

SCIENCE & VIE

JURASSIC PARK

Dinosaures
sans fiction

FOUDRE

Comment
la dompter

MICROTECHNOLOGIE

Des robots
presque invisibles

Comment le sommeil vous soigne

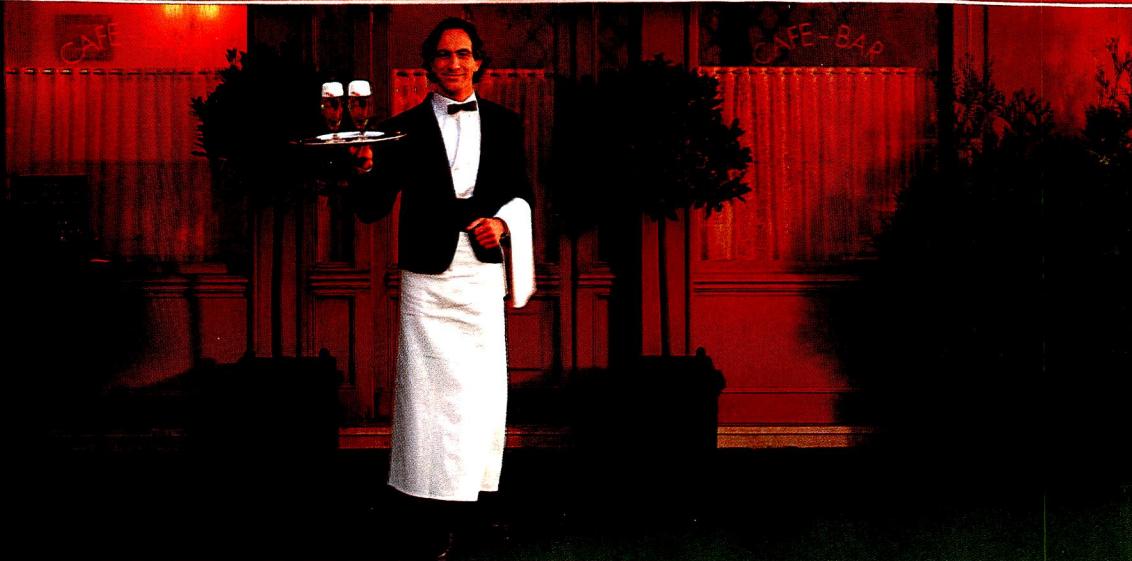


M 2578 - 913 - 22,00 F





LE RELAIS DE L'AMITIÉ



Kronenbourg et
Le Relais de l'Amitié*



*Le Relais de l'Amitié, 6 rue André Karman 93300 Aubervilliers.

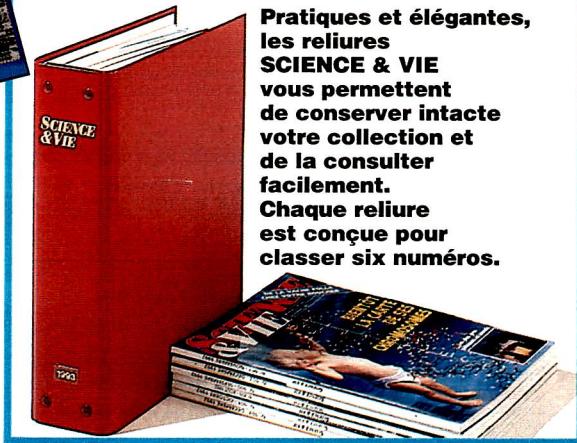
L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. A CONSOMMER AVEC MODÉRATION.

Abonnez-vous à Science & Vie



Chaque mois
SCIENCE & VIE vous informe.
Environnement, technologie,
recherche fondamentale,
médecine, conquête spatiale...
Tous les domaines scientifiques
sont traités en profondeur.
SCIENCE & VIE,
le magazine d'information
scientifique de référence.

COLLECTIONNEZ LE SAVOIR AVEC LES RELIURES SCIENCE & VIE



Pratiques et élégantes,
les reliures
SCIENCE & VIE
vous permettent
de conserver intacte
votre collection et
de la consulter
facilement.
Chaque reliure
est conçue pour
classer six numéros.

BULLETIN D'ABONNEMENT ET BON DE COMMANDE

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 à SCIENCE & VIE et
je choisis la formule suivante

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

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

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

Cochez SVP

OUI, je souhaite recevoir lots de 2 reliures
Science & Vie au prix de 80F franco (étranger : 100F)

. Ci-joint mon règlement total à l'ordre de
Science & Vie-Bred

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

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

OFFRES VALABLES JUSQU'A FIN 1993 ET RESERVEES A LA FRANCE
METROPOLITAINE.ETRANGER: NOUS CONSULTER Tel 46 48 48 48

*Prix de vente chez votre marchand de journaux

Vous pouvez aussi vous abonner sur Minitel en tapant 3615 ABON

S&V 913

Publié par Excelsior Publications S. A.
Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans
1, rue du Colonel-Pierre-Avia,
75013 Paris Cedex 15
Tél. : 1 46 48 48 48. Fax. : 1 46 48 48 67
Adresse télégraphique : Sienvie Paris
Principaux associés :
Jacques Dupuy, Yveline Dupuy,
Paul Dupuy.

DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : Paul Dupuy. Directeur général : Jean-Pierre Beauvalet. Directeur général-adjoint : François Fahys. Directeur financier : Jacques Béhar. Directrice commerciale publicité : Patricia Brault. 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 : Gérald Messadié. Rédacteur en chef-adjoint : Gérard Morice, assisté de Monique Vogt. Rédacteur en chef-adjoint : Jean-François Robredo. Rédacteur en chef édition : Elias Awad. Secrétaires de rédaction : Françoise Sargent, Nadine Raquet, Agnès Marillier, Lyne Strouc. Rédacteurs : Renaud de La Taille, Alexandre Dorozynski, Pierre Rossion, Jacqueline Denis-Lemperre, Marie-Laure Moinet, Roger Bellone, Jean-Michel Bader, Didier Dubrana, Henri-Pierre Penel, Marc Mennessier, Isabelle Bourdial, Thierry Pilorge. Scripteur : Paule Darconnat. Maquette : Lionel Crosion, Elisabeth de Garrigues, Houda Harfouché. Service photo : Anne Levy. Correspondant à New York : Sheila Kraft, PO Box 1860, Hemlock Farms Hawley PA 18428-Etats-Unis.

RELATIONS EXTÉRIEURES

Michèle Hilling, assistée de Guylaine Brehin.

SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements et marketing direct : Patrick Alexandre Sarradell. Vente au numéro : Pierre Bleuron. Chef de produit : Marie Criber. Chef marketing : Antoine Coubay, tél. : 1 46 48 47 31. Téléphone vert : 05 43 42 08 (réservé aux dépositaires), Belgique A.M.P., 1 rue de la Petite-Isle, 1070 Bruxelles.

PUBLICITÉ

Excelsior Publicité, Interdéco, 27 rue de Berni, 75008 Paris, tél. : 1 44 35 11 98. Directeur de la publicité : Richard Tzipine-Berger. Directrice de la clientèle : Karine Parent.

À NOS LECTEURS

Courrier et renseignements : Monique Vogt, tél. : 1 46 48 48 66. Vente anciens numéros et reliures : Chantal Poirier, tél. : 1 46 48 47 18.

ABONNEMENTS

Relations abonnés : service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75013 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 timbre-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*.

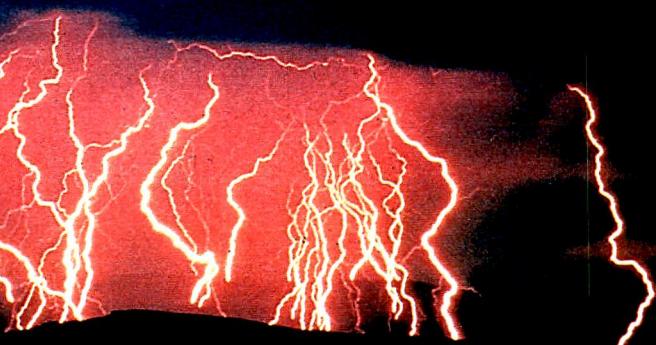


BVP

Gigantesque court-circuit, la foudre ne tombe pas : elle jaillit du sol. Dernier piège tendu pour l'étudier, le faisceau laser.

p. 40

Decks / Explorer



n° 913
octobre
1993

SOMMAIRE

GLACIOLOGIE

Climat : l'instabilité est la règle.....

34

Hélène Guillemot

PHYSIQUE

Dompter la foudre.....

40

Daniel Tarnowski

PALÉONTOLOGIE

Les dinosaures sans fiction.....

51

● Les aventuriers de l'ADN perdu.....

52 Isabelle Bourdial

● Cloner les dinosaures : du cinéma !

58

● Le guide de France des dinosaures.....

62

Marc Mennessier

PALÉONTOLOGIE

Quand l'Afrique colonisait le Gers.....

68 Alexandre Dorozynski

SOCIOBIOLOGIE

Démocratie sanglante chez les fourmis.....

70

Thierry Pilorge

CRIMINLOGIE

Assassinat de Kennedy : Oswald était bien seul.....

74 Alexandre Dorozynski

IMMUNOLOGIE

Comment le sommeil vous soigne.....

76

Jean-Michel Bader

Couverture :
photo
H. Gysels/DIAF,
infographie
A. Meyer

Encart Club français
du livre/Encyclopédia
universale 4 pages
broché entre les
pages 84 et 85.
Diffusion : France
métropolitaine avec
abonnés.

Le coupon
d'abonnement à
Science & Vie se trouve
en page 1. Vous pouvez
aussi vous abonner par
minitel, 3615 ABON.

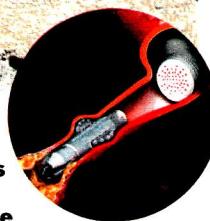


Du cinéma à la réalité, il y a un pas que nous ne sommes pas près de franchir. La science ne permet pas encore le clonage des dinosaures.

p. 51

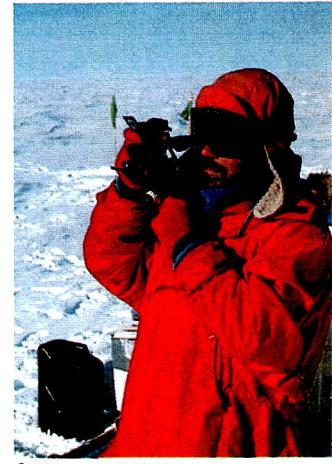
Un robot de quelques millimètres qui se faufile dans les artères, ou la micromécanique au service de la science.

p. 110



Un nouveau carottage au Groenland a glacé les scientifiques : l'instabilité climatique du passé va-t-elle se répéter ?

p. 34



Gamma

TELEDETECTION

- ERS-1 : "œil de lynx" voit tout.....** 86
Didier Dubrana

HYDROLOGIE

- Vaison-la-Romaine : le "bouchon" qui embarrasse les experts.....** 92
Marc Mennessier

BOTANIQUE

- Les orchidées sauvées des eaux.....** 98
Roger Bellone

ESPACE

- La fusée de Tintin.....** 100
Germain Chambost

AVIATION

- L'avion du xx^e siècle volera au ras de l'eau.....** 102
Germain Chambost

CHIMIE

- Un matériau qui supporte 10 000 °C.....** 108
Atta Oloumi

MICROMECANIQUE

- Des machines invisibles à l'œil nu.....** 110
Atta Oloumi et Rémi Sussan

MATHÉMATIQUES

- Mini-calculatrices, maxi-nombres.....** 116
Renaud de La Taille

CINÉMA

- Blanche-Neige et la fée numérique.....** 122
Roger Bellone

FORUM.....

6

- échos de LA RECHERCHE.....** 18
dirigés par Gerald Messadié

- échos de L'ENVIRONNEMENT.....** 26
dirigés par Jacqueline Denis-Lempereur et Didier Dubrana

