiller entre les

deux autres. Si on fait passer un courant entre les deux carbons fixes, la résistance électrique du montage va changer à chaque frémissement du charbon mobile : en effet, la zone de contact se trouve alternativement augmentée ou diminuée selon que l'élément mobile se trouve plaqué sur les deux autres par une forte amplitude sonore ou qu'il est au contraire presque flottant après le passage de cette forte amplitude.

Or, l'onde sonore, répétons-le, est une succession régulière de pressions et de dépressions qui se traduisent par une oscillation des molécules de l'air autour de leur point d'équilibre. Ces oscilla-

Le même écouteur depuis un siècle

Le courant modulé passe dans une bobine ① et engendre un champ magnétique variable de même fréquence. Ce champ attire plus ou moins fort une membrane en acier ② qui suit la cadence du champ et fait osciller l'air au rythme du courant : on a une onde sonore ③ qui est la réplique de celle émise devant le micro.

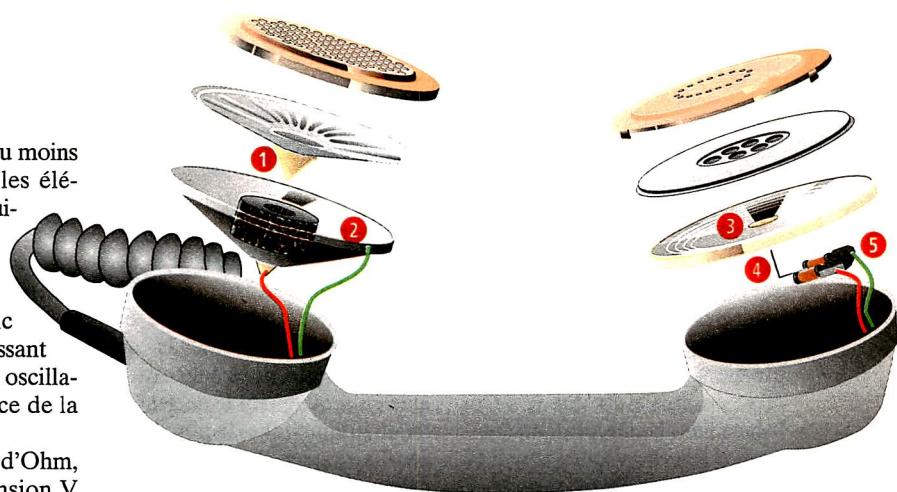


tions, en appuyant plus ou moins le charbon mobile sur les éléments fixes, vont se traduire par des variations de résistance en accord avec les mouvements de l'air. Hughes avait donc créé un système convertissant les vibrations de l'air en oscillations de même fréquence de la résistance électrique.

Conformément à la loi d'Ohm, $V = Ri$, et, pour une tension V donnée, l'intensité i circulant dans le circuit sera alors proportionnelle à l'amplitude et à la fréquence des ondes sonores. L'opération inverse, à savoir la conversion du courant modulé en ondes sonores, ne posait aucun problème puisque les microphones dynamiques du type conçu par Bell sont, comme toute machine électrique, réversibles : sollicités par une onde sonore, ils engendrent un courant ondulé de même fréquence ; inversement, si on leur envoie un courant modulé, ils émettent des ondes sonores.

En effet, si l'on reprend le microphone avec sa bobine et sa membrane métallique, toute variation de courant dans la bobine va donner naissance à un champ magnétique variable, lequel attire plus ou moins la membrane en acier qui se met à osciller en accord avec le courant. Il y a donc émission d'une onde sonore proportionnelle au courant. Le même processus est valable dans le cas où la membrane en matière souple porte la bobine : les variations de courant engendrent toujours un champ variable qui réagit avec le champ de l'aimant permanent et fait osciller la membrane.

La plupart des écouteurs montés dans les combinés classiques sont du type à membrane métallique et bobine fixe, alors que ceux des casques radio utilisent plutôt la membrane souple avec



Le combiné classique

Il comporte un micro fait d'un cône pointu 1 qui plonge dans une cuvette remplie de grenaille de charbon 2 et un écouteur dont la membrane souple 3 est actionnée par un court levier coudé 4 commandé par le champ de deux bobines 5. L'ensemble est très satisfaisant pour transmettre la parole, mais ne conviendrait pas pour restituer fidèlement une mélodie.

bobine mobile montée dessus. Dans tous les cas ces écouteurs ont réversibles, c'est-à-dire qu'ils peuvent servir de micro ; mais le courant débité est, nous l'avons vu, très faible et, sans amplificateur, la distance entre écouteur et micro ne peut excéder quelques dizaines de mètres.

En revanche, avec le microphone à carbons, on peut faire circuler des intensités relativement importantes – bien qu'on reste ici limité par les étincelles qui jailliraient entre les carbons si la tension était vraiment élevée et par l'échauffement par effet Joule si l'intensité était trop forte. En pratique, quelques volts suffisent pour que l'on puisse mettre entre le microphone et l'écouteur un conducteur très long sans avoir pour autant des pertes trop importantes.

A l'époque de Hughes, c'est-à-dire vers 1880, même avec des écarts entre émetteur et récepteur se comptant en dizaines de kilomètres, les pertes sur la ligne n'affaiblissaient pas le signal au point de le rendre inaudible ou, pire, incompréhensible. Au-delà,

c'est-à-dire entre grandes villes séparées par des centaines de kilomètres, le signal devenait difficile à détecter. On releva donc la tension, qui au départ était d'une douzaine de volts, et on la porta assez vite à 80 volts – pour la sonnerie, on envoie un courant alternatif de 100 V.

Mais le principe restait toujours le même, bien qu'il y eût eu de nombreuses améliorations au fil du temps. Si l'écouteur a peu changé depuis près d'un siècle, le microphone a été un peu perfectionné : au lieu d'un simple charbon oscillant entre deux points fixes, il comporte maintenant de la grenaille de charbon répartie dans plusieurs cavités creusées dans un autre bloc de charbon. La fidélité de reproduction est meilleure, et, d'ailleurs, on ne demande pas au téléphone de retransmettre un concert, mais d'échanger des informations parlées. ■

LE MOIS PROchain :
Le laser

ELECTRONIQUE amusante

Un flash auxiliaire

Souvent, les photos prises au flash manquent de douceur, leurs contrastes sont durs et des ombres portées gênantes apparaissent. De plus, dans bien des cas, les premiers plans sont trop violemment éclairés alors que le décor baigne dans la plus profonde obscurité. Cela est essentiellement dû à l'utilisation d'une source de lumière unique et trop ponctuelle. Si l'éclair du flash n'est pas diffusé, il ne permet pas de reproduire l'ambiance lumineuse d'un lieu et favorise l'apparition d'ombres extrêmement dures. Il est certes possible d'orienter le flash vers le plafond ou d'utiliser un réflecteur, mais cette opération n'est pas possible sur les appareils photographiques équipés d'un flash intégré.

L'idéal est alors de disposer de sources lumineuses multiples. C'est ce que nous vous proposons

avec ce petit montage simple et bon marché. Cependant, dès que l'on souhaite utiliser plusieurs flashes se pose le problème de leur synchronisation. C'est ici que l'électronique nous viendra en aide en provoquant le déclenchement automatique de notre flash auxiliaire avec l'éclair émis par celui de l'appareil photo. Cette opération est effectuée par une cellule photosensible et résout tous les problèmes de connexion. Bien des appareils professionnels fonctionnent d'ailleurs sur ce principe. Ce montage convient donc à n'importe quel appareil, même jetable, à la seule condition qu'il soit équipé d'un flash. De plus, il est parfaitement possible d'utiliser, si on le souhaite, plusieurs flashes auxiliaires.

Afin de proposer un montage aussi simple que possible, nous uti-

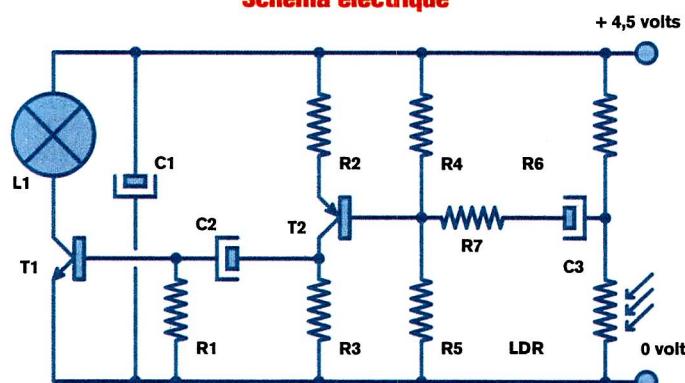
liserons, pour la partie flash, une simple ampoule au magnésium. Ce type de lampe est généralement vendu par paquet de 12 ou 24 au rayon photographie des supermarchés. Cela dit, passons au principe de fonctionnement de cette réalisation.

Afin de détecter l'éclair du flash principal, nous utiliserons une cellule photosensible du type LDR, composant qui nous est maintenant familier et dont la principale caractéristique est de présenter une valeur résistive qui est fonction de l'éclairement. Cette cellule est raccordée au pôle positif de l'alimentation par l'intermédiaire d'une résistance.

L'arrivée de l'éclair provoque une brusque chute de la résistance interne de la LDR et, par voie de conséquence, une chute du potentiel du point de jonction entre la cellule et la résistance. C'est cette variation de tension que nous mettrons à profit pour allumer notre ampoule. Cependant, comme elle est trop faible, tant en tension qu'en intensité, pour assurer directement ce déclenchement, on l'amplifiera à l'aide de deux transistors. Le premier agit au niveau de la tension. Notons qu'un condensateur, placé entre la base du transistor et la cellule, permet d'éliminer la composante électrique continue due à la lumière ambiante que reçoit la cellule. Le condensateur ne laisse donc passer que l'impulsion électrique correspondant à l'éclair du flash.

Cette impulsion amplifiée est, ensuite, appliquée à un second transistor. Ce dernier, supportant une puissance supérieure, est utilisé en tant que relais et assure simplement un courant suffisant pour le déclenchement de l'éclairage de l'ampoule. L'alimentation générale du montage est assurée par une simple pile de 4,5 volts pour lampe de poche. Si cette pile est jugée trop encombrante, il est parfaite-

Schéma électrique



R1 = 4,7 kilohms	(jaune, violet, rouge, or)
R2 = 47 ohms	(jaune, violet, noir, or)
R3 = 4,7 kilohms	(jaune, violet, rouge, or)
R4 = 6,8 kilohms	(bleu, gris, rouge, or)
R5 = 47 kilohms	(jaune, violet, orange, or)
R6 = 470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R7 = 220 ohms	(rouge, rouge, brun, or)

C1 = 470 microfarads 12 volts
C2 = 47 microfarads 12 volts
C3 = 4,7 microfarads 12 volts

T1 = 2N 1711
T2 = 2N 3905
LDR = cellule photorésistive
L1 = lampe flash au magnésium
Une douille pour lampe flash
Un réflecteur
Une plaquette de câblage
Une pile 4,5 volts

ment possible de la remplacer, par exemple, par trois petites piles de 1,5 volt montées en série.

La réalisation de ce flash auxiliaire, en raison du petit nombre de composants utilisés et des faibles tensions mises en jeu, est à la portée de tout amateur, même débutant. Il faut cependant prendre soin de bien respecter la polarité des condensateurs chimiques ainsi que le brochage des transistors. De même, il est indispensable de reporter les coupures des bandes conductrices de la plaquette de câblage conformément à notre schéma d'implantation des composants.

En ce qui concerne la douille destinée à recevoir la lampe flash, plusieurs possibilités s'offrent pour sa réalisation. Il est, par exemple, possible de se procurer dans le commerce un flash à très bas prix destiné à recevoir ce type de lampe. On peut alors loger l'ensemble du montage dans son boîtier. Pour

OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

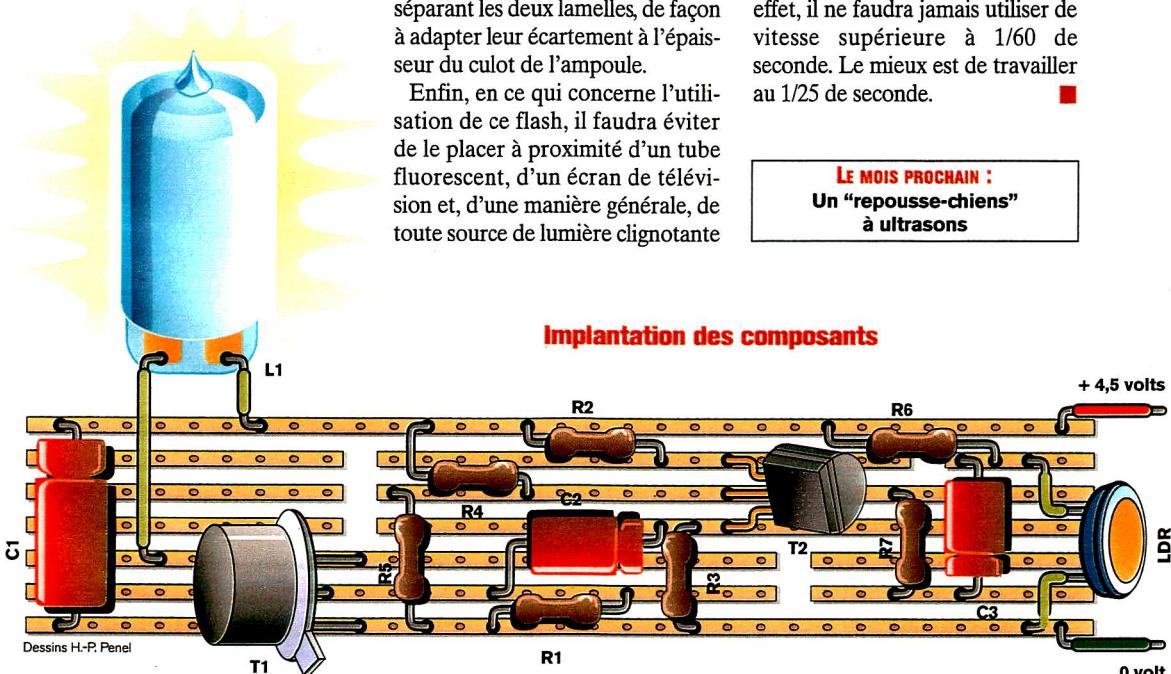
- MAGNETIC FRANCE,
11 place de la Nation, 75011 Paris.
Tél. : 1 43 79 39 88.
 - PENTASONIC, 10 bd Arago,
75013 Paris. Tél. : 1 43 36 26 05.
 - TSM, 15 rue des Onze-Arpents,
95130 Franconville.
Tél. : 1 34 13 37 52.
 - URS MEYER ELECTRONIC,
2052 Fontainemelon, Suisse.
- Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

ou scintillante. En effet, ce type de lumière, par son effet stroboscopique, peut occasionner des déclenchements parasites, la cellule confondant ces variations d'intensité lumineuse avec celle provoquée par le flash. En ce qui concerne sa position par rapport au sujet, pour notre part nous avons obtenu de bons résultats en le plaçant de manière à former un triangle équilatéral avec l'appareil photo, le sujet et notre montage. Cependant si cette disposition est adaptée pour un portrait, par exemple, elle ne l'est pas obligatoirement pour la photographie d'une pièce ou d'un groupe de personnes. Seuls de nombreux essais permettront de déterminer la position s'adaptant le mieux à chaque situation. Enfin, précisons qu'il n'est pas indispensable d'orienter avec précision la cellule de notre flash auxiliaire vers l'appareil photo pour obtenir un déclenchement correct.