- carrefour de L'INNOVATION.....** 126
dirigé par Gérard Morice

- comment ÇA MARCHE.....** 136
Renaud de La Taille

- ELECTRONIQUE amusante.....** 140
Henri-Pierre Penel

- INFORMATIQUE amusante.....** 142
Henri-Pierre Penel

- BIOLOGIE amusante.....** 144
Didier Pol

- journal de L'ASTRONOME.....** 146
Yves Delaye

- JEUX & paradoxes.....** 150
Louis Thépault

- ECHECS & mat.....** 151
Alain Ledoux

- PHOTO VIDÉO SON.....** 152
Roger Bellone et Paule Sully

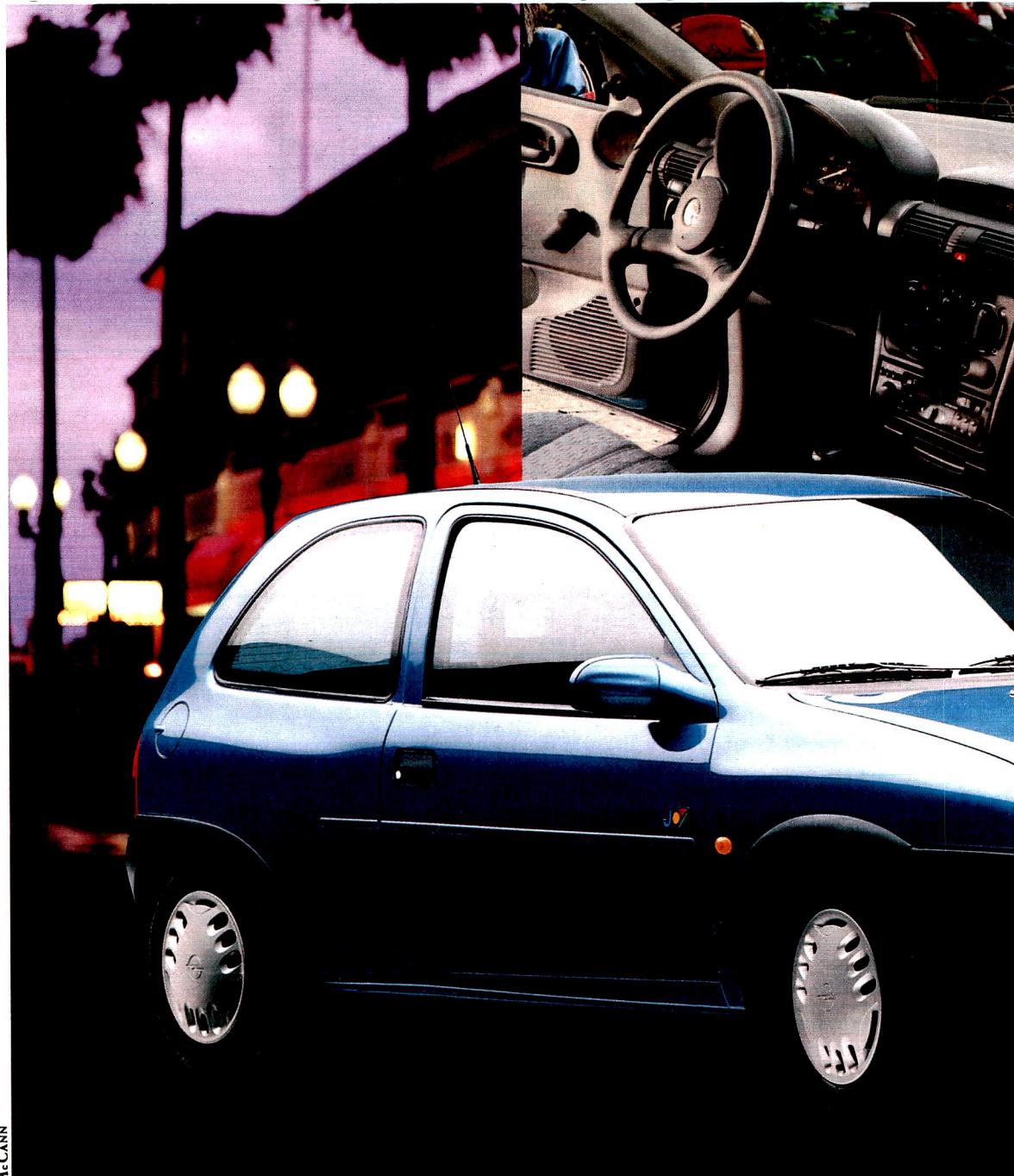
- LES OBJETS DU MOIS.....** 154
Bruno Jacquot

- LIVRES.....** 161

- Science & Vie IL Y A.....** 168
Bruno Jacquot

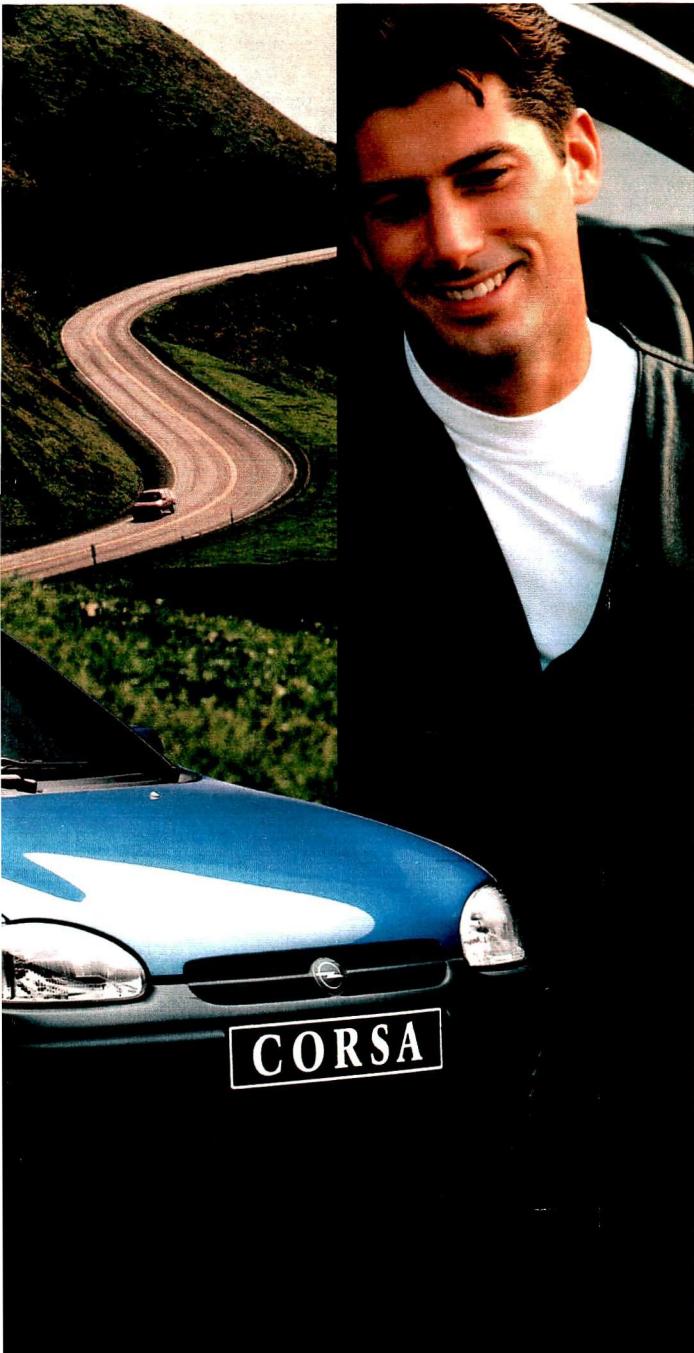
NOUVELLE

PLUS GRANDE Q



OPEL CORSA

UE SON OMBRE.



Si la nouvelle Opel Corsa est plus grande que son ombre, c'est parce qu'elle est la seule voiture de sa catégorie qui appartient à la catégorie supérieure... Ainsi, là où une nouvelle voiture se contente d'être bien équipée, la nouvelle Opel Corsa voit encore plus grand avec, selon ses versions, la direction assistée, l'air conditionné, le radio-cassette, les vitres électriques, le verrouillage centralisé et la boîte automatique.

Là où une nouvelle voiture se satisfait de sa solidité, la nouvelle Opel Corsa voit plus grand et plus loin pour votre sécurité avec ses doubles barres de renforts latéraux, sa cellule indéformable de l'habitacle, ses ceintures de sécurité actives à l'avant et en option l'ABS (en série sur la GSi) et le Grand Airbag Opel*.

UNE GAMME DE 55 900 F A 93 400 F.

La nouvelle Opel Corsa a vu aussi très grand en vous proposant 22 versions, des carrosseries 3 ou 5 portes, des motorisations essence, 16 soupapes, Diesel et Turbo Diesel et un choix parmi 6 niveaux d'équipement : City, Viva, Joy, Sport, GLS et GSi 16 V.

ESSAIS LIBRES. Et parce que les nouvelles Opel Corsa ne sont pas simplement nouvelles mais nouvelles en tout, votre concessionnaire Opel vous propose de les essayer sans vendeur, parce qu'elles sont assez grandes pour vous convaincre toutes seules.

FINANCEMENT EXCEPTIONNEL.

Enfin, parce que lorsque vous les aurez essayées, il vous sera difficile de vous en séparer, votre concessionnaire Opel vous propose un financement à un taux exceptionnel sur l'ensemble de la gamme et pour la durée de votre choix (jusqu'à 5 ans).

INFORMATION CONSOMMATEUR. * Marque déposée : coussin gonflable de sécurité, côté conducteur. Disponible à la vente en décembre 93. Prix publics clé en main maxima conseillés au 2/08/93. AM 94.

NOUVELLE OPEL CORSA.
AUCUNE VOITURE NE VOUS AVAIT FAIT ÇA.



3615 OPEL

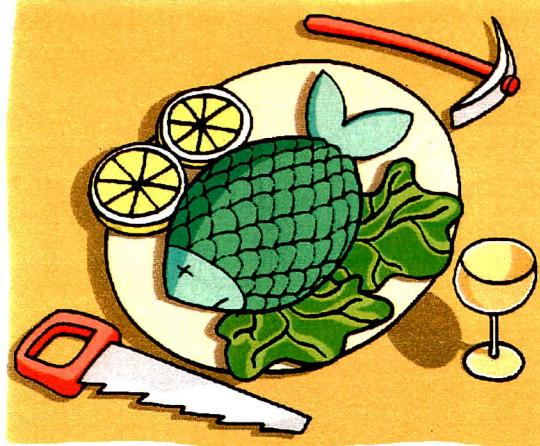
OPEL

FORUM

Pas de cœlacanthes dans le golfe du Mexique !

M. J.N., de Châteaudun, s'étonne de l'information de notre n° 911, p. 17, sur l'éventualité de cœlacanthes dans le golfe du Mexique. Il a en effet acheté pareilles écailles à Paris : «Il s'agit selon toute vraisemblance d'écailles appartenant à l'un des plus gros, sinon le plus gros, des poissons d'eau douce, l'"Arapaima gigas" (Cuvier, 1817), appelé communément pirarucu. Assez primitif, il est classé dans la famille des arapaimidés, sous-ordre des ostéoglossidés, ordre des clupéiformes, et il habite le bassin de l'Amazone et les Guyanes. De couleur gris métallique, avec des reflets rouges sur la partie postérieure, il peut atteindre 5 mètres (c'était encore vrai il y a quelques dizaines d'années) et peser jusqu'à 200 kg. Il est très prisé des populations locales, qui séchent sa chair en lanières. Son abondance a été telle que, dans la seule année 1917, 1 400 tonnes de pirarucu séché avaient été embarquées à Manaus.

«Les écailles du pirarucu, remarquables par leur épaisseur, qui pourtant ne les a pas empêchées de s'arquer fortement à la dessication, montrent des rivulations très marquées sur la partie normalement visible. La partie cachée dans le derme, moins épaisse et moins ossifiée, est finement abrasive, ce qui justifie son emploi en manucure (les écailles du cœlacanthe, elles, sont très prisées des



Comoriens, qui s'en servent pour gratter leurs chambres à air)...

»Valenciennes, dans le tome XIX de l'"Histoire naturelle des poissons", de Cuvier et Valenciennes, publié en 1846, a décrit à tort l'unique espèce de pirarucu sous plusieurs noms d'espèces, réunies dans le genre *Vastres*. Il dit à propos de leurs écailles qu'elles sont "grandes et presque osseuses ; leur surface est rugueuse. Nous en comptons cinquante-six entre l'ouïe et la caudale, et seize dans une rangée verticale. Depuis la ligne médiane-dorsale jusqu'à la ligne moyenne du ventre, elles diminuent progressivement de grandeur, à mesure que l'on s'approche de la caudale ; elles embrassent cette nageoire, ainsi que la dorsale et l'anale. Les écailles ont un bord membraneux fort épais, qui paraît très vivement coloré. La ligne latérale est tracée sur la sixième rangée d'écailles. A partir de la ligne moyenne, elle est marquée sur chaque écaille par un très large enfoncement oblong, qui s'aperçoit distinctement jusqu'au près de la queue".

»L'écaille centrale qu'on voit sur votre photo est donc, à n'en pas douter, une écaille de la ligne latérale, et cela, d'ailleurs, quelle que soit l'espèce à laquelle elle appartient.»