Le seul impératif technique concerne la vitesse d'obturation de l'appareil, si elle est réglable. En effet, il ne faudra jamais utiliser de vitesse supérieure à 1/60 de seconde. Le mieux est de travailler au 1/25 de seconde. ■

LE MOIS PROCHAIN :
Un "repousse-chiens"
à ultrasons

Implantation des composants



Dessins H.-P. Penel

INFORMATIQUE amusante

Jouons aux “cadavres exquis”

Tirer des mots au hasard pour former une phrase : telle est la règle du jeu des “cadavres exquis”. C'est exactement ce que fait le petit logiciel que nous vous proposons. Passons donc à son écriture.

Afin que la machine puisse composer une phrase à peu près cohérente, les mots sont classés par type : nom, adjectif, verbe, etc., ainsi que par genre. L'ordinateur se constitue ainsi un “dictionnaire”. Les tableaux de

mémorisation des lignes 100 à 130 sont utilisés pour le classement des mots.

Notre “zone dictionnaire” étant créée, encore faut-il la remplir. Pour cela, deux possibilités sont offertes : saisir une série de mots (opération indispensable lors de la première utilisation du programme) ou utiliser des mots mémorisés sur le disque dur de la machine. Lors de la saisie des

```
10 SCREEN 8: COLOR 14: CLS : RANDOMIZE TIMER
11 REM   ****
13 REM   * Création tableaux de mémorisation *
15 REM   ****
100 DIM NMS$(100):DIM NESS$(100):DIM NMPS$(100):DIM NFPS$(100)
110 DIM AMS$(100):DIM AFSS$(100):DIM AMPS$(100):DIM AFP$(100)
120 DIM VSS$(100):DIM VP$(100):DIM AEC$(10)
130 DATA avec,dans,sous,sur,autour de,et,ou,ù,mais,sans
131 REM   ****
133 REM   * Ecran de début de jeu      *
135 REM   ****
150 LOCATE 10, 20: PRINT "Bonjour ! Binevenue sur Cadex."
160 LOCATE 14, 15: PRINT "Pour m'indiquer de nouveaux mots
taper N."
170 LOCATE 16, 17: PRINT "Pour charger mon dictionnaire
taper D."
180 LET K$=INKEY$:IF K$ <> "n" AND K$ <> "N" AND K$ <> "d"
AND K$ <> "D" THEN GOTO 180
190 IF K$ = "d" OR K$ = "D" THEN GOSUB 9000: GOTO 1300
191 REM   ****
193 REM   * Saisie des mots      *
195 REM   ****
200CLS : Saisie = 1
210 LOCATE 10, 10: PRINT "Commençons par
saisir des noms masculins singulier."
220 LOCATE 14, 10: PRINT "Tapez votre mot puis validez le
par Entrée."
230 LOCATE 16, 10: PRINT "Pour terminer cette saisie taper
directement Entrée."
240 LOCATE 20,17: INPUT "un nom masculin singulier :";
NMS$(Saisie)
250 LOCATE 20, 10: PRINT "Encore"; STRING$(60, 32); CHR$(7)
260 IF NMS$(Saisie) = "" THEN GOTO 300
270 Saisie = Saisie + 1: IF Saisie = 101 THEN GOTO 300
280 GOTO 240
300 Saisie = 1:LOCATE 20,10:PRINT STRING$(60, 32); CHR$(7)
310 LOCATE 10, 10: PRINT "Passons à la saisie des noms
féminins singulier. "; STRING$(10, 32)
320 LOCATE 20, 17: INPUT "un nom féminin singulier :";
NFSS$(Saisie)
330 LOCATE 20, 10: PRINT "Encore"; STRING$(60, 32); CHR$(7)
340 IF NFSS$(Saisie) = "" THEN GOTO 400
350 Saisie = Saisie + 1: IF Saisie = 101 THEN GOTO 400
360 GOTO 320
400 Saisie = 1:LOCATE 20, 10:PRINT STRING$(60, 32); CHR$(7)
410 LOCATE 10, 10: PRINT "Passons à la saisie des noms
masculins pluriel. "; STRING$(10, 32)
420 LOCATE 20, 17: INPUT "un nom masculin pluriel :";
NMPS$(Saisie)
430 LOCATE 20, 10:PRINT "Encore"; STRING$(60, 32); CHR$(7)
440 IF NMPS$(Saisie) = "" THEN GOTO 500
450 Saisie = Saisie + 1: IF Saisie = 101 THEN GOTO 500
460 GOTO 420
500 Saisie = 1:LOCATE 20, 10:PRINT STRING$(60, 32); CHR$(7)
510 LOCATE 10, 10: PRINT "Passons à la saisie des noms
féminins pluriel. "; STRING$(10, 32)
520 LOCATE 20, 17: INPUT "un nom féminin pluriel :";
NFPS$(Saisie)
530 LOCATE 20, 10: PRINT "Encore"; STRING$(60, 32); CHR$(7)
540 IF NFPS$(Saisie) = "" THEN GOTO 600
550 Saisie = Saisie + 1: IF Saisie = 101 THEN GOTO 600
560 GOTO 520
600 Saisie = 1:LOCATE 20, 10:PRINT STRING$(60, 32); CHR$(7)
610 LOCATE 10, 10: PRINT "Maintenant saisie des adjectifs
masculins singulier. "; STRING$(10, 32)
620 LOCATE 20, 17: INPUT "un adjectif masculin singulier :";
AMSS$(Saisie)
630 LOCATE 20, 10: PRINT "Encore"; STRING$(60, 32); CHR$(7)
640 IF AMSS$(Saisie) = "" THEN GOTO 700
650 Saisie = Saisie + 1: IF Saisie = 101 THEN GOTO 700
660 GOTO 620
700 Saisie = 1:LOCATE 20, 10:PRINT STRING$(60, 32); CHR$(7)
710 LOCATE 10, 10: PRINT "Maintenant saisie des adjectifs
féminins singulier. "; STRING$(10, 32)
720 LOCATE 20, 17: INPUT "un adjectif féminin singulier :";
AFSS$(Saisie)
730 LOCATE 20, 10: PRINT "Encore"; STRING$(60, 32); CHR$(7)
740 IF AFSS$(Saisie) = "" THEN GOTO 800
750 Saisie = Saisie + 1: IF Saisie = 101 THEN GOTO 800
760 GOTO 720
800 Saisie = 1:LOCATE 20, 10:PRINT STRING$(60, 32); CHR$(7)
810 LOCATE 10, 10: PRINT "Maintenant saisie des adjectifs
masculins pluriels. "; STRING$(10, 32)
820 LOCATE 20, 17: INPUT "un adjectif masculin pluriel. ";
AMPS$(Saisie)
830 LOCATE 20, 10: PRINT "Encore"; STRING$(60, 32); CHR$(7)
840 IF AMPS$(Saisie) = "" THEN GOTO 900
850 Saisie = Saisie + 1: IF Saisie = 101 THEN GOTO 900
860 GOTO 820
900 Saisie = 1:LOCATE 20, 10:PRINT STRING$(60, 32); CHR$(7)
910 LOCATE 10, 10: PRINT "Maintenant saisie des adjectifs
féminins pluriels. "; STRING$(10, 32)
920 LOCATE 20, 17: INPUT "un adjectif féminin pluriel. ";
AFPS$(Saisie)
930 LOCATE 20, 10: PRINT "Encore"; STRING$(60, 32); CHR$(7)
940 IF AFPS$(Saisie) = "" THEN GOTO 1000
950 Saisie = Saisie + 1: IF Saisie = 101 THEN GOTO 1000
960 GOTO 920
1000 Saisie = 1:LOCATE 20,10:PRINT STRING$(60, 32); CHR$(7)
1010 LOCATE 10, 10: PRINT "Enfin la saisie des verbes au
singulier. "; STRING$(10, 32)
1020 LOCATE 20, 17: INPUT "un verbe au singulier :";
VSS$(Saisie)
1030 LOCATE 20, 10: PRINT "Encore"; STRING$(60, 32); CHR$(7)
1040 IF VS$(Saisie) = "" THEN GOTO 1100
1050 Saisie = Saisie + 1: IF Saisie = 101 THEN GOTO 1100
1060 GOTO 1020
1100 Saisie = 1:LOCATE 20,10:PRINT STRING$(60, 32); CHR$(7)
1110 LOCATE 10, 10: PRINT "Enfin la saisie des verbes au
pluriel. "; STRING$(10, 32)
1120 LOCATE 20, 17: INPUT "un verbe au pluriel. ";
VP$(Saisie)
1130 LOCATE 20,10:PRINT "Encore"; STRING$(60, 32); CHR$(7)
1140 IF VP$(Saisie) = "" THEN GOTO 1200
1150 Saisie = Saisie + 1: IF Saisie = 101 THEN GOTO 1200
1160 GOTO 1120
1161 REM   ****
1163 REM   * Sauvegarde du dictionnaire *
1165 REM   ****
1200 CLS : LOCATE 20, 10: PRINT "Voulez-vous sauvegarder
ce dictionnaire ? (O/N)"; CHR$(7)
1210 K$ = INKEY$: IF K$ <> "o" AND K$ <> "O"
AND K$ <> "n" AND K$ <> "N" THEN GOTO 1210
1220 IF K$ <> "o" AND K$ <> "O" THEN GOTO 1300
1230 OPEN "O", #1, "C:CADEX.DIC"
1240 FOR I = 1 TO 100: WRITE #1, NMS$(I): NEXT I
```

mot, une routine sera chargée de les entrer en mémoire. Chaque fois, la machine précisera le type de mot à composer. Il est possible de mémoriser jusqu'à cent mots différents dans chaque catégorie.

A l'issue de cette saisie, l'ordinateur demande si l'on souhaite sauvegarder ces mots. Si tel est le cas, il effectue une sauvegarde des tableaux sur le disque dur. En cas contraire, il passe directement

à la composition de phrases.

Ici la machine offre le choix entre diverses structures. Lorsque le choix est fait, des mots sont tirés au hasard dans chaque tableau, puis la phrase est affichée à l'écran. Une phrase nouvelle, mais identiquement structurée, est composée à chaque fois qu'on appuie sur la barre d'espace. Pour changer la structure de la phrase, il suffit de taper S.

Enfin, s'il est possible de saisir jusqu'à cent mots de chaque type, il est possible d'en entrer moins. Pour cela il suffit de taper deux fois sur la touche "entrée" après la saisie du dernier mot souhaité. ■

LE MOIS PROCHAIN : Jouons aux capucins

```

1241 FOR I = 1 TO 100: WRITE #1, NMP$(I): NEXT I
1242 FOR I = 1 TO 100: WRITE #1, NFSS$(I): NEXT I
1243 FOR I = 1 TO 100: WRITE #1, NFPS$(I): NEXT I
1244 FOR I = 1 TO 100: WRITE #1, AMS$(I): NEXT I
1245 FOR I = 1 TO 100: WRITE #1, AFPS$(I): NEXT I
1246 FOR I = 1 TO 100: WRITE #1, AMP$(I): NEXT I
1247 FOR I = 1 TO 100: WRITE #1, AFPS$(I): NEXT I
1248 FOR I = 1 TO 100: WRITE #1, VS$(I): NEXT I
1249 FOR I = 1 TO 100: WRITE #1, VPS$(I): NEXT I: CLOSE #1
1251 REM ****
1253 REM * Choix de la structure de la phrase *
1255 REM ****
1300 CLS : FOR I = 1 TO 10: AEC$(I) = "": NEXT I
1310 LOCATE 5, 10: PRINT "Quelle structure de phrase
choisissez-vous ?"
1320 LOCATE 10, 6: PRINT "(1) : Nom - adjetif - verbe -
conjonction - nom - adjetif"
1330 LOCATE 12, 6: PRINT "(2) : Nom - adjetif - verbe -
conjonction - nom - adjetif - verbe"
1340 LOCATE 14, 6: PRINT "(3) : Nom - adjetif - verbe -
nom - adjetif - verbe"; ""
1350 LOCATE 16, 6: PRINT "(4) : Nom - nom - adjetif - verbe"
1360 LOCATE 18, 6: PRINT "(5) : Nom - adjetif - nom -
adjectif - verbe"
1370 LOCATE 22, 10: PRINT "Tapez le numéro correspondant
à votre choix."
1380 K$ = INKEY$: IF K$ = "" THEN GOTO 1380
1390 K = ASC(K$) - 48: IF K < 1 OR K > 5 THEN GOTO 1380
1400 CLS : LOCATE 22, 20: PRINT "C'est parti !": GOSUB 8000
1420 G1 = INT(RND*4): G2 = INT(RND*4): G3 = INT(RND*3):
ART = INT(RND*2): CJ = 1 + INT(RND*10)
1500 GOSUB 3000
1501 REM ****
1503 REM * Affichage de la phrase *
1505 REM ****
2000 CLS :FOR I = 1 TO 10
2060 IF AEC$(I) <> "" THEN PRINT "; AEC$(I);"
2070 NEXT I: PRINT .
2100 LOCATE 10, 10: PRINT "Pour une nouvelle phrase taper
'espace.'"
2110 LOCATE 12, 10: PRINT "Pour modifier sa structure taper
'S.'"
2130 LOCATE 14, 10: PRINT "Pour quitter Cadex vers le Basic
taper 'B'."
2150 K$ = INKEY$: IF K$ = "" THEN GOTO 2150
2160 IF K$ = " " THEN GOTO 1410
2170 IF K$ = "S" OR K$ = "S" THEN GOTO 1300
2180 IF K$ = "B" OR K$ = "B" THEN STOP
2190 GOTO 2150
2191 REM ****
2193 REM * Tirage des mots de la phrase *
2195 REM ****
3000 IF G1 = 0 AND ART = 0 THEN AEC$(1) = "Le"
3010 IF G1 = 0 AND ART = 1 THEN AEC$(1) = "Un"
3020 IF G1 = 1 AND ART = 0 THEN AEC$(1) = "La"
3030 IF G1 = 1 AND ART = 1 THEN AEC$(1) = "Une"
3050 IF (G1 = 2 OR G1 = 3) AND ART = 0 THEN AEC$(1) = "Les"
3060 IF (G1 = 2 OR G1 = 3) AND ART = 1 THEN AEC$(1) = "Des"
3070 IF G1 = 0 THEN AEC$(2) = NMSS$(1 + INT(RND * LNMS))
3075 IF G1 = 1 THEN AEC$(2) = NFSS$(1 + INT(RND * LNFS))
3080 IF G1 = 2 THEN AEC$(2) = NMPS$(1 + INT(RND * LNMP))
3085 IF G1 = 3 THEN AEC$(2) = NFPS$(1 + INT(RND * LNFP))
3090 IF K = 4 THEN AEC$(3) = "et": GOTO 3400
3100 IF G1 = 0 THEN AEC$(3) = AMSS$(1 + INT(RND * LAMS))
3110 IF G1 = 1 THEN AEC$(3) = AFSS$(1 + INT(RND * LAFS))
3120 IF G1 = 2 THEN AEC$(3) = AMP$(1 + INT(RND * LAMP))
3130 IF G1 = 3 THEN AEC$(3) = AFPS$(1 + INT(RND * LAFP))
3140 IF K = 5 THEN AEC$(4) = "et": GOTO 3400
3200 IF G1 = 0 OR G1 = 1 THEN AEC$(4) = VS$(1 + INT(RND * LVS))
3210 IF G1 = 2 OR G1 = 3 THEN AEC$(4) = VP$(1 + INT(RND * LVP))
3300 RESTORE 130
3310 FOR I = 1 TO CJ: READ X$: NEXT I: AEC$(5) = X$
3320 IF K = 3 THEN AEC$(5) = ","
3400 IF G2 = 0 AND ART = 0 THEN AEC$(6) = "le"
3410 IF G2 = 0 AND ART = 1 THEN AEC$(6) = "un"
3420 IF G2 = 1 AND ART = 0 THEN AEC$(6) = "la"
3430 IF G2 = 1 AND ART = 1 THEN AEC$(6) = "une"
3450 IF (G2 = 2 OR G2 = 3) AND ART = 0 THEN AEC$(6) = "les"
3460 IF (G2 = 2 OR G2 = 3) AND ART = 1 THEN AEC$(6) = "des"
3470 IF G2 = 0 THEN AEC$(7) = NMSS$(1 + INT(RND * LNMS))
3475 IF G2 = 1 THEN AEC$(7) = NFSS$(1 + INT(RND * LNFS))
3480 IF G2 = 2 THEN AEC$(7) = NMPS$(1 + INT(RND * LNMP))
3485 IF G2 = 3 THEN AEC$(7) = NFPS$(1 + INT(RND * LNFP))
3500 IF G2 = 0 THEN AEC$(8) = AMSS$(1 + INT(RND * LAMS))
3510 IF G2 = 1 THEN AEC$(8) = AFSS$(1 + INT(RND * LAFS))
3520 IF G2 = 2 THEN AEC$(8) = AMP$(1 + INT(RND * LAMP))
3530 IF G2 = 3 THEN AEC$(8) = AFPS$(1 + INT(RND * LAFP))
3540 IF K = 1 THEN RETURN
3600 IF G2 = 0 OR G2 = 1 THEN AEC$(9) = VS$(1 + INT(RND * LVS))
3610 IF G2=2 OR G2=3 OR K>3 THEN AEC$(9)=VP$(1+INT(RND*LVP))
3700 RETURN
4001 REM ****
4003 REM * Compteur de mots du dictionnaire *
4005 REM ****
8000 LNMS = 0:LNFS = 0:LNMP = 0:LNFP = 0:LAMS = 0:LAFLS = 0
8005 LAMP = 0:LAFF = 0:LVS = 0:LVP = 0
8010 FOR I = 1 TO 100
8020 IF NMSS$(I) <> "" THEN LNMS = I
8030 IF NFSS$(I) <> "" THEN LNFS = I
8040 IF NMPS$(I) <> "" THEN LNMP = I
8050 IF NFPS$(I) <> "" THEN LNFP = I
8060 IF AMSS$(I) <> "" THEN LAMS = I
8070 IF AFSS$(I) <> "" THEN LAFLS = I
8080 IF AMP$(I) <> "" THEN LAMP = I
8090 IF AFPS$(I) <> "" THEN LAFF = I
8100 IF VS$(I) <> "" THEN LVS = I
8110 IF VP$(I) <> "" THEN LVP = I
8120 NEXT I
8130 RETURN
8201 REM ****
8203 REM * Chargement du dictionnaire *
8205 REM ****
9000 CLS : LOCATE 10, 20: PRINT "Chargement du dictionnaire
en cours...""
9010 OPEN "I", #1, "C:CADEX.DIC"
9020 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, NMSS$(I): NEXT I
9021 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, NFSS$(I): NEXT I
9022 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, NMPS$(I): NEXT I
9023 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, NFPS$(I): NEXT I
9024 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, AMSS$(I): NEXT I
9025 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, AFSS$(I): NEXT I
9026 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, AMP$(I): NEXT I
9027 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, AFPS$(I): NEXT I
9028 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, VS$(I): NEXT I
9029 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, VP$(I): NEXT I
9030 CLOSE #1: RETURN