M. M.B., de Seraincourt, qui possède plusieurs écailles ressemblant à celles dont nous avons publié la photo, se réfère également à l'ouvrage de Cuvier et Valenciennes, mais indique un autre nom pour ce poisson, celui de "Megalops atlanticus", "poisson assez répandu sur les côtes d'Amérique centrale et des Guyanes, sorte de gros hareng du groupe des clupéiformes, qui peut atteindre 2,50 mètres pour 50 kg. Le nom guyanais de ce poisson est "palika", issu de l'indien "apalike", qui signifie "grandes écailles" ; en effet, il est littéralement cuirassé de grandes écailles qui s'imbriquent sur les deux tiers de leur longueur. Les Indiens utilisent ces écailles comme abrasif. Ce poisson est connu comme poisson de pêche sportive sous le nom de tarpon.» Et ce lecteur indique comme source bibliographique *Poissons de la Guyane française*, de Joseph Puypô, édité par l'ORSTOM en 1949.

Ces deux lecteurs ne sont donc pas d'accord ; en effet, bien qu'ils se réfèrent tous deux à la classification de Cuvier et Valenciennes, et qu'ils situent ce poisson dans l'ordre des clupéiformes, l'un lui donne le nom d'*Arapaima gigas* et l'autre de *Megalops atlanticus*. Il ne peut y avoir confusion, car *A. gigas* est

exclusivement un poisson d'eau douce et sa chair est effectivement fine, alors que *M. atlanticus* vit en eau saline et que sa chair est si peu appréciée que les pêcheurs le rejettent souvent. Bien que n'ayant pas vu le poisson dont proviennent les écailles adressées par le lecteur, nous inclinons à croire qu'il s'agit d'un *A. gigas*, car les écailles de *M. atlanticus* sont argentées. Enfin, signalons à M. J.N. que l'*A. gigas*, encore appelé *paiche*, n'est certes pas le plus gros poisson d'eau douce, ce titre étant détenu par le bélouga qui atteint 9 m, et qu'il est vert avec une queue rouge.

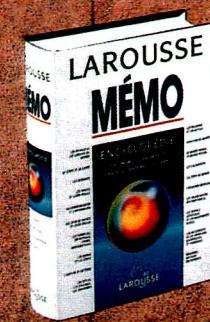
Toujours est-il que ce ne sont pas des écailles d'un parent du cœlacanthe. Et que nous nous sommes laissés induire en erreur.

La courroie de transmission exaspère un lecteur

«Je vous soumets un problème qui se présente trop souvent, écrit M. M.F., de Petite-Forêt. Les constructeurs de voitures ont adopté à partir de 1984 la courroie en lieu et place de la chaîne de distribution, et cela sans prévenir les acheteurs du danger encouru, principalement sur les Diesel. La courroie est absolument nécessaire sur des moteurs qui tournent entre 10 000 et 14 000 t/m ; une chaîne n'y résisterait pas, à cause de la force centrifuge. Mais pour un Diesel qui tourne à 4 200 t/m maximum, c'est très dur pour cette courroie, surtout au ralenti.►



**Tant que la Terre tournera,
on tournera les pages d'un Larousse.**



(1) 43.35.02.02

Nous avons de plus en plus de questions à poser et de moins en moins de temps pour trouver les réponses. Larousse imagine l'encyclopédie Mémo.

suite de la page 6

Essayez de tourner une pompe à injection à la main, et vous comprendrez que cela tient du miracle si elle résiste jusqu'à 75 000 km.

«Je viens d'en faire la triste expérience. J'étais en première, je débraye pour passer en deuxième, et le moteur s'arrête net : arbre à cames cassé en trois morceaux, les trois paliers brisés, la culasse irrécupérable, un piston crevé. J'ai dû faire un échange standard. Coût : 14 000 F sans la main-d'œuvre.

«Depuis 1990, les constructeurs recommandent de remplacer cette courroie tous les 75 000 km pour Peugeot et Citroën, mais ils ajoutent que si vous faites le taxi ou de petits parcours, il faut la remplacer tous les 50 000 km. Ford donne le chiffre limite de 60 000 km et Renault, de 100 000. Il faut donc se méfier des voitures d'occasion. Chez Peugeot, pour les 205, 305, 309 et 405, le remplacement de cette courroie demande trois heures et

demie de main-d'œuvre, plus le prix de cette courroie.

«Pour les véhicules fabriqués entre 1984 et 1990, rien n'est prescrit à cet égard sur les notices d'entretien ; il s'agit donc d'un vice que les constructeurs n'avaient pas prévu.

«Les poids lourds n'ont pas de courroie de distribution, mais des engrenages, seule solution valable. (...) Changer la courroie, c'est bien, mais les poulies en alu s'usent aussi et on ne les change pas. La courroie tiendra-t-elle donc longtemps ?»

Les observations de ce lecteur sont justes, mais il se trouve que les courroies crantées destinées à l'entraînement des distributions et des injecteurs pour les Diesel présentent des avantages notoires sur tout autre mode de transmission : réduction du niveau sonore, réduction des masses en mouvement et plus grande souplesse dans l'implantation des organes annexes au moteur. C'est

pourquoi un retour aux "cascades de pigeons" n'est pas envisageable, même si la fiabilité des courroies est parfois mise en défaut. Il convient aussi d'observer que, lorsqu'une défaillance se produit avant la limite de kilométrage prescrite pour l'échange, les constructeurs prennent la réparation à leur charge, pendant ou même hors période de garantie.

l'Eglise avant d'être toléré.

«Vous écrivez : "logiquement" [nous avons écrit que, logiquement, pour vérifier l'efficacité du vaccin, il faudrait administrer à la moitié d'un groupe de sujets à risques le vaccin et à l'autre moitié, un placebo]. Le simple exemple cité plus haut montre que l'éthique repose sur des sous-entendus. Impossible donc de parler de logique...»

Il n'est pas ici question de sous-entendus : la logique de la mise en œuvre d'un vaccin exigerait bien logiquement de mettre ce vaccin à l'épreuve. Comme l'éthique médicale internationale interdit de mettre en danger la vie d'un être

Éthique, sida et procès d'intention

Se référant notre article "Vaccin anti-sida : l'impasse" (n° 910, p. 80 et 81), M. D.B., de Roppenheim, écrit : "Les Français s'essaient-ils à l'éthique ? A vous lire, on croirait qu'ils s'y croient vraiment... Vous écrivez, en effet : "Il est impossible (...) de pratiquer une injection (...) d'épreuve, comme chez l'animal." Cela sous-entend que l'expérimentation animale est éthiquement légitime, ce qui n'est pas anticipable."

Nous avons écrit : «Il est impossible, d'un point de vue éthique, de pratiquer une injection virale d'épreuve, comme chez l'animal.» Nous n'avons pas écrit que l'expérimentation animale est conforme à l'éthique. L'éthique actuelle interdit, en effet, l'administration de virus vivant à un homme vacciné, mais elle tolère l'expérimentation animale quand elle est indispensable. L'éthique est une donnée sociologique, qui évolue avec les sociétés. C'est ainsi que l'usage aujourd'hui courant de la fourchette fut condamné par



humain, l'essai en double aveugle reviendrait à refuser à des volontaires le secours d'un vrai vaccin.

«Si le vaccin fonctionne, écrit encore ce correspondant, d'ici cinq à huit ans, quand les données statistiques seront suffisantes pour en démontrer l'efficacité, les médecins, politiciens, médias et autres auront à expliquer à tous ceux qui auront été infectés entre-temps pourquoi le vaccin leur a été refusé (...)

Datura contre plutonium

M. A.L., de Villiers-Allerand, n'a que 15 ans, mais lit notre revue avec intérêt, bien qu'il ne saisisse pas tout. Il écrit : «Il y a quelques mois, un article faisait état du fait que le datura aurait le pouvoir d'ingérer le plutonium sans que cela lui nuise, ce qui diviserait par 10 000 le problème du stockage des déchets radioactifs aux Etats-Unis...»

Il est exact que le datura absorbe le plutonium, mais l'utiliser pour le stockage des déchets ne ferait que déplacer le problème, car le plutonium ne cesse pas d'être radioactif quand il est passé dans les cellules de cette plante, et que fera-t-on ensuite des champs de daturas nécessaires au stockage des déchets ? On imagine d'ici des hectares entiers de daturas radioactifs en plus d'être toxiques...



CASIO®

COLLEGE



CALCULATRICES HAUTE TECHNOLOGIE

*Le meilleur (en parts de marché).

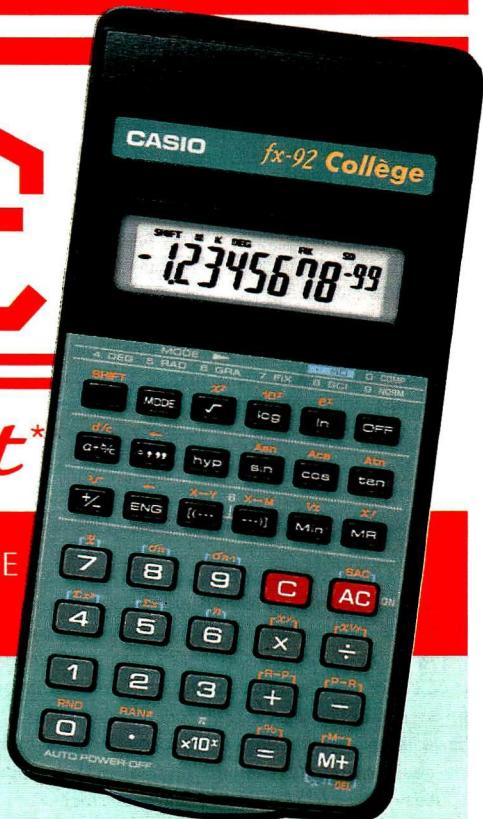
CASIO® THE BEST*

Les calculatrices scientifiques
les plus vendues en France.

Calculatrices conformes aux normes
définies par l'Education Nationale.


NOBLET
DISTRIBUTION: NOBLET SA - 92700 COLONNES

36 15 CLUB CASIO
Vente en magasins spécialisés,
grands magasins et papeteries.



FX 92 COLLEGE



suite de la page 8

s'excuseront-ils en invoquant l'éthique de l'ultime vérité scientifique ?

Rien ne permet de dire qu'un vaccin efficace mettrait cinq à huit ans à être commercialisé. Lorsqu'il le sera, ce sera parce que les producteurs disposeront de suffisamment de garanties d'efficacité. Ces garanties, dans le cas précis du sida, ne s'obtiennent pas en huit jours. Ainsi, nous rapportions dans notre n° 911 que l'équipe de Jonas Salk a attendu un an avant de publier les résultats d'essais d'un vaccin thérapeutique (pour sujets séropositifs) menés sur cinquante sujets dans neuf centres (résultats pourtant intéressants, car ils semblent durables, bien que n'étant pas uniformément concluants). Quand on com-

mercialise un vaccin, on suscite des espoirs considérables, et on ne peut donc le faire sans de solides garanties. Il n'y a donc pas d'"ultime vérité scientifique" à mettre en cause, mais simplement une sécurité suffisamment avérée.

Notre correspondant met en cause le protocole du double aveugle dans le cas de l'efficacité du vaccin. Ce protocole, qui soumet un groupe à un vaccin véritable et l'autre à un placebo, peut être contesté dans le cas du sida. En tout état de cause, il n'est pas uniformément adopté, et l'équipe de Salk, par exemple, ne l'a pas adopté.

Ce même lecteur déclare, au détour d'une phrase polémique, que «les campagnes actuelles et passées n'ont guère permis d'endiguer la

propagation du sida.» Affirmation un peu rapide, car ces campagnes ont justement eu pour effet d'inciter les "groupes à risques" à une plus grande prudence ; de fait, les statistiques les plus récentes indiquent que c'est parmi les hétérosexuels que les taux de sida progressent le plus vite, alors que leur avancée s'est sensiblement réduite chez les homosexuels. On peut se demander si cette différence n'est pas due au fait que le sida est longtemps passé (et passe encore) pour une maladie touchant les homosexuels, et qui menaçait peu les hétérosexuels.

M. B. va ensuite, un peu vite à notre avis, à la déduction suivante : «En science, en morale, celui qui a raison n'est pas celui qui démontre sa thèse, mais celui qui a en main les pouvoirs publics. (...)

La conclusion qui s'impose est donc indubitablement tout aussi immorale qu'une quelconque autre, mais elle est beaucoup moins hypocrite : laissons les scientifiques décider et faire ce qu'ils pensent sereinement être le mieux. (...) La meilleure référence pour cette thèse est à cet égard votre revue. Vous avez toujours défendu la science pour sa logique impitoyable.»

Cette opposition, des pouvoirs publics d'une part, de la science et de la morale de l'autre, n'est pas défendable. L'expérience récente a démontré, en France et aux Etats-Unis, et à plusieurs reprises, que des scientifiques responsables de la santé publique, donc détenant un pouvoir public, ont été mis en cause par d'autres pouvoirs publics. C'est ainsi qu'un prix Nobel, recteur

d'université, et un directeur de services de santé, aux Etats-Unis, ont fait l'objet d'enquêtes et de mises en cause extrêmement poussées.