```

BIOLOGIE amusante

Une quadra toujours jeune : la double hélice

L'Eagle est un pub situé près de l'université anglaise de Cambridge. Son ambiance de cénacle universitaire fut brusquement troublée, un jour de 1953, par les cris de Francis Crick : «Nous avons trouvé le secret de la vie !» L'attribution du prix Nobel, neuf ans plus tard, à Francis Crick, James Watson et Maurice Wilkins couronna cette découverte. Le secret de la vie évoqué par F. Crick, c'est la structure de la molécule qui, au cœur de chacune de nos cellules, renferme toutes les informations nécessaires au développement et au fonctionnement d'un être vivant : l'acide désoxyribonucléique (ADN). L'aspect en double hélice de l'ADN nous est aujourd'hui familier et on a un peu oublié en quoi cette découverte fut essentielle.

La structure de la molécule d'ADN fut proposée en 1953, dans une note de la revue scientifique britannique *Nature*. Mais, pour en arriver là, il avait fallu près d'un siècle de recherches, qui débutèrent en 1869 avec un biochimiste suisse, F. Miescher. Chargé d'étudier les cellules du pus, il les traita par la pepsine (enzyme digestive de l'estomac qui détruit les protéines, voir *Science & Vie* n° 917, p. 132). Il isola ainsi une substance encore inconnue qu'il nomma

nucléine, dénomination à laquelle on substitua celle d'acide désoxyribonucléique quand on découvrit qu'il s'agissait d'un acide contenant un sucre, le désoxyribose. Les travaux de Miescher permirent en outre de démontrer que l'acide nucléique contenait du phosphore. Peu de chercheurs s'intéressèrent à cette nouvelle molécule car on ne comprenait pas du tout quel pouvait être son rôle. On put établir cependant qu'elle contenait également quatre éléments de construction, appelés bases azotées (adénine, guanine, thymine, cytosine) ; mais sa structure exacte ne put être élucidée.

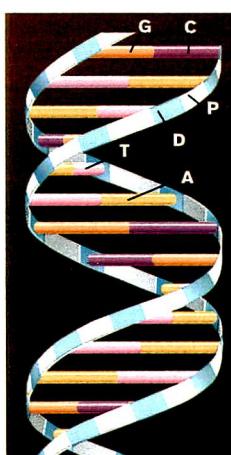
Les recherches reprirent à la suite de travaux démontrant le rôle de cette molécule dans l'hérédité. En 1932, un microbiologiste anglais, Fred Griffith, à la recherche d'un vaccin contre la pneumonie, démontra que des pneumocoques responsables de cette maladie, préalablement tués par la chaleur, pouvaient transmettre certains de leurs caractères, notamment leur virulence, à des souches de pneumocoques ne provoquant pas la pneumonie. De plus, l'acquisition de cette caractéristique devenait héréditaire. Cette découverte était tellement incroyable que Griffith attendit quatre ans avant de publier ses résultats ! Seul

le transfert d'une substance chimique entre des bactéries mortes et des bactéries vivantes pouvait expliquer cette transformation. Ce fut Oswald Avery qui, en 1944, réussit à isoler la substance responsable, l'ADN. Tous les biologistes étaient alors convaincus que la transmission des caractères héréditaires d'une génération à l'autre dépendait des protéines. Aussi, les résultats d'Avery représentaient-ils une véritable révolution conceptuelle et ils susciterent une vague de travaux sans équivalent dans l'histoire de la biologie : on avait découvert la molécule responsable du fonctionnement de chaque espèce et déterminant ses caractéristiques propres.

En somme, c'était la molécule clé de la vie. Les plus grands noms de la recherche s'attelèrent alors à la tâche difficile consistant à établir la structure exacte de cette molécule. Ce travail fut rendu possible par le développement de techniques nouvelles d'investigation. C'est ainsi que, en 1949, Chargaff et Davidson, en utilisant la chromatographie (méthode permettant de séparer les différents composants d'un mélange), purent montrer que tous les ADN étudiés avaient un point commun : il y avait toujours autant de thymine que d'adénine et autant de guanine que de cytosine. Par ailleurs, une nouvelle méthode d'analyse, la cristallographie par diffraction des rayons X, fut appliquée à l'étude de l'ADN par M. Wilkins et R. Franklin, au King's College de Londres, et par L. Pauling et M. Perutz, aux Etats-Unis. Toutefois, les structures proposées alors présentaient toujours quelque défaut les rendant incompatibles avec les données expérimentales. Le grand mérite de Watson et Crick est d'avoir réussi la synthèse des informations fournies par les différentes techniques d'analyse et d'avoir réalisé un modèle moléculaire de l'ADN. Ce modèle fut progressivement amélioré, et c'est ainsi que

Le microfilm de la vie

Dans chaque cellule, on trouve une hélice d'ADN (de 1,50 m). Celle-ci est constituée d'acide phosphorique (P, en blanc), d'un sucre, le désoxyribose (D, en bleu) et de bases azotées (A, T, G, C, en jaune, rose, orange et violet). Les bases vont par paires ; à une base donnée correspond toujours une même autre base : à A correspond T et à G correspond C. Lors de la division cellulaire, l'ADN s'ouvre comme une "fermeture Eclair". Le patrimoine génétique, contenu dans une moitié de l'hélice et exprimé par la séquence des bases, est ainsi intégralement transmis aux cellules filles.



F. Crick put pousser son cri de victoire un jour de mars 1953.

La molécule d'ADN a la forme d'une double hélice. Chaque hélice est constituée par l'enchaînement d'unités de construction appelées nucléotides. Chaque nucléotide comporte un acide phosphorique (P), un sucre (le désoxyribose, D) et l'une des quatre bases azotées, A, T, G, C. Chaque hélice est complémentaire de l'autre car, au centre de la molécule, chaque base d'un nucléotide d'une hélice est liée à une base d'un nucléotide de l'autre hélice. Ainsi, lorsqu'on a sur une héli-

ce un nucléotide contenant T, on ne peut avoir en face, sur l'hélice complémentaire, qu'un nucléotide contenant A. De même, G ne peut se lier qu'avec C. De ce fait, la succession des nucléotides constituant l'une des deux hélices impose celle des nucléotides complémentaires constituant l'autre hélice. Le squelette de chaque hélice est formé par la succession des molécules d'acide phosphorique et de désoxyribose liées entre elles, ces dernières étant elles-mêmes liées à une base.

La découverte de la structure de l'ADN eut des conséquences

considérables. La structure même de la molécule permet de comprendre comment elle peut être recopiée sans erreur, du fait de la complémentarité des bases, et donc être transmise aux deux cellules filles lors de la division cellulaire : ainsi, toutes les cellules de l'organisme contiennent l'ensemble de l'information génétique contenue initialement dans l'œuf.

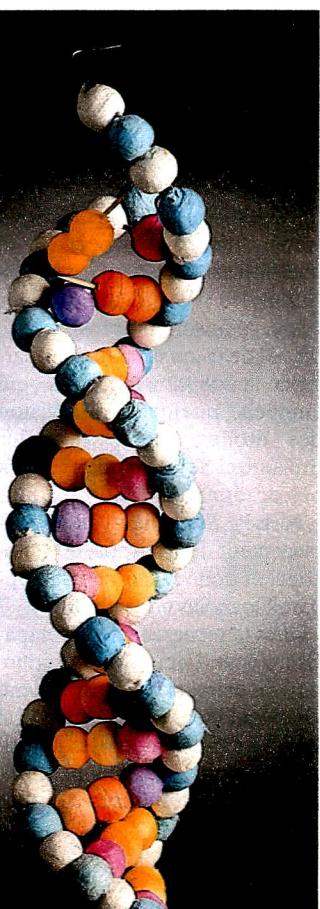
On réussit ensuite à déterminer le procédé de codage permettant à l'ADN de contenir l'information génétique. Cette dernière détermine en premier lieu la fabrication de telle ou telle protéine. Les protéines sont constituées d'un enchaînement d'acides aminés (dont il n'existe que vingt types différents). Un élément de code (codon) est formé de la succession de trois nucléotides, ce qui autorise 64 combinaisons différentes, nombre largement suffisant pour spécifier le langage à vingt mots des protéines.

Enfin, plus récemment, la possibilité d'isoler des gènes, c'est-à-dire des fragments d'ADN responsables de la synthèse de telle ou telle protéine, et de les transmettre d'un organisme à un autre a ouvert la voie à l'ensemble des technologies du génie génétique et devrait permettre à terme le développement de thérapies géniques efficaces pour le traitement des quelque 3 500 maladies génétiques connues. Ces dernières résultent, en effet, d'erreurs dans le programme génétique inscrit dans l'ADN de toutes nos cellules. ■

Construisons un brin d'ADN

Le matériel nécessaire

Fil de fer (récupérable sur un cintre de teinturier), boules de cotillon de six couleurs différentes, cure-dents en bois ou en plastique, colle.



Comment procéder ?

Récupérer sur le cintre deux longueurs de fil de fer rectiligne d'environ 50 cm de long. En utilisant un cylindre de bois, former une spirale régulière avec chaque fil, le pas de l'hélice (répétition du même motif) devant mesurer environ 15 cm. Les deux spirales doivent être aussi identiques que possible. Sur chaque hélice, enfiler en alternance des boules bleues (désoxyribose) et blanches (acide phosphorique), qui représentent le squelette de l'hélice. En utilisant une planchette de bois percée de deux trous écartés de 6 cm, fixer les hélices l'une en face de l'autre. Les bases de petite taille (dites pyrimidiques) seront représentées par une boule (rose pour la thymine et violette pour la cytosine), et les bases de plus grande taille (bases puriques) par deux boules (orange pour la guanine et jaunes pour l'adénine). Enfiler et coller entre elles sur un cure-dent les bases complémentaires (G-C, deux oranges et une violette ; A-T, deux jaunes et une rose). Fixer alors les groupes de deux bases complémentaires sur deux désoxyriboses placées l'un en face de l'autre en collant les pointes du cure-dent dans les trous des boules bleues. Procéder ainsi pour relier deux à deux toutes les boules bleues des deux hélices. Étant donné la dimension des boules, notre modèle est quarante millions de fois plus grand que l'original.

E. Malenanche

UNE PRÉCISION... Les produits nécessaires à l'expérience relative à la bioluminescence (*Science & Vie* n° 916, p. 134) sont disponibles chez Coger, 79 rue des Morillons, 75015 Paris. Tél. : 1 45 33 67 17.

LE MOIS PROCHAIN :
Les empreintes digitales
des molécules

Des grands télescopes pour tous

Depuis que Galilée, en 1609, utilisa pour la première fois une lunette pour observer les astres, les instruments astronomiques n'ont pas cessé de faire des progrès. Ces derniers furent cependant plus lents que ce qu'on imagine.

Dans un premier temps, pour corriger les aberrations chromatiques des objectifs simples des lunettes, on allongea la focale jusqu'à obtenir des appareils de plusieurs dizaines de mètres de long, proprement inutilisables.

Puis, vers 1660-1670, Gregory et Newton mirent au point le télescope à miroir ; mais les difficultés de sa réalisation étaient telles qu'on revint aux lunettes. Il faut dire que ces premiers miroirs étaient en bronze, difficiles à couler et à polir, peu réfléchissants et de mauvaise qualité.

Pourtant, le télescope prendra le pas sur la lunette, mais il faudra attendre pour cela le milieu du XIX^e siècle et les travaux de Foucault sur le miroir en verre argenté. Dès lors, l'ère des

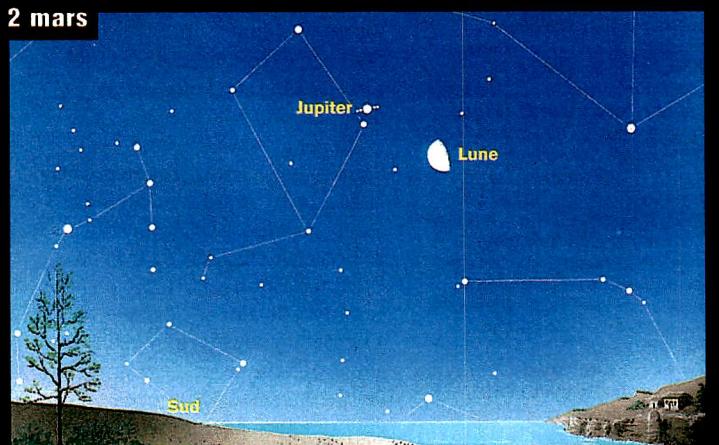
grands instruments modernes pouvait commencer.

Les instruments d'amateur ont peu ou prou suivi cette évolution. Au début, la lunette fut l'appareil le plus utilisé puis, plus tard, ce fut le télescope. Le diamètre des appareils resta cependant modeste, question de budget et, aussi, d'encombrement.