Enfin, nous n'avons jamais défendu la science pour "sa logique impitoyable", mais simplement parce que c'est un savoir ("science" est le terme savant pour "savoir") vérifié, donc plus fiable et plus utile que les vaticinations et les superstitions. Et nous n'avons jamais hésité à mettre nous-mêmes en cause des savants pourtant puissants (par exemple, le célèbre Pr Solomon Snyder, dans "L'affaire du gaz dans le cerveau", n° 897).

Le hasard et la nécessité

"Je ne pense pas qu'il soit possible d'affirmer que le hasard puisse être le seul élément susceptible d'intervenir dans la création de la vie sans aller vers la polémique, écrit M. R.V., de Baillons-Montferrier-sur-Lez. Ainsi, l'expérience de Stanley Miller raconte une rencontre chimique, mais n'explique pas l'évolution générale, ni en amont, ni en aval, ni l'évolution négentropique accélérée du vivant."

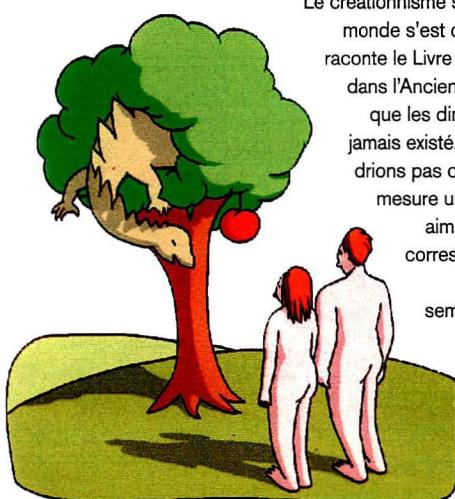
Pour mémoire, l'expérience de Miller a consisté à placer des gaz (ammoniac et méthane) au-dessus d'un certain nombre de substances élémentaires dans un milieu chaud et à bombarder celui-ci de fortes décharges électriques. Au terme de cette expérience, Miller a constaté la formation d'acides aminés, base de la cellule vivante. On

Les dinosaures n'existent pas

«Votre numéro d'août montre une fois de plus, écrit M. P.W.L., de Courbevoie, que vous êtes exclusivement évolutionniste, ce qui sous-entend que le créationnisme est faux. Ce sujet m'a toujours passionné. Je pense que votre erreur est de croire que l'évolutionnisme et le créationnisme ne peuvent pas exister, parce qu'ils sont contradictoires.»

Et ce lecteur de citer deux sources, que nous ne nommerons pas, par charité, et selon lesquelles l'évolution ne dispose ni du temps ni de l'espace nécessaires.

Le créationnisme soutient que le monde s'est créé comme le raconte le Livre de la Genèse, dans l'Ancien Testament, et que les dinosaures n'ont jamais existé. Nous ne voudrions pas contrarier autre mesure un lecteur aussi aimable que notre correspondant, mais enfin, il nous semble difficile de faire coexister cette théorie avec l'évolutionnisme.



CASIO

Lycee
LE
LEADER*

CALCULATRICES HAUTE TECHNOLOGIE

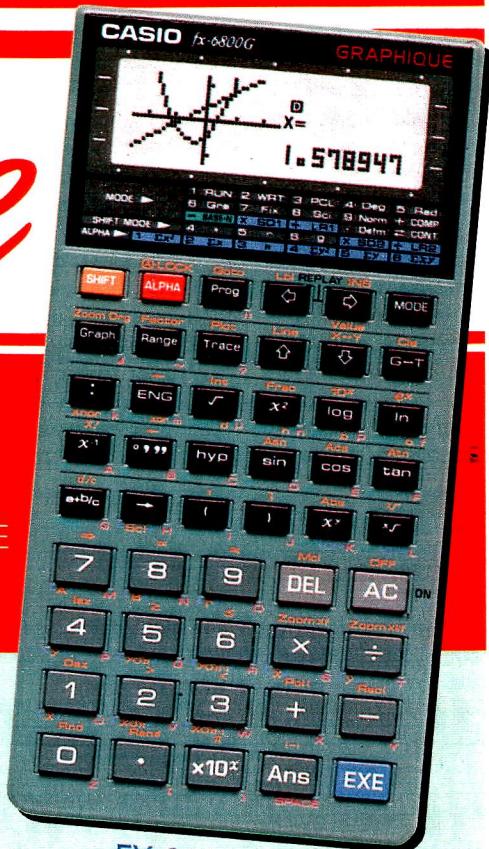
* N°1 des ventes.

CASIO LEADER*

Les calculatrices graphiques programmables
les plus vendues en France.

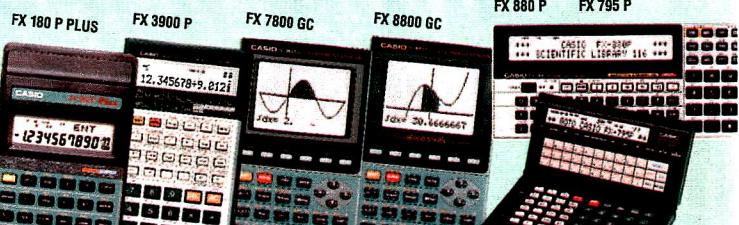
FX 6800 G : la 1ère de la gamme à un prix sans équivalent.

Calculatrices conformes aux normes définies
par l'Education Nationale.



FX 6800 G

LEADER



NOBLET
DISTRIBUTION: NOBLET SA - 92707 COLOMBES

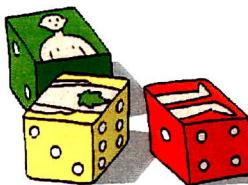
36 15 CLUB CASIO
Vente en magasins
spécialisés,
grands magasins
et papeteries.

FORUM

suite de la page 10

a constaté par la suite qu'à partir d'un certain point de concentration, ces molécules forment spontanément une pellicule ou membrane les isolant du milieu et enfermant plusieurs acides aminés dans cette sphère. Entre ces acides aminés ainsi isolés s'engagent des échanges et se constituent des structures déterminées selon le nombre et le type d'acides aminés. Puis, au-delà d'un seuil de grosseur donné, ces sphères se scindent pour donner deux sphères identiques. On a là le schéma de la formation des prokaryotes, les cellules les plus primitives.