La première évolution notable fut, vers les années cinquante, la parution du livre *la Construction du télescope d'amateur*, de Jean Texereau, qui popularisera le télescope Newton de 20 cm de diamètre, en expliquant en détail la façon de le construire à partir d'éléments faciles à se procurer. La deuxième évolution date de 1973, lorsque les télescopes Schmidt-Cassegrain, conçus et déjà en usage aux Etats-Unis depuis plusieurs années, arrivèrent en France. Le diamètre de ces télescopes est toujours de 20 cm mais ces appareils, grâce à leur combinaison optique particulière, sont très compacts, avec un tube de 50 cm de long, donc faciles à transporter. Cet aspect de la question est important car la pollution des villes augmente sans cesse, réduisant la transparence du ciel de façon notable, sans parler de la pollution lumineuse, qui empêche quelquefois la vision des étoiles, même les plus brillantes ! Seule solution : se déplacer dans des endroits plus favorisés. Seulement, qui dit déplacement dit transport du télescope, et donc recherche de l'appareil le moins encombrant.

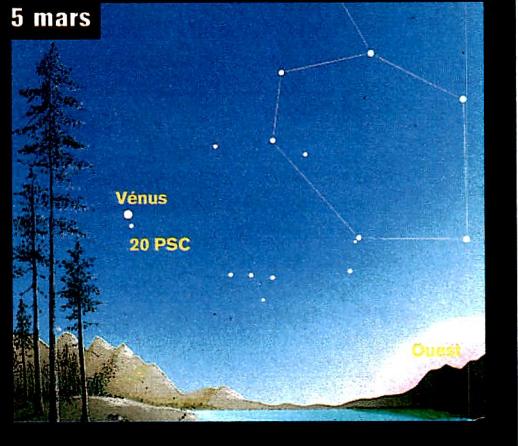
Dans la recherche de la compacité, l'écueil peut être la réduction du diamètre de l'instrument. Or, il faut bien reconnaître que, si les instruments modestes autorisent des observations passionnantes aux débutants, seul un

2 mars



Desin M. Roux-Sagel

5 mars



Les rendez-vous du mois

Le 2 mars

La Lune et Jupiter sont en conjonction vers 6 h légales.

Le 5 mars

En soirée, Vénus se trouve à moins de 22' de l'étoile 20 PSC (magnitude 5,6).

grand diamètre apporte la solution pour progresser rapidement et observer des milliers d'amas, de nébuleuses ou de galaxies. Alors, se repose à nouveau le problème du transport, auquel s'ajoute celui de la mise en station équatoriale.

En effet, un instrument puissant, donc destiné à l'observation d'astres faiblement lumineux, doit être équipé d'une monture équatoriale, parfaitement mise en station, c'est-à-dire réglée pour permettre de trouver les objets grâce aux cercles de position. La précision de ce réglage était jusqu'à présent incompatible avec un déplacement fréquent de la monture.

Les choses se sont améliorées avec la création du viseur polaire. Cette astucieuse petite lunette de visée graduée se place dans l'axe polaire de la monture et permet un alignement précis sur le pôle céleste en quelques minutes. Néanmoins, beaucoup d'amateurs rencontraient des difficultés dans la manipulation des cercles de coordonnées. Là aussi, une réponse est apparue avec les cercles numériques (*Science & Vie* n° 912, p. 150), permettant à la fois une mise en station approximative de la monture et une visualisation directe des coordonnées, voire un pointage direct des astres mémorisés dans l'ordinateur de bord.

L'étape suivante a été franchie

Il y a quelques mois, avec des télescopes d'amateur de grand diamètre, à cercles numériques et parfaitement transportables. C'est un amateur américain, disc-jockey de son état, qui s'est lancé dans cette aventure et qui, depuis, se consacre entièrement à la fabrication de ces télescopes avec la société créée à cet effet : JIM'S Mobile Inc. Ces instruments sont directement inspirés des télescopes professionnels mis

au point ces dernières années.

Le premier, le NGT 18 (ci-dessous), est un télescope Newton de 460 mm de diamètre et de 2 000 mm de focale. Le miroir, de type mince, est supporté par un bâillet à neuf points évitant les déformations de l'optique.

Le tube fermé classique est remplacé par une structure "serrurier", c'est-à-dire à barres métalliques ; celles-ci assurent la jonction entre la cellule principale, qui contient le miroir, et le "nez" du télescope, qui supporte le miroir secondaire. Afin d'assurer un confort maximal à l'observateur et de lui éviter des positions d'observation acrobatiques, l'ensemble miroir secondaire et porte-oculaire est mobile sur 360° et, par simple rotation, on amène l'oculaire à l'endroit souhaité. La mise au point est faite avec la raquette de commande, qui agit sur un moteur électrique ; ainsi, aucune manipulation directe sur le télescope ne peut être source de vibrations ! Cette raquette comprend, en outre, la manœuvre des moteurs d'entraînement et de correction et elle est prévue pour être couplée directement à un dispo-

sitif de guidage automatique.

La monture est particulièrement novatrice pour l'amateur. C'est la copie de celle du télescope australien de 3,6 m (à Siding Spring Mountain), de type fer à cheval, et présente l'avantage d'être très basse, ramenant le centre de gravité pratiquement au ras du sol. Il en découle une grande stabilité et une hauteur maximale d'observation compatible avec un individu moyen. L'entraînement horaire, par friction, élimine les engrenages, source d'erreurs périodiques, et la roue principale, de 91 cm de diamètre, assure une grande précision de suivi. Ajoutons que les ▶



Monté, démonté, en dix minutes !

Le NGT 18 :
un "amateur" doté
d'une monture
similaire à celle du
grand télescope
australien de Siding
Spring Mountain.

Y. Delaye



suite de la page 143

vitesse sidérale et lunaire sont programmées et que l'ensemble est équipé de cercles numériques, version NGC Max, avec plus de 12 000 objets en mémoire !

Le plus surprenant est que l'ensemble se monte et se démonte en moins de dix minutes, chaque élément pouvant être transporté par une seule personne, bien que le télescope assemblé avoisine les 100 kg. L'alimentation est assurée par une batterie incorporée, qu'il suffit de recharger sur le secteur tous les deux ou trois mois.

Depuis peu, ce géant pour amateur est détrôné par un autre télescope mis au point par JIM'S Mobile, le NTT 25. Il s'agit, là encore, d'un télescope Newton,

mais de 635 mm de diamètre et 3,17 m de focale. Pour conserver une certaine compacité, ce Newton est équipé de deux miroirs secondaires plans, ce qui limite le tube à 223 cm de long. Le principe général du NTT reste celui du NGT : miroir mince, bâillet multipoint, tube "serrurier", démontage et assemblage faciles par une seule personne, cercles numériques NGC Max, etc.

Son originalité réside dans la monture, qui est de type azimutale ! Sur le plan mécanique, c'est la meilleure solution, pas de problème d'équilibrage ou de porte-à-faux. Sur le plan astronomique, cela peut sembler un retour en arrière car le suivi d'un

astre devient problématique. C'est oublier que la plupart des télescopes professionnels de grand diamètre sont aussi en monture azimutale ; seulement, l'informatique vient au secours de la mécanique. C'est le cas avec le NTT 25.

L'ordinateur de bord commande les moteurs des deux axes du télescope pour assurer un suivi parfait, autrement dit compenser le mouvement de rotation terrestre comme le fait une monture équatoriale traditionnelle. Le seul inconvénient avec cette solution est que, au fil de l'observation, l'image tourne dans le champ de vision. Visuellement, cela n'est pas gênant, ce mouvement étant très lent. En revanche, si l'on souhaite faire des photographies, c'est inadmissible. Le porte-oculaire du NTT est donc équipé d'un moteur, en plus de celui qui assure la mise au point, pour faire tourner l'ensemble en sens inverse de la rotation apparente du champ ; la photographie est alors possible.

L'amateur dispose maintenant de télescopes qui, par leur diamètre, auraient été considérés comme des géants par les astronomes du XVII^e siècle et qui, par leur technologie, auraient fait rêver bien des professionnels du début du XX^e ! Souhaitons que la pollution lumineuse se limite et régresse pour permettre à leurs heureux propriétaires de tirer tout le parti possible de ces grands yeux ouverts sur l'infini. ■

SCIENCE & VIE VOUS INFORME :

Renseignements sur les télescopes NGT et NTT auprès de la Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris.

LE MOIS PROCHAIN :

Testez votre ciel et votre vue

Lunettes et télescopes

Le débutant confond souvent lunette et télescope. Ils correspondent pourtant à des systèmes optiques différents.

Rappelons tout d'abord le rôle d'un instrument astronomique. La lumière que les astres nous envoient est bien trop faible pour être perceptible à l'œil nu ; seuls quelques milliers d'étoiles sont visibles, ainsi que cinq planètes. Il faut donc capter plus de lumière que ne le fait notre œil et la concentrer en une image qu'on pourra alors observer en détail. Lunette et télescope sont conçus dans ce but.

La lunette utilise un objectif pour capter la lumière. Celui-ci est composé de deux lentilles de formes et de compositions différentes pour donner une image la plus fidèle possible. La réalisation d'un objectif est une chose délicate, surtout pour des diamètres importants. C'est la raison pour laquelle les opticiens se sont attachés à mettre au point une solution plus facile et moins onéreuse, tout en conservant les impératifs de qualité.

Cette solution, c'est le télescope. La collecte de la lumière est réalisé non pas par un objectif, mais par un miroir. Sa surface est légèrement concave, revêtue d'une substance réfléchissante, très mince, en général de l'aluminium. Ce miroir concave réfléchit la lumière en formant une image qu'on peut alors observer.

Il existe différents types de télescopes. Celui de Newton utilise un second miroir plan pour renvoyer l'image sur le côté du tube ; celui de Cassegrain se caractérise par un second miroir convexe qui, en quelque sorte, agrandit

une première fois l'image.

La pièce optique au travers de laquelle l'œil examine l'image est appelée oculaire. Ne confondez plus, et rappelez-vous : la lunette, c'est un objectif à l'avant du tube, tourné vers "l'objet" ; le télescope, c'est un miroir au fond du tube et, pour grossir, un oculaire qui, comme son nom l'indique, est placé devant l'œil.

Dernier détail, certains em-

ballages de lunettes d'amateurs portent l'inscription "télescope" ! Est-ce une erreur ? Pas exactement ; c'est une mauvaise traduction d'un mot anglais : dans cette langue, en effet, *telescope* désigne indifféremment l'un ou l'autre des appareils. Pour être plus précis, on ajoute alors le terme de *refractor* dans le cas de la lunette, car la lumière est réfractée par l'objectif, et de *reflector* dans le cas du télescope, puisque le miroir réfléchit la lumière.

Le rendez-vous des débutants

Jupiter

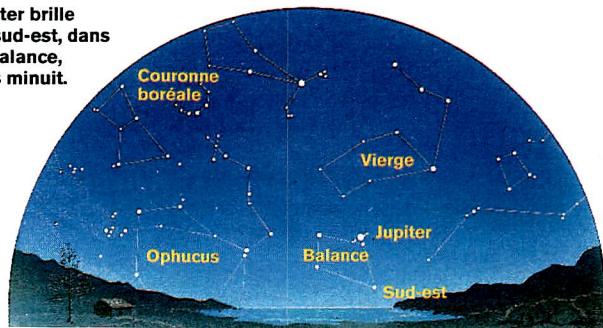
Jupiter est la cinquième planète du système solaire en partant du Soleil. Elle gravite sur une orbite située en moyenne à 778 millions de kilomètres de celui-ci et met onze ans et trois cent quatre-vingt jours à la parcourir. Son diamètre équatorial de 142 796 kilomètres, soit plus de onze fois celui de la Terre, en fait la plus grande des planètes, ce qui lui vaut le surnom de planète géante.

Pour l'amateur, c'est un sujet d'observation privilégié. De par son diamètre, on la voit facilement avec les instruments les plus modestes. Ainsi, une simple paire de jumelles d'un grossissement de 8 à 10 permet déjà de voir le disque planétaire. Une petite lu-

nette montre son aplatissement. Ce n'est pas un effet d'optique ; Jupiter est bel et bien aplatie, son diamètre polaire étant inférieur de près de 9 000 km à son diamètre équatorial ! Cela est dû au fait que la planète, constituée de gaz, tourne très vite sur elle-même (en moins de dix heures).

Il faut commencer à observer Jupiter dès ce mois-ci. On la repère aisément, grâce à son éclat, vers minuit au sud-est, près de l'étoile Alpha de la Balance. Les conditions d'observation vont s'améliorer au fil des semaines et, le mois prochain, elles seront idéales. Jupiter sera alors opposée au Soleil, c'est-à-dire au plus près de la Terre.

Jupiter brille au sud-est, dans la Balance, vers minuit.



Tableaux de maîtres

Un champion calcule-t-il mieux qu'un amateur ? Sans aucun doute. Mais sa supériorité dans le domaine de la tactique réside bien davantage dans son expérience. Pour parler comme les chercheurs en intelligence artificielle, il est particulièrement efficace dans la «reconnaissance des formes». C'est-à-dire qu'au-delà des détails, il sait identifier dans une position des motifs caractéristiques. Notamment les «tableaux de mat» élémentaires, que tous les débutants connaissent, mais qu'ils ne voient pas toujours lorsqu'ils se présentent.

L. Portisch - B. Gulko (Suisse, 1993)

- | | |
|--------------|------------|
| 1. d4 | d6 (a) |
| 2. c4 | e5 |
| 3. ♜f3 (b) | e4 |
| 4. ♜g5 | f5 |
| 5. ♜c3 | c6 |
| 6. ♜h3 | ♜a6 |
| 7. g3 | ♝e7 |
| 8. ♜g2 | ♜f6 |
| 9. 0-0 | 0-0 |
| 10. f3 (c) | ♜c7 |
| 11. fxe4 | fxe4 |
| 12. d5 (d) | b5 |
| 13. dxc6 | bxcc4 |
| 14. b3 | ♝e8 |
| 15. ♜f2 (e) | ♝xc6 |
| 16. ♜ce4 | d5 (f) |
| 17. ♜xf6+ | ♝xf6 |
| 18. ♜a3! (g) | ♜d8 (h) |
| 19. ♜c1 (i) | ♝a6 (j) |
| 20. ♜b4 | ♝xa2? (k) |
| 21. ♜e4! (l) | ♝e5 (m) |
| 22. ♜c3! | ♝a6 (n) |
| 23. ♜xd5! | ♝xd5?? (o) |
| 24. ♜xd5+!! | |
- Les Noirs abandonnent (p).

(a) Les Noirs ne s'opposent pas à l'occupation du centre par les Blancs (après 2. e4), mais préparent la contre-offensive par 2... e5. Ici, les Blancs vont choisir de rentrer dans une partie anglaise.

(b) Menace 20. bxc4 puisque le pion d5 est cloué par le Fou g2.

(c) Attaque le Fou a3 mais, surtout, soustrait la Dame à l'action du Fou g2.

(d) Les Noirs devaientachever leur développement par 20... ♜e6 défendant une fois de plus le pion d5 et parant un ultérieur échec sur la diagonale a2-g8 d'une part, mettant les Tours en communication d'autre part. Il est toujours étonnant de voir un grand maître de premier plan succombant à une gourmandise coupable dont on avertit le débutant dès les premières leçons !

(e) Et voici la réfutation ! Le Cavalier est imprenable à cause du mat envisagé à la note (h) : 21... dxe4?? 22. ♜xd8+! ♜xd8 23. ♜f8 mat.

(f) On remarquera la manœuvre symétrique des Cavaliers blanc et noir qui ont dû s'exiler un moment à la bande (h3 et a6) pour venir occuper une position d'où ils contrôlent une case centrale capitale (e4 et d5).

(g) Conteste la belle position centrale du Cavalier blanc mais surtout tente de colmater la diagonale h1-a8 où le Fou g2 vise la Dame c6 et la Tour a8.

(h) Soustraire la Tour a1 de l'attaque du Fou f6 en la déplaçant en b1 serait une grave perte de temps. A présent, l'échange 18... ♜xa1 19. ♜xf8 serait très favorable aux Blancs car ils auraient gagné le contrôle de la colonne f.

(i) A présent, les Blancs ont certainement déjà à l'esprit le

tableau de mat où la Tour d8 a quitté la dernière rangée et où le Cavalier blanc f3 et le Fou noir f6 ont disparu : ♜f8 mat !

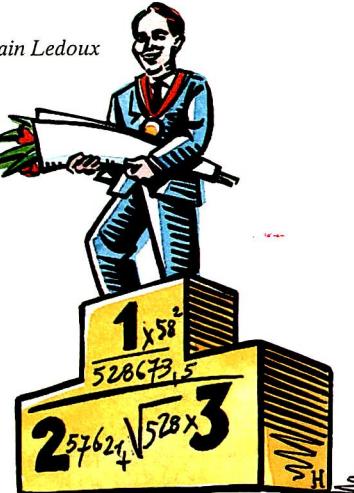
(j) Menace 20. bxc4 puisque le pion d5 est cloué par le Fou g2.

(k) Les Noirs devaientachever leur développement par 20... ♜e6 défendant une fois de plus le pion d5 et parant un ultérieur échec sur la diagonale a2-g8 d'une part, mettant les Tours en communication d'autre part. Il est toujours étonnant de voir un grand maître de premier plan succombant à une gourmandise coupable dont on avertit le débutant dès les premières leçons !

(l) Et voici la réfutation ! Le Cavalier est imprenable à cause du mat envisagé à la note (h) : 21... dxe4?? 22. ♜xd8+! ♜xd8 23. ♜f8 mat.

(m) Il n'est pas question de permettre 22. ♜xf6+.

(n) Après 22... ♜e5 23. ♜xc3, la domination des Blancs est totale. Mais les



Noirs n'avaient pas vu la suite.

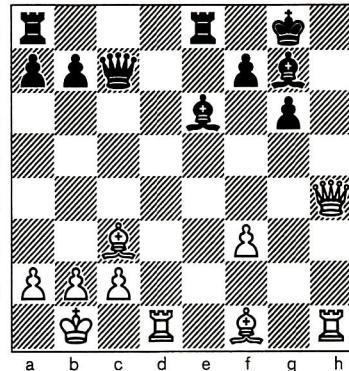
(o) Ici, ils devaient tenter de résister avec un pion de moins après 23... ♜g4. Revenons à la note (h) : le Fou f6 et le Cavalier f2 ont déjà quitté la colonne f. Il ne reste plus qu'à déloger la Tour d8 de la dernière rangée. C'est facile... quand on a reconnu le tableau final !

(p) Le tableau apparaît après 24... ♜xh5 25. ♜f8 mat et, bien sûr, il n'y a plus d'espoir après 24... ♜e6 25. ♜xe5.

La solution du n° 917

1. ♜xh5+ ♜g8 (ou 1... gxh5)
2. ♜g7 mat) 2. ♜h8+ ♜xh8
3. ♜h6+ ♜g8 4. ♜g7 mat.

A vous de jouer !



La solution... dans le prochain numéro !

Avez-vous reconnu le tableau du mat avec Tour et Fou ? Alors, c'est très facile. Les Blancs jouent et font mat en deux coups.

Anagrammes et miroirs

Les miroirs inversent les images et les anagrammes mêlent les lettres. Mais, puisque ici, nous nous soucions davantage d'arithmétique, pourquoi ne pas appliquer ces effets perturbateurs aux chiffres ? Voilà qui ne va pas manquer de réserver des résultats surprenants, comme en témoignent les quelques exemples que nous vous proposons...



Opérations anagrammes

$$\begin{aligned} 906 \times 21 &= 19\,026 \\ 930 \times 15 &= 13\,950 \\ 651 \times 24 &= 15\,624 \end{aligned}$$

Les trois multiplications ci-dessus présentent une particularité évidente : les cinq chiffres de gauche constituant le multiplicande et le multiplicateur se retrouvent dans la partie de droite, le résultat, mais disposés dans un ordre différent.

Ces exemples ne sont pas les seuls. Il en existe beaucoup d'autres. Mais la somme des cinq chiffres concernés, tous

différents, ne peut prendre que cinq valeurs distinctes. En dehors de la valeur 18, somme des cinq chiffres de nos trois exemples, quelles sont les quatre autres valeurs possibles et, pour chacune d'elles, saurez-vous trouver un exemple qui l'illustre ?

Division miroir

$$\begin{array}{r} AB \quad BA \\ \hline B \quad B \end{array}$$

A et B représentent deux chiffres différents et la division ci-dessus est juste. Que valent A et B ?

Multiplications miroirs

$$\begin{array}{r} 682 \quad 286 \\ \times 39 \quad \times 93 \\ \hline \end{array}$$

$$682 \times 39 = 286 \times 93 = 26\,598.$$

Cet exemple n'est pas unique. Saurez-vous retrouver toutes les multiplications du type :

ABC x DE = ED x CBA, où A, B, C, D et E représentant cinq chiffres différents non nuls ?

Voici un petit conseil pour vous mettre sur la voie : essayez d'abord de retrouver une première relation simple entre A, C, D et E, puis une seconde entre A, B et C.

**Les solutions...
dans le prochain numéro !**

Les solutions du n° 917

Nombre autoréférent : 2100020006.

Les deux solutions de la grille ②

7	3	8	6	0
1	2	7	0	0
3	1	1	1	1
1	1	4	3	0
0	6	6	0	9

7	2	8	6	0
3	2	7	0	0
2	1	1	1	1
1	1	4	3	0
1	5	6	0	9

Grille ③

6	4	0	1	0
1	0	0	3	0
3	1	3	8	1
2	1	9	4	5
1	6	6	0	6

Grille ④

4	1	4	4	1
3	1	2	5	5
2	0	7	6	0
5	2	4	9	9
3	4	0	1	0

OPTIQUE

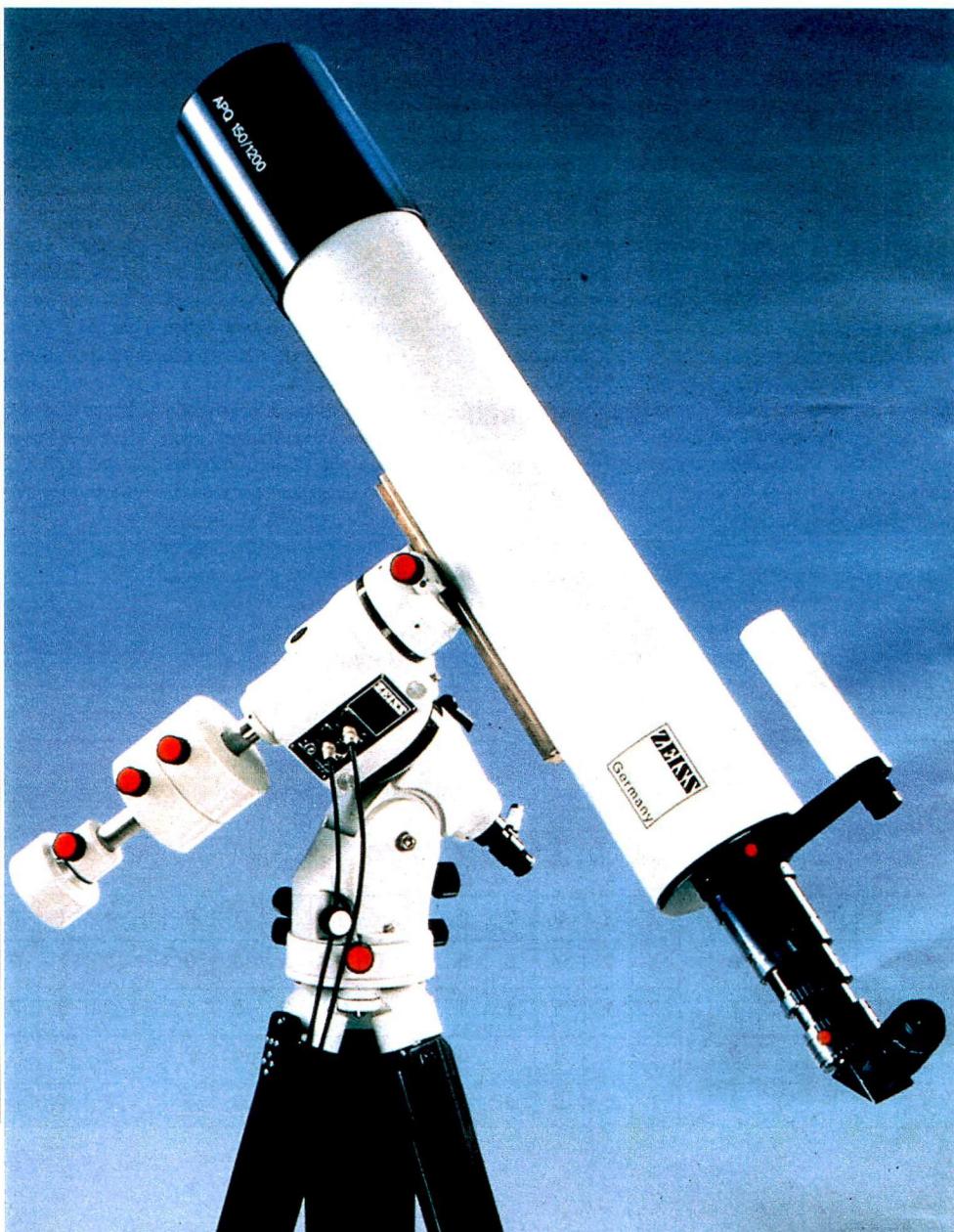
Films d'huile dans une lunette astronomique ▼

Pour obtenir des observations astronomiques d'une haute pureté, avec des images contrastées montrant les plus fins détails des planètes, la firme Zeiss vient de créer la gamme des objectifs APQ.

Une lentille en fluorine à surfaces asphériques assure une correction très poussée des aberrations sphériques et chromatiques. Celle-ci étant fragile, elle est encadrée par deux autres lentilles. Et, pour éliminer les pertes de lumière

dues à la succession des surfaces air-verre, Zeiss a remplacé l'air entre les trois lentilles par un film d'huile. Ainsi, seules les deux surfaces externes sont des surfaces air-verre. Ces caractéristiques permettent en outre

d'obtenir de grands rapports d'ouverture, jusqu'à 1 : 6. Quatre lunettes APQ sont ainsi proposées (de 640 à 1 200 mm). Elles sont destinées aux astronomes amateurs et professionnels. A partir de 30 000 F.



Dirigé par
Roger
Bellone

AUDIOVISUEL

Une table d'effets spéciaux ▶

Dérivée d'un matériel professionnel, la table Panasonic WJ-AVE 7 met à la portée des amateurs de montage vidéo la réalisation de nombreux effets spéciaux numériques dans huit couleurs : incrustation d'image, peinture, inversion négatif/positif, effet stroboscopique, gel d'image, défilement, mixage, superposition, fondu, image dans l'image et corrections de couleurs. Cette table offre une résolution de qualité S-VHS (380 points par ligne). On peut brancher trois sources vidéo (deux magnétoscopes et une caméra extérieure)

et quatre sources audio (par exemple, magnétophone, lecteur de disque compact, étage son d'un caméscope et micro), dont le niveau peut être réglé individuellement grâce à des potentiomètres.

Outre 96 effets de volet, il est également possible d'obtenir différents mixages d'images dont l'effet d'incrustation de luminance, Luminance Key, qui permet d'incruster une image (personnage, paysage...) dans un cache (ayant, par exemple, la forme d'un trou de serrure ou de cercles de jumelles) filmé

sur un fond noir ou blanc. Pour permettre des fondus réguliers ou des transitions douces, d'une image à une autre, la WJ-AVE 7 est équipée de deux touches de commande automatique : Auto Take et Auto Fade. La durée de la transition ou du fondu peut être programmée sur un laps de temps allant de

zéro à huit secondes. Les opérations peuvent aussi se faire manuellement grâce à un potentiomètre placé au centre de l'appareil. Ces fonctions permettent enfin de synchroniser les fondus d'image aux fondus sonores, avec contrôle grâce à un casque d'écoute à niveau réglable, connectable en façade. 16 990 F. F.B.



▼ Zoom de projecteur grand angle et lumineux

Les spécialistes le savent, il est très difficile de trouver un objectif de projection à focale variable très lumineux et de bonne qualité en position grand angle. L'opticien allemand ISCO vient de réaliser un tel zoom pour les projecteurs SIMDA : ouvert à 1 : 2,8, il couvre les focales de 40 à 90 mm. Mais son prix est probablement le plus élevé du marché : près de 12 000 F.

P.S.

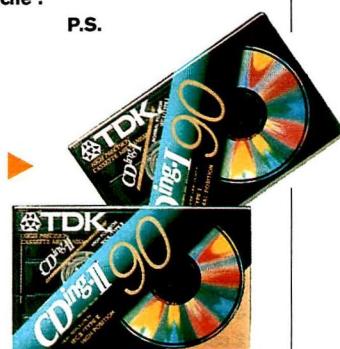


Des cassettes conçues pour la copie des CD ▶

Une étude de la firme japonaise TDK portant sur 115 CD a montré que ces disques se répartissent dans trois catégories de durée (48 % de 30 à 50 minutes ; 24 % de 50 à 60 minutes ; 28 % de plus de 60 minutes). TDK a alors calculé la longueur optimale de

bande magnétique à monter dans de nouvelles cassettes audio (C Ding) en fonction de ces catégories, pour permettre les copies d'un ou deux disques complets. La gamme C Ding comporte donc des cassettes de 60, 90 et 100 minutes

dans deux types de bandes, normal et chrome : ● C Ding I normal pour les magnétophones les plus simples. De 36 F à 49,50 F. ● C Ding II (chrome) pour les magnétophones hi-fi possédant le réglage Cr 02. De 39 F à 54 F. F.B.





▲ La couleur dans le viseur de votre caméscope

Dans sa gamme de caméscopes de voyage, Sony propose le CCD-TR 353, modèle 8 mm très compact (11 x 11 x 18 cm et 750 g). Pour permettre des prises de vues lorsqu'il n'y a pas suffisamment de recul (petits appartements, rues étroites...) le zoom 1,6/6,2 - 62 mm a été

doublé d'une position grand angle (1 : 4,4 mm) qui procure un champ comparable à celui d'un objectif de 32 mm en photo 24 x 36. Ce zoom est en outre utilisable en position macro pour la prise de vues rapprochée. Le viseur procure une image en couleurs

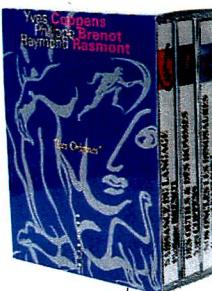
de grande résolution (un modèle, le CCD 323, est équipé seulement d'un viseur noir et blanc). Le son est enregistré en FM et en stéréophonie. Les autres caractéristiques de ce caméscope sont des plus classiques : capteur CCD de 320 000 pixels, autofocus, obturations électroniques de 1/50 à 1/4 000 s, exposition et balance de blanc automatiques, effets de fondu audio et vidéo, insertion de séquences et télécommande. **7 990 F.**

▼ Conférences sur cassettes compactes

Une firme, Dictys, a lancé une édition de conférences (collection "Les origines") sur cassettes audio. La dernière série comprend des exposés d'Yves Coppens (*Des outils et des hommes*, durée

57 minutes), de Raymond Rasmont (*Nos oncles les dinosaures*, durée 52 minutes) et de Philippe Brenot (*Naissance du langage*, durée 55 minutes).

229 F le coffret contenant les trois cassettes.



▼ Quatre appareils audio dans un combiné



Vous souhaitez une chaîne sonore compacte et transportable ? Radiola vous propose son ensemble RD 6050 abritant dans un seul boîtier de 42 cm de long et 14 cm de haut un tuner, une platine à cassette, un lecteur de disque compact et un amplificateur de 25 W de puissance.

Deux haut-parleurs et un microphone sont également intégrés. Une prise permet de brancher un casque pour une écoute discrète. Le tuner reçoit les gammes PO, GO, FM stéréo, et le lecteur CD possède une mémoire pour la programmation de vingt plages. **900 F.** S.F.

▼ Un télescope pour la photo rapprochée

Dernier-né des objectifs macro de Nikon, l'AF Micro-Nikkor 4/200 mm IF-ED permet de photographier jusqu'au rapport 1 : 1 à 0,50 m du sujet. Utilisant des verres à faible dispersion (ED) et une mise au point par lentilles flottantes à l'intérieur de la monture (la longueur de l'objectif reste constante), ce Micro-Nikkor procure des images de définition élevée.

13 760 F.





▲ Un magnétoscope 8 mm et aussi VHS

En vidéo, l'incompatibilité est totale entre les appareils VHS et 8 mm, ce qui est bien gênant lorsqu'on possède un magnétoscope VHS et un caméscope 8 mm. En fait, si on ne veut pas l'utiliser systématiquement en lecture (le caméscope n'est qu'accessoirement conçu pour cela) ou si on souhaite réaliser un montage, il faut transférer le programme

8 mm en VHS. Pour faciliter cette opération, le constructeur coréen Golstar vient de commercialiser le magnétoscope double platine RDD-15. En façade, côté gauche, une platine reçoit la cassette 8 mm. Côté droit, une platine VHS "classique" continue à lire fidèlement et à enregistrer toutes les cassettes VHS. Les

deux formats peuvent travailler ensemble et la platine VHS peut copier tout enregistrement 8 mm. Le RDD-15 est par ailleurs un magnétoscope de montage très complet : PAL/SECAM, bivitesse, quatre têtes vidéo, titrage, télécommande intégrant le Show View (programmation des émissions TV à enregistrer par simple

mémorisation de son numéro publié dans la presse), mémorisation de quatre-vingt chaînes, programmation de huit enregistrements sur un an... L'appareil possède encore une tête d'effacement volante, un ralenti à allure variable, une indexation des enregistrements, le doublage son et une finesse d'image réglable. 6 900 F. Par ailleurs, l'allemand Loewe vient de lancer un magnétoscope similaire (OC 2508M) mais pour trois standards : 8 mm, Hi-8 et VHS. 8 490 F. P.S.

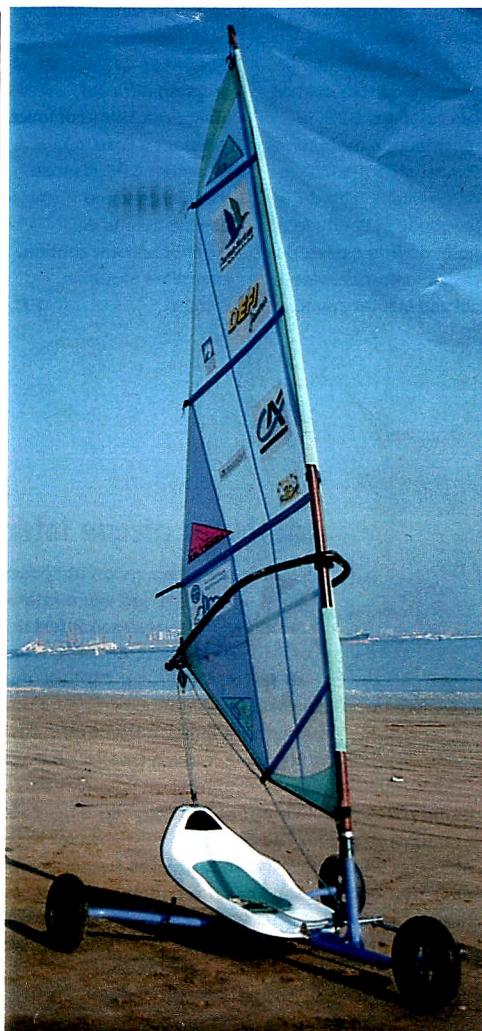
SPORT ET LOISIRS

Mettez un char à voile ▶ dans votre voiture

Imaginez un char à voile se logeant dans une Twingo ou une AX et se montant en un clin d'œil sans l'aide d'outils ! C'est le cas du Beach-Sail. Il fonctionne avec un gréement aussi bien de planche à voile que de char à voile. Son châssis, en acier traité et peint par poudrage époxy, se compose de deux parties, le timon et l'essieu arrière, démontables grâce à deux molettes. Sa conception en fait un engin utilisable sur tout type de surface de roulage (sable, herbe, surface en dur). Son

utilisation ne nécessite aucune connaissance technique ou sportive particulière. La sécurité est accrue par un renforcement des parties mécaniques les plus sollicitées et par l'utilisation d'inox pour toutes les pièces de friction. Contrairement au char à voile classique, le Beach-Sail fonctionne avec très peu de vent, à partir de force 2 ; son entretien se réduit à un simple rinçage à l'eau douce. Renseignements auprès de Sport'Ever à La Rochelle, au 16 46 67 50 02.

8 990 F. S.F.



Prenez la mer avec votre ordinateur

Stentec BV, spécialisé en mécanique des fluides, propose un simulateur de bateau sur ordinateur, *Sail Simulator 12*, qui risque de faire avaler leur chique à bien des loups de mer. Celui-ci permet en effet d'apprendre les techniques de base de la plaisance, à voile ou à moteur. Le joueur choisit sa zone de navigation (Pas-de-Calais, Barbades...), les conditions météo, son bateau (Dragon, Laser, bateau à moteur de type 2002...) et le nombre et le poids des membres d'équipage. Il se retrouve ensuite à bord, paré à la manœuvre. Les réactions enregistrées sont très proches de celles d'un voilier réel. Il suffit pour s'en convaincre de se déplacer dans le bateau et de constater l'influence de la répartition des masses. *Sail Simulator* est livré avec une manette pourvue, entre autres, d'une barre et d'un levier pour commander l'écoute de grand-voile ou régler la puissance du moteur. **760 F.**

O.C.

Boussole de la seconde génération ▶

Grâce au réseau de satellites GPS (Global Positioning System), navigateurs et voyageurs peuvent obtenir à tout instant leur position. Ainsi, utilisant les signaux diffusés en permanence par cinq de ces satellites GPS, le récepteur de navigation Panasonic KX-5500 détermine la latitude, la longitude et l'altitude du point où il se trouve. Doté d'un microprocesseur, il calcule instantanément

une position avec une précision de 100 m. L'utilisateur peut entrer jusqu'à 99 repères de balisage et programmer neuf itinéraires. Ultra-compact, résistant à l'eau, ce récepteur GPS dispose d'une autonomie de cinq heures en fonctionnement continu, avec piles alcalines. **6 000 F.**

F.C.



A voir

Notre Univers est relativiste : c'est la faute à Einstein. En moins d'une heure, le lundi 28 février à 19 h 30 sur Arte, le film *Infiniment courbe* nous en donne la clé. A ne pas manquer.

Astérix sur disque interactif

De bande dessinée, qu'on lit "passivement", Astérix est devenu jeu vidéo interactif. Pathé Interactive, Infogrammes Intertainment et Philips viennent, en effet, d'éditer *Astérix, le défi de César*, sur CD-I (disque compact interactif). Les joueurs (de une à quatre personnes, à partir de 7 ans) prennent la place d'Astérix, d'Obélix, de Bonnemine, de Falbala, de Goudurix ou d'Agecanonix et, grâce à l'interactivité qui leur permet d'intervenir dans l'action et même de diriger l'aventure, ils vont chasser le sanglier, affronter une tempête, combattre des Romains ou des pirates, déchiffrer des hiéroglyphes, jouer de la musique, boire la potion magique, etc. **370 F.**

F.C.

La guerre des étoiles sur CD-ROM

Rebel Assault est l'un des premiers jeux vidéo exploitant pleinement les qualités du CD-ROM. Il mélange séquences vidéo plein écran (dérivées du film *la Guerre des étoiles*), son numérique, effets spéciaux et graphismes en trois dimensions. Ce jeu, édité par Lucas Arts, ressemble à un film. Les séquences et les animations s'enchaînent sans temps mort. Le joueur dispose de quatre vaisseaux : *T16 Skyhopper*, *Snowspeeder*, *X-Wing* et *A-Wing*. Après un entraînement intensif, il va devoir traverser des champs d'astéroïdes, des canyons, des tunnels pour affronter les machines de l'Empire (destroyers, chasseurs, étoile noire). Autre nouveauté pour un jeu : *Rebel Assault* utilise quatre voies audio. Il permet ainsi l'écoute simultanée des voix des personnages, des effets sonores, du bruit d'ambiance et des thèmes musicaux. *Rebel Assault*, qui occupe plus de 300 mégaoctets, est actuellement en cours de développement pour les plates-formes Mega CD (Sega) et CD-I (Philips). **449 F.**

O.C.

MAISON ET JARDIN

La disquette qui compose le menu ▶

Créées voilà vingt-cinq ans, les fiches-cuisine du magazine *Elle* viennent d'être éditées sur disquette. Il suffit donc d'introduire celle-ci dans votre ordinateur pour qu'il sélectionne, parmi les 2 000 en mémoire, les recettes possibles en fonction des ingrédients dont vous disposez.

Petit détail (!) : vous devez posséder un Macintosh Classic, SE, LC, portable, Power Book, Quadra, Macintosh II ou tout équipement ultérieur ; un disque dur avec au moins 5 Mo de libre et 4 Mo de mémoire vive. Vous devez aussi vérifier que votre disque dur est équipé du logiciel *Système 6.0.5* (Apple) ou version ultérieure, ou un logiciel *HyperCard 2.1* ou *2.2*, ou encore *HyperCard Player 2.1* ou *2.2* (distribués par Apple), auquel vous allouerez au moins 2 000 Ko. A combien va revenir le bœuf en daube ? **295 F.** F.B.



▲ Décapez sans polluer

Conçu par Polyfilla, le Super décapant vert ne comporte ni solvant chloré ni paraffine. Biodégradable à 80 %, il peut, indique le fabricant, se jeter sans risque au tout-à-l'égout. Ce produit n'en est pas moins efficace : il agit pendant vingt heures et décape jusqu'à quinze couches de peinture en moins d'une heure (de cinq à quinze heures pour les revêtements plastiques épais).

80 F le flacon de 75 cl.

S.F.



◀ Pressez le bouton, le tensiomètre fait le reste

De la taille d'une montre-bracelet, voici le tensiomètre Nais de Matsushita. Totalement automatisé, il est d'une utilisation simple : pour prendre la tension, il suffit en effet d'attacher le bracelet au poignet par la fixation velcro, de presser le bouton "marche", et, automatiquement, le bracelet se gonfle et se dégonfle. Le résultat s'affiche aussitôt sur l'écran. **1 290 F.** F.B.

INFORMATIQUE

Un logiciel pour les mordus de maths

Le logiciel *MathCad* (nouvelle version) donne à un micro-ordinateur avec interface Mac ou Windows la puissance d'une super-calculatrice scientifique, notamment grâce à l'intégration de fonctions de calcul symbolique. La mise en place des équations passe par un éditeur mathématique utilisant des palettes graphiques. Les calculs se font

ensuite comme sur une calculatrice. Les fonctions ou les tableaux de chiffres peuvent être représentés sous forme de graphiques, en deux ou trois dimensions. Une rubrique "Symbolic" permet de développer les expressions mathématiques, de factoriser les polynômes, de réduire les fractions rationnelles au même dénominateur ou de

développer des fonctions en série. Le plus remarquable reste la fonction de résolution analytique d'équations quelconques. En résumé, le calcul symbolique est largement au niveau de logiciels concurrents haut de gamme. Notons toutefois l'impossibilité de simplifier les expressions trigonométriques. **3 990 F.** A.O.

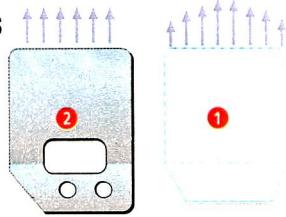


Chaque jour, dans le monde, des milliers de disquettes 3,5 pouces sont mises au rebut pour cause de formatage impossible, de données perdues... La quasi-totalité de ces problèmes est due à des poussières qui pénètrent dans

Des disquettes antipoussières

le lecteur, puis dans la disquette, et qui nuisent au bon fonctionnement de la tête magnétique. Actuellement, le nettoyage de la disquette est assuré par un système constitué d'un peigne à raies et d'un patin en plastique ① qui maintient la pression entre le peigne et la disquette. Or, les raies n'arrêtent pas totalement la poussière et la pression du patin est inégale et diminue à chaque utilisation. En

particulier, l'inefficacité du patin sur les pistes extérieures provoque parfois des erreurs pendant le formatage, si des poussières sont présentes sur la première piste. Pour éliminer ces imperfections, Sony vient de lancer une nouvelle disquette 3,5 pouces dotée d'un dispositif dit Super Cleaning Mechanism. Le patin change de forme et devient métallique ②. Double avantage : grâce au métal, la pression exercée est constante



dans le temps. La nouvelle structure avec un trou elliptique assure, elle, le nettoyage de toutes les pistes, grâce à une pression uniforme (flèches mauves) sur toute la surface. De plus, le peigne devenu grille ③ arrête pratiquement toutes les poussières. De 70 F à 90 F les dix.

TELECOMMUNICATIONS

Un téléphone interactif ▼

Dans son combiné TD 9901, Philips a intégré un téléphone, un minitel et un écran interactif à cristaux liquides. Chaque fonction est illustrée par une petite icône immédiatement compréhensible. Quarante-cinq fiches personnelles sont mémorisées dans un répertoire : coordonnées téléphoniques ou télématiques, adresses, notes, etc. Ces données sont verrouillables. L'appel est direct à partir d'une fiche, à laquelle on accède par mode alphabétique ou numérique. Le clavier minitel est escamotable sous le socle et l'écran (du type rétro-éclairé) est très plat et inclinable.

Moins de 3 000 F.

F.C.



▼ Deux téléphones en un

A priori, le Twinphone de Swatch s'utilise comme un téléphone classique. Mais *a priori* seulement, car le socle, muni lui aussi d'un écouteur et d'un émetteur, devient à son tour combiné si une

deuxième personne veut participer à la conversation. Résultat : pour peu que la personne à l'autre bout de la ligne possède aussi un Twinphone, une conversation téléphonique à quatre peut alors

s'engager. Une touche "discrétion" permet en outre aux deux personnes présentes dans la même pièce de parler entre elles à l'abri des oreilles de leur(s) correspondant(s) commun(s). 400 F. F.V.



LIVRES

Gérard Debry

Le Café

John Libbey/Eurotext,
560 p., 350 F.

Nutritionniste (université de Nancy, Ecole pratique des hautes études), l'auteur était bien l'un des plus qualifiés pour signer cette monumentale étude. Le propos est systématique : métabolisme, effets psychologiques sur le système nerveux central, cardiovasculaire, digestif, respiratoire, endocrinien, sur les organes, etc.

Dire que le café n'a pas d'effets serait excessif, mais on peut dire qu'ils n'intéressent aucunement la pathologie, soupçonnée depuis plus de trente ans par tant de chercheurs, américains notamment. Sur le système nerveux central, par exemple, on trouvera confirmation du fait que le café retarde l'endormissement, mais on apprendra que les enfants n'y sont pas plus sensibles que les adultes et que les effets du café varient d'un individu à l'autre.

Le café n'a aucun rôle dans la formation d'ulcères digestifs, il n'affecte pas non plus le pancréas, n'a pas d'effet sur le fonctionnement cardio-vasculaire et n'est ni indiqué, ni contre-indiqué dans les affections comme l'infarctus du myocarde ou l'hypertension. Il n'a pas d'effet sur le métabolisme des protéines, ni sur le système génital, sauf à des doses considérables. A noter, toutefois, que la femme élimine la caféine plus lentement que l'homme. Ce n'est pas un antidote à l'alcool, bien que son effet diurétique accroisse l'élimination de celui-ci. Il augmente la vigilance et l'endurance, améliore l'humeur et atténue la fatigue. Bon petit noir.

Gerald Messadié



The Hebrew Univ. of Jerusalem - Courtesy Niels Bohr Library

Albert Einstein Œuvres choisies Relativités I et II

Editions du Seuil/CNRS,
240 p., 340 F et 250 p., 350 F.

Avec ces deux derniers tomes, les éditions du Seuil achèvent la publication des œuvres choisies d'un homme de science qui a brillé par ses contributions scientifiques et son implication dans les grands débats contemporains.

La vue d'ensemble est tout à fait fidèle. Rappelons les tomes déjà parus : *Quanta* (sa contribution à l'émergence de la théorie de la mécanique quantique), *Correspondance française, Science, Ethique, Philosophie* (sa démarche intellectuelle notamment épistémologique), *Ecrits politiques* (les multiples formes de son engagement) sans oublier l'album *Hors-Série*, abondamment illustré, sur cet homme photogénique à souhait.

Les deux dernières éditions s'attachent donc à celui qui va devenir le père de la relativité, d'abord restreinte, puis générale. L'importance de ces textes va sans dire (même pour ceux qui aujourd'hui encore les combattent !). Par ailleurs, la qualité du travail éditorial donne toute sa dimension à l'aventure scientifique.

Introductions générales, notes historiques ou de remises à jour, textes de liaisons ou de commentaires : on peut lire les parties indépendamment, la perspective est toujours générale et la problématique d'actualité.

L'ensemble des ces œuvres choisies mérite donc une diffusion auprès d'un public aussi large que possible. Elles participent de la meilleure façon qui soit (textes originaux, sérieux de la présentation) à la vulgarisation d'une pensée scientifique qui ne peut laisser personne indifférent.

Jean-François Robredo

Romain Kroës

Erreurs humaines ?

Editions de Maorie, 11 p., 89 F.

Dans les milieux de l'aéronautique civile, on connaît bien Romain Kroës. Commandant de bord à Air Inter, il milite contre le pilotage à deux des nouveaux avions, et d'abord de l'Airbus A 320, qu'Air Inter a été l'une des premières compagnies à mettre en service.

On ne s'étonnera donc pas que son livre, sous-titré *Contre-enquête sur une catastrophe annoncée*, constitue un plaidoyer pour l'équipage à trois, c'est-à-dire avec un mécanicien naviguant en complément des pilotes. Cependant, la démarche de l'auteur, très engagée, ne doit pas occulter la valeur du livre lui-même. Kroës est un technicien, et son analyse de l'accident de l'Airbus A 320 d'Air Inter, qui s'est écrasé sur le mont Sainte-Odile le 20 janvier 1992, est à la fois objective et rigoureuse.

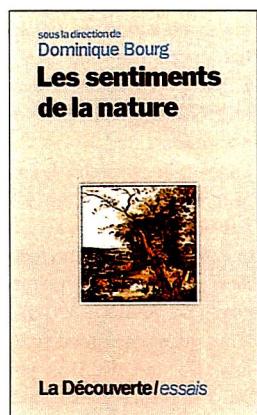
L'auteur y examine le comportement des pilotes, souligne la fatigue mentale qu'entraîne le pilotage des avions où l'informatique est reine, et met en relief ce qu'il appelle les "phénomènes humains". Difficiles à appréhender et encore plus difficiles à analyser, ils sont à l'origine de ce qui est ensuite qualifié "d'erreur humaine" dans les comptes rendus d'accident (voir *Science & Vie* n° 917, p. 78). Pilote, il ne la récuse pas. Il demande simplement qu'elle soit prise en compte dans la conception des machines, qui sont de plus en plus complexes. Car cette erreur humaine est la rançon de la faculté qu'a l'homme de

suite de la page 155

faire face à une situation imprévue, d'improviser une solution. Ce que la machine ne sait pas faire.

Le livre de Kroës est en quelque sorte le complément, à usage du grand public (car il est écrit très sobrement, sans faire appel à des notions compliquées), du rapport de la commission d'enquête sur la catastrophe du mont Sainte-Odile, publié au mois de décembre 1993.

Germain Chambost



Sous la direction de Dominique Bourg **Les Sentiments de la nature**

La Découverte, 246 p., 135 F.

La pollution saute les frontières, les angoisses écologiques se mondialisent, mais cette nature menacée n'est pas la même vue par un Chinois ou un Russe, un musulman, un chrétien ou un hindou... Ce livre réalise une magnifique idée : montrer comment on ressent la nature à travers le monde, en douze textes courts et riches, signés de spécialistes de la région ou de la religion concernée (ethno-

logues, anthropologues, sociologues, philosophes...).

Bien vite s'écroulent clichés et idées reçues : comme celle des méchantes sociétés occidentales qui détruisent la nature, alors que les Africains, les Orientaux (bref, les autres) vivraient en parfaite harmonie avec elle ! Ce qui frappe, au contraire, c'est la diversité des visions de la nature et leur complexité, difficiles à résumer en quelques phrases.

La tradition occidentale prône la soumission de la nature à l'homme, de Prométhée à Descartes. D'autres insistent au contraire sur la fusion homme-nature. Mais, vu de plus près, ce n'est pas aussi simple. Ainsi, en Chine, dominent des traditions philosophiques dont la représentation de la nature est plutôt contrastée. La nature reflète un ordre cosmique, et les conduites humaines doivent s'en inspirer ; mais, dans le même temps, la nature est au service de l'homme, qui sera éventuellement puni de ses abus par les fléaux... Les Chinois ont défriché les terres il y a plusieurs millénaires et, traditionnellement, ils rejettent la montagne hostile ; mais certains intellectuels vont en exalter la grandeur sauvage en l'opposant à la monotonie des rizières. Le gigantisme communiste suivi récemment du capitalisme le plus... sauvage ont fait de terribles ravages : 85 % des rivières sont impropre à la pêche...

Au Japon, le sentiment de la nature diffère encore : la nature y est valeur suprême, l'art en est tout imprégné et, traditionnellement, le Japonais vit en symbiose avec elle : «Ce qu'est le pin, apprends-le du

pin. Ce qu'est le bambou, apprends-le du bambou», dit un ancien haïku (un petit poème japonais). La météo suit jour après jour l'avancée du front des cerisiers en fleurs. Pourtant, l'attachement des Japonais est sélectif et n'empêche pas les déprédatrices ! Car c'est une certaine idée de la nature qui est vénérée, non la nature objective – comme dans toutes les cultures, d'ailleurs. Surtout, ce que montre le livre, c'est qu'il y a très loin de la culture aux actes ! Ce n'est pas parce qu'un peuple a engendré une représentation respectueuse de la nature qu'il se comporte en conséquence...

Selon qu'on est indigène ou colonisateur, et que la terre est avare ou généreuse, on ne voit pas la nature d'un même œil. Débarquant en Australie, les colons britanniques sont affreusement déçus par «ces animaux grotesques et ces végétaux monotones», et éprouvent du dégoût pour cette région ingrate. «Si ça bouge, faut l'abattre à coups de fusil ; si ça bouge pas, faut l'abattre à coups de hache», dit un proverbe local. Résultat, une véritable «frénésie de destruction» pour terrasser cette nature maléfique et immense : défrichements forcenés, exploitation sauvage des richesses minières, essais nucléaires forçant les aborigènes à l'évacuation. Eux qui disent : «Nous ne possédons pas la terre ; c'est elle qui nous possède.»

Contraste total, une fois de plus, avec le Brésil : dès la découverte, en 1500 par les Portugais, c'est le coup de foudre pour cette nature paradisiaque, qui n'attend que

ses exploiteurs. Richesses végétales et minérales, climat idéal, paysages de rêve, et donc promesses d'enrichissement rapide et de vie facile, telle est l'origine de la vision brésilienne de la nature.

Voici une occasion unique, pour un lecteur non spécialiste, de découvrir l'histoire et la pensée des principales cultures de la Terre à travers le rapport qu'elles entretiennent avec la nature, en quelques pages denses mais claires (à deux ou trois exceptions près).

Hélène Guillemot

Albert Ducrocq

Le Changement global

JC Lattès, 543 p., 139 F.

Ce n'est pas un livre, c'est une banque de données ! De la première à la dernière ligne, on est submergé de chiffres, de sigles, d'informations en rafale, débitées en phrases courtes et précipitées, évoquant le débit enthousiaste et saccadé du célèbre journaliste de radio. Des données sur quoi ? Sur tout. Avec une préférence pour le langage digital, les cartes à puce, les réseaux numériques,

SCIENCE & GÉOSCIENCE

ALBERT DUCROCQ

Le Changement global

les ordinateurs, l'électronique, etc., sur lesquels l'auteur nous livre une documentation qui semble quasi exhaustive. Mais Albert Ducrocq détaille aussi la voiture de demain (sûre, économique, ignorant les problèmes d'embouteillage : «L'ordinateur répartira le trafic au mieux dans l'intérêt général.»), les trains de l'avenir, l'entreprise toujours plus performante grâce aux merveilles de la technologie, la nouvelle géopolitique, conditionnée par les mêmes progrès (les pays sont comparés à des entreprises ou à des organismes biologiques), l'armement (sous le titre glorieux "Force, ruse et sagacité") et aussi, pour faire bon poids, la théorie des climats et les progrès de la médecine.

L'ensemble donne l'impression qu'Albert Ducrocq a déversé là toutes les informations accumulées dans son ordinateur depuis quelques années. Le moins que l'on puisse dire est que ce livre ne se laisse pas envahir par la morosité ambiante : c'est un véritable hymne aux prouesses technologiques, à l'accélération sans fin du progrès et à l'avenir radieux que nous promettent les cartes à puce, les TGV et l'archivage des textes. Pas de place, dans ce monde de métal et de silicium, pour les hommes, leurs désirs, leurs misères, dont l'auteur ne semble pas s'être aperçu qu'elles ne sauraient être résolues par la technique. Pas un instant il ne se demande pour quoi, pour qui, toutes ces merveilles technologiques.

Un livre "technocratique", aux informations branchées mais sans humanité, sans réflexion ni synthèse. Conseillé aux amateurs de technologies de l'information et aux personnes férues d'innovation.

H.G.

Helen Fisher **Histoire naturelle de l'amour**

Robert Laffont, 456 p., 146 F.

Voilà un ouvrage qui, paradoxalement, mérite le succès et des réserves tout à la fois. Le succès, parce que ceux qui savent peu de choses des sentiments amoureux dans la nature trouveront matière à réflexion dans les indications esquissées par l'auteur. Et les réserves, parce que, dès qu'elle aborde des généralités, Helen Fisher n'y va pas, comme on dit communément, avec le dos de la cuillère.

Abordant ainsi le domaine de ce que put être la vie des premiers hominiens, elle écrit, sans s'embarrasser de nuances, que «Darwin, Freud, Engels et de nombreux autres penseurs ont posé comme postulat que nos ancêtres les plus reculés vivaient en "horde primitive" : hommes et femmes copulaient avec qui ils voulaient, quand ils voulaient...»

Or, ni Darwin, ni Freud, ni Engels n'ont jamais eu la moindre compétence en la matière, et ce qu'ils ont pensé à ce sujet ne vaut pas tripette. Rien n'autorise à penser qu'une femme n'était pas, au contraire, un bien qu'on défendait ardemment, ni que les hominiens et premiers humains vivaient en "hordes". Peu de paléontologues s'y risquaient.

Plus loin, abordant le problème de la phonation des néandertaliens, l'auteur écrit : «J'imagine qu'à l'époque où [ils] rôtiisaient des langues de mammouth et dormaient ensemble dans des grottes

bloquées par la neige en ancienne France [...], ils se parlaient approximativement comme vous et moi.» Cela, révérence parler, elle n'en sait rien, et son évaluation des capacités anatomiques de vocalisation chez l'homme de Néanderthal est pour le moins expéditive.

Idem à propos de ces lignes : «On peut supposer que le tabou de l'inceste remonte aux hommes de Cro-Magnon.» Non, on ne peut pas le supposer : le tabou de l'inceste existe déjà chez beaucoup de mammifères, notamment chez les singes, et rien n'indique que les Néanderthaliens aient été incestueux. Elle le dit elle-même, d'ailleurs, mais elle cède, pour éviter de prendre parti, à la manie de dire tout et son contraire.

Le titre, quand on s'est avancé dans la lecture (car on s'y avance quand même) est un peu déconcertant, l'auteur parlant beaucoup, beaucoup de paléontologie, pas mal de biologie, un peu d'éthologie, et ajoutant à cela des considérations cultu-

relles. Mais pourquoi s'avance-t-on donc ? Parce que Helen Fisher n'est certainement pas ennuyeuse. Elle a visiblement beaucoup lu, même si elle n'a pas approfondi toutes ses lectures, et la bibliographie de ses références, en fin de volume, est impressionnante. On glane de-ci de-là des informations au cours d'un texte disert.

On déplorera incidemment cette tendance à la "correction politique", qui empoisonne actuellement la culture américaine et qui interdit qu'on dise quoi que ce soit qui puisse être jugé offensant pour les Noirs, les Blancs, les Rouges, les juifs, les féministes, les homosexuels, les gros, les maigres, etc. Ainsi, rapportant les travaux de Steven Goldberg, selon qui la masculinisation du fœtus est faite très tôt par la testostérone, Helen Fisher écrit : «Voilà une idée bien dangereuse. La plupart des féministes la repousseront certainement.» Tout comme les partisans de la Terre plate repousseront l'idée de la rotundité de notre globe.

G.M. ▶



suite de la page 157

Charles Frankel

Les Volcans du système solaire

Armand Colin, 294 p., 185 F.

L'heure est aux synthèses : le livre de Frankel présente celle du volcanisme planétaire. Charité bien ordonnée, la Terre est traitée dès le premier chapitre dans toute sa complexité géologique et ses manifestations volcaniques. Mais l'intérêt de l'ouvrage est bien sûr ailleurs. Depuis la conquête de la Lune et l'exploration lointaine par sondes interposées, la géologie est devenue une science transplanétaire. Elle s'appuie notamment sur la découverte de l'importance et de la quasi-universalité du phénomène volcanique.

En effet, loin d'être des astres morts, les consœurs de la Terre ont des cœurs actifs aux multiples soubresauts. Une chance pour les scientifiques, les phénomènes sont justes assez semblables et assez différents pour que chaque cas particulier éclaire le problème général.

L'enquête scientifique menée par l'auteur fait donc le tour complet des connaissances engrangées : des dragons de feu terrestres aux fontaines de glace du satellite de Neptune, Triton, en passant par la controverse sur le volcanisme lunaire. Un livre qui s'adresse à un public de passionnés voire de spécialistes, mais qui possède néanmoins une porte d'entrée pour candides, les chapitres impairs qui résument et présentent les données dans leur contexte général.

Jean-François Robredo



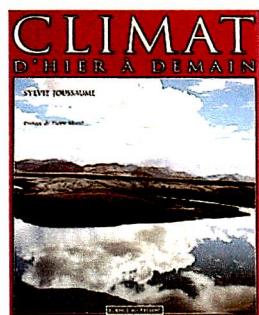
Philippe Roqueplo **Climats sous surveillance**

Economica,
400 p., 200 F.

Sylvie Joussaume **Climat d'hier à demain**

CNRS Editions/CEA,
141 p., 185 F.

Quiconque a un peu suivi l'affaire de "l'effet de serre" ne peut qu'être frappé par une étrange contradiction. D'un

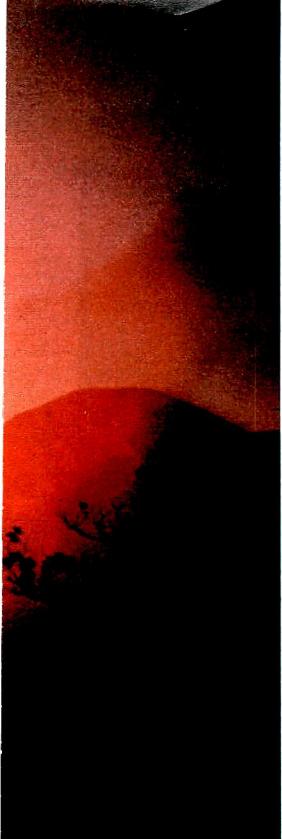


côté, les scientifiques insistent sur la complexité inouïe des mécanismes du climat, les nombreux phénomènes inconnus, le faible réalisme de leurs modèles ; et ils reconnaissent sans se faire prier le peu de crédibilité de leurs "prédictions". Et pourtant, les mêmes scientifiques crient bien fort, et sans la moindre réserve, au danger d'un prochain réchauffement climatique ! Comment peut-on affirmer mordicus ce qui repose sur des connaissances aussi imparfaites et parcellaires ? C'est simple : entre les incertitudes et le cri d'alerte, les scientifiques se sont dépouillés de leur blouse de chercheur pour endosser le costume d'expert. Or, les experts, c'est connu, sont formels. Forcément formels, puisque les politiques les nomment pour ça : les experts doivent fournir des résultats clairs sur lesquels les politiques peuvent appuyer une décision

concrète. Peu de place, donc, pour le doute scientifique.

Le livre de Philippe Roqueplo s'attaque à cette question cruciale de l'expertise scientifique à propos de l'effet de serre, il arrive donc à point nommé. Après une enquête approfondie de plusieurs années et la rencontre de nombreux chercheurs et experts de diverses nationalités, l'auteur, sociologue au CNRS et spécialiste de ces questions (il avait déjà étudié l'affaire des "pluies acides", qu'il compare avec celle de l'effet de serre), décortique en détail cette expertise pour enfin savoir si elle est fiable.

Voici, résumée, sa conclusion désenchantée : les scientifiques pensent en savoir assez pour avertir les autorités d'un futur réchauffement climatique. Mais ils ne pensent pas en savoir assez pour donner une véritable expertise susceptible d'aider à la décision (par exemple : la température va



R. Goodman / Black Star

croître de tant de degrés dans tant d'années, ce qui va se traduire par telle élévation du niveau des océans et par tels bouleversements climatiques). Leur seule conclusion tangible est... qu'il faut continuer de chercher, pour être capable, plus tard, de fournir enfin une expertise fiable ! L'expertise actuelle est un signal d'alerte.

Sauf que, si l'on veut alerter l'opinion et les autorités sur des dangers, on doit être un peu plus précis et concret, quitte à s'éloigner de la rigueur scientifique. Interrogés dans leurs laboratoires, les chercheurs n'ont aucune indulgence à l'égard de leurs modèles : mesures insuffisantes et imprécises, approximations exagérées dans les calculs, simplifications abusives (comme ce fameux "indice global de réchauffement" qui sert à ramener tous les gaz aux propriétés du CO₂, critiqué par bien des spécialistes), sans compter tout ce dont on ne

tient pas compte parce qu'on l'ignore ! Il ne faut pas voir là des attaques, mais seulement des réserves : tous ces défauts sont aujourd'hui à peu près inévitables, et, pour les chercheurs, les modèles servent d'abord à comprendre, pas à prévoir. Ainsi, les prévisions à l'échelle régionale n'ont pratiquement aucune valeur : «La confiance que l'on peut avoir dans ces estimations est faible», reconnaît le plus officiel des rapports d'experts, celui de l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Ce qui n'empêche pas le même rapport d'assener, quelques pages plus loin, des prédictions du genre : «En 2030, pour le centre de l'Amérique du Nord, les précipitations diminueront de 5 à 15 % en été.»

Cette schizophrénie se retrouve partout dans les rapports. Quand on s'éloigne des laboratoires et qu'on se rapproche des instances de pouvoir, les chiffres "à utiliser avec précaution" sont pris comme sûrs, les scénarios se muent en prévisions, les controverses (courantes dans toute science vivante) sont gommées pour faire croire à un consensus scientifique, ou transformées en querelles d'experts fondées sur des conflits d'intérêts.

Que faire, alors ? Pour des raisons de fond, l'auteur ne croit pas que les modèles suffiront un jour à fournir des prévisions fiables. Il préconise une autre façon de tenir compte de l'amoncellement de données climatiques : non par la moulinette des calculs, mais par des débats ouverts, d'où pourraient surgir des connaissances utiles, "rabotées" par le passage à travers le modèle.

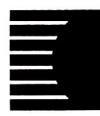
Rigoureuse et passionnante analyse sociologique, ce livre

n'est ni technique ni polémique. Pas un instant, Philippe Roqueplo n'y remet en cause les certitudes acquises sur l'effet de serre, ni la conviction, quasi unanime chez les chercheurs, d'un réchauffement futur. Car il ne faudrait pas l'oublier : malgré les lacunes et les imprécisions, les scientifiques ont accumulé aujourd'hui une énorme somme de connaissances sur le climat.

Pour en savoir l'essentiel, on lira avec plaisir l'ouvrage de Sylvie Joussaume, chercheuse au CNRS et responsable d'une équipe au Laboratoire de modélisation du climat et de l'environnement du CEA. Tout est passé en revue, brièvement et clairement : composition de l'air, circulation de l'atmosphère, cycle de l'eau, rôle du Soleil et de sa position relative à la Terre,

influence des courants océaniques, dynamique des glaces, variations naturelles du climat, climats du passé, trou d'ozone et bien sûr effet de serre et modèles climatiques (dont l'auteur, s'exprimant plus en chercheur qu'en expert, ne masque absolument pas les limites).

D'autres bons ouvrages de vulgarisation ont paru ces dernières années sur ce thème brûlant, mais ce livre réunit plusieurs atouts : présentation agréable, belles photos, nombreux schémas très clairs, lecture aisée, prudence et réserve de mise. Et puis, comme c'est le plus récent, il mentionne les dernières découvertes en paléoclimatologie, ce qui n'est pas négligeable dans un domaine en perpétuel bouleversement ! ■



ÉCOLE
SUPÉRIEURE
E.S.I.T.P.A. D'INGÉNIEURS
ET DE TECHNICIENS POUR
L'AGRICULTURE

FONDÉE EN 1919
B.P. 607 - 27106 VAL DE REUIL CEDEX

• Établissement d'Enseignement Supérieur de l'Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture.

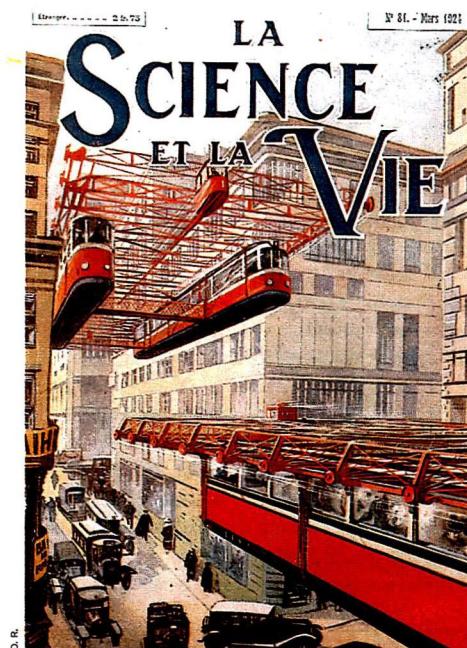
• Ingénieurs en Agriculture (bac + 5) :
1^{re} année : Baccalauréats scientifiques ou bac + 1
2^e et 3^e années : dans la limite des places disponibles.
Consulter l'école.

• Emplois :
- Production, recherche-développement, agro-alimentaire, agro-industrie.

Science & Vie ILYA...

Par Marielle Véteau

...70 ANS

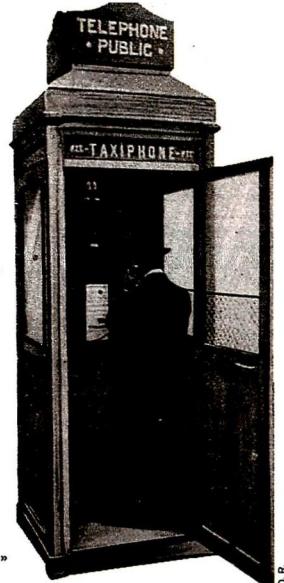


Mars 1924

« M. Linder a imaginé, pour atténuer le caractère inesthétique des chemins de fer aériens américains, un train constitué de deux longs wagons parallèles, entretroisés par une charpente métallique formant pont roulant, lequel se déplacera sur des rails courant le long des immeubles ; la voie montante et la voie descendante étant superposées. Mais la technique semble condamner cette invention. »

Le téléphone parisien sur la voie publique

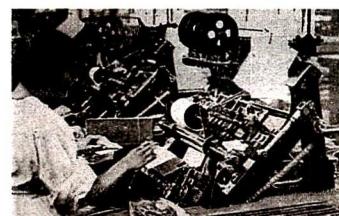
« Les nouvelles cabines téléphoniques du Taxiphone sont équipées d'appareils automatiques acceptant des pièces de 25 centimes et de 1 franc. L'usager pourra demander lui-même ses communications auprès des centraux de la capitale. »



D.R.

La reliure industrielle, providence des bibliothèques modernes

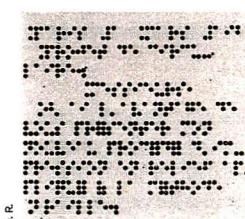
« Ces dernières années, l'industrie du livre a connu une évolution considérable qui met les meilleurs ouvrages à portée de toutes les bourses. Pliure, collationnure, couture, reliure sont désormais réalisées par les machines. »



D.R.

Typographie en relief pour les aveugles

« Grâce au nouveau procédé d'impression typographique en relief de M. Hannequin, par adjonction à l'encre d'une poudre spéciale qui se soulève et se cristallise à la chaleur, on envisage de créer un journal pour les aveugles. »



D.R.

La vaisselle n'est plus un problème

« Pour la femme contrainte de se passer de personnel : un modèle de propreté et d'hygiène, la machine à laver la vaisselle de M. J.-L. Breton, de l'Institut. Elle est constituée d'une pompe à eau centrifuge et d'un ventilateur, actionnés par un moteur électrique, et d'un panier porte-vaisselle tournant sous l'effet des jets de la pompe ou du vent de séchage. »



D.R.

Un nouvel appareil respiratoire à l'usage des sauveteurs

« L'appareil respiratoire à oxygène et régénération de M. Fenzi, en duralumin, se porte sur le dos. D'un poids de 11 kg et d'une autonomie de deux heures environ, il permet aux sauveteurs ou aux pompiers d'intervenir dans les caves envahies par le gaz ou dans les mines après un coup de grisou. »



D.R.



Voyage au cœur de la lumière

Photo : Pictor

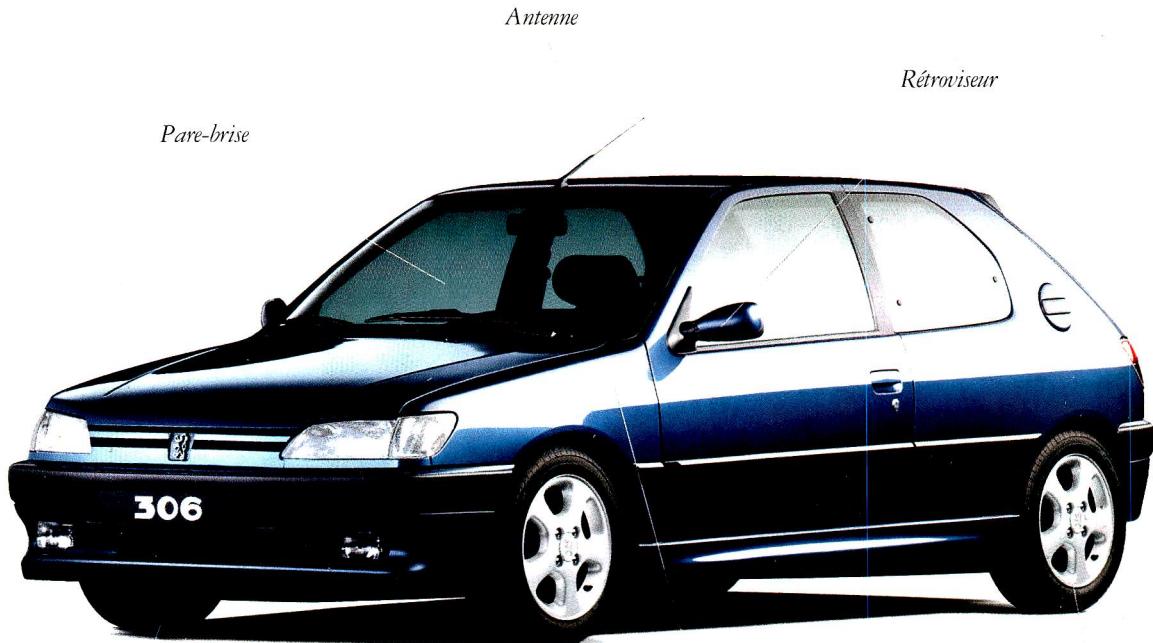
Sans lumière, pas de vie. Mais qu'est-ce que la lumière ? D'où vient-elle ? Le prochain numéro hors série de Science & Vie met la lumière sous les projecteurs. Lumière des physiciens, des ingénieurs, lumière des médecins -la lumière a des vertus curatives-, lumière des biologistes, et aussi des artistes... Un numéro hors série à ne pas manquer pour être éclairé.

Le prochain



Parution le 10 mars 1994

Soyons honnêtes, les autres sportives ont quelques points communs avec la 306 S16.



Maintenant il nous semble important d'aborder ce qui fait la différence entre la 306 S16 et ses concurrentes. Prenons la tenue de route. Combien de voitures ont un train avant triangulé avec barres anti-dévers et un train arrière à effet auto-directionnel ? Combien de voitures offrent de ce fait une précision de trajectoire aussi grande en courbe que la 306 S16 ? Combien possèdent une caisse rigide qui leur permet de ne pas tanguer ni bouger sur la route ? Très peu et nous sommes gentils. Quant au moteur à double arbre à cames en tête de la 306 S16, celui-ci développe 155 ch DIN (111,6 kW CEE) et intègre un dispositif d'admission à flux piloté qui permet d'optimiser le remplissage des cylindres, donc la puissance, à tous les régimes. Qui peut en dire autant ?

Bien sûr la 306 S16 possède 4 freins à disques ventilés à l'avant, l'anti-blocage de roues, des barres de renfort dans les portières et une caisse dont les parties avant et arrière absorbent les chocs par déformation progressive. Il n'y a pas beaucoup de voitures où vous vous sentirez autant en sécurité. Et si l'on ajoute ses sièges cuir et velours, son insonorisation parfaite et son confort intérieur, vous vous rendrez compte que la 306 S16 est non seulement une grande sportive mais aussi une grande berline. Vraiment, nous avons cherché en toute bonne foi ce qui pouvait rapprocher la 306 S16 de ses concurrentes...
Modèle présenté : 306 S16 - 3 portes - AM 94. Consommations UTAC : 6,2 l à 90 km/h - 7,8 l à 120 km/h - 11,9 l en cycle urbain.