Il n'existe évidemment pas de précis de fabrication d'une cellule vivante, mais on est fondé à penser qu'à partir de là, les échanges se sont amplifiés, certains types de cellules



s'agrégant entre elles selon leurs affinités physico-chimiques pour former des pluricellulaires, lesquels se dotaient de systèmes de survie de plus en plus complexes. Cette première évolution comporte en elle les schémas des autres évolutions.

Ce lecteur cite, entre autres, A.I. Oparine, pour qui la synthèse des protéines n'a pu être l'effet du hasard. Ce qu'Oparine entend par là est qu'elle a été, au contraire, l'effet de la nécessité : dans des conditions données, les composés organiques devaient forcément se former. C'est dans son célèbre article de 1924 que ce savant russe a montré qu'en l'absence de la couche d'ozone due à l'oxygène

ne, qui protège aujourd'hui la Terre, l'énorme quantité d'énergie produite par les ultraviolets solaires et les décharges de foudre avaient créé les premiers composés organiques. Cette thèse fut exposée indépendamment par le savant britannique J.B.S. Haldane en 1929, l'article d'Oparine n'ayant été traduit qu'en 1936.

«Pourquoi la nature crée-t-elle la vie sur certaines planètes comme la Terre ?» demande M. G.F. de Meylan. La réponse se trouve plus haut : par nécessité !

Amelia Earhart : précisions

«Ce que vous présentez comme un scoop [sur la disparition de l'aviatrice Amelia Earhart] ne date pas d'hier, écrit Mlle M.L.C., d'Yvetot. Je ne citerai pour exemple que des articles parus dans la revue "Historia" en 1967 et, à la même époque, la parution de "Mission double, la fin du mystère Amelia Earhart" (Flammarion), enquête très fouillée d'un journaliste américain, F. Goerner... Noonan n'était pas seulement le "passager" d'Amelia, mais son navigateur. En revanche, il ne pouvait pas être son "fiancé" au moment de leur disparition (1937). Il venait de se marier, et Amelia avait épousé G. Palmer Putnam... Il est probable qu'Amelia Earhart et Noonan aient été bons amis, sans plus.»

Nous n'avons pas présenté la brève relative à l'aviatrice (n° 911, p. 15) comme un "scoop". Nos informations découlent des prépublications récentes des documents de l'U.S. Navy et du FBI, jusqu'ici tenus secrets. Selon les mêmes documents, requis selon la loi américaine par un avocat et pilote américain, Randall Brink, le terme "fiancé" devait s'entendre au sens figuratif...

Ces explications vaudront comme réponse à M. C.A., de Bologne, qui nous reproche de n'avoir fait «que reprendre l'un des canulars ayant couru dans la presse à sensation des Etats-Unis dans les années 1985-1988 et dont l'ineptie a été démontrée avec preuves à l'appui par de nombreuses associations de professionnels.»

Émotion et bromure

M. S.C., de Bourges, s'indigne de ce que nous avons rapporté dans "Le cerveau, laboratoire du désir", à savoir qu'on administre du bromure aux recrues dans le vin et le café.

«L'énormité de cette affirmation vous a apparemment échappé. Ainsi, en France, pays des droits de l'homme, on pourraient en 1993 administrer un traitement psychotrope (...) non dénué d'effets secondaires à des centaines de millions de personnes, à leur insu...» Des centaines de millions, c'est sans doute un peu exagéré. Mais un peu de bromure assure sans doute un bon sommeil. C'est moins nocif que les glutamates qu'on ajoute aux conserves et qui, eux, peuvent déclencher de violentes allergies...

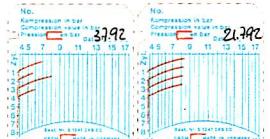
Dr Tant-Mieux contre Dr Tant-Pis

M. A.F. Crauste, des Mesnuls, se dit troublé par la lecture des n° 910 et 911 : «Deux articles contradictoires, l'un démontrant que la recherche actuelle [d'un vaccin contre le sida], par sa méthodologie, conduit nécessairement à l'échec, l'autre assurant qu'on progresse.» L'un est un article général, exposant les difficultés fondamentales, bien réelles, de la mise au point de ce vaccin, l'autre une information sur les progrès pourtant enregistrés dans ce domaine, notamment par l'équipe de Jonas Salk.

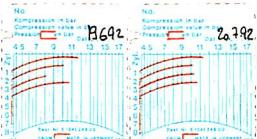
Ce lecteur poursuit : «Je suis intrigué par la paternité du vaccin antipolio que vos deux articles attribuent successivement à Sabin, puis à Salk. Que faut-il lire ?»

Sabin est l'inventeur du vaccin par virus atténué (par voie orale), Salk, de celui du vaccin par virus tué (par voie injectable). C'est le vaccin de Salk qui prévaut actuellement.

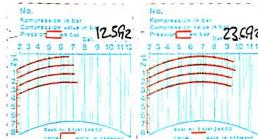




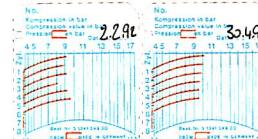
Moteur essence - 1272 cm³ - 151 700 km avant-
152 610 km après traitement Métal 5.



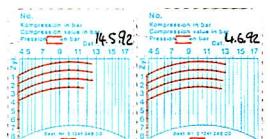
Moteur essence - 1397 cm³ - 198 000 km avant-
199 500 km après traitement Métal 5.



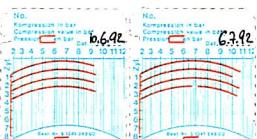
Moteur essence - 993 cm³ - 92 180 km avant-
94 025 km après traitement Métal 5.



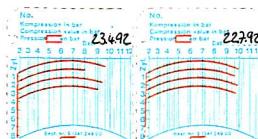
Moteur essence injection - 6 cylindres - 107 956 km avant - 110 459 km après traitement Métal 5.



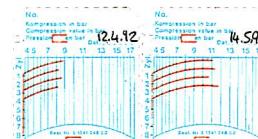
Moteur essence injection - 1580 cm³ - 47 056 km avant - 50 110 km après traitement Métal 5.



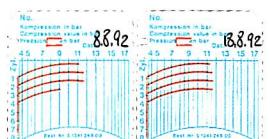
Moteur essence - 999 cm³ - 58 860 km avant-
59 795 km après traitement Métal 5.



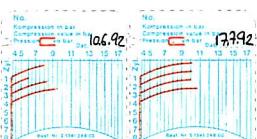
Moteur essence - 1272 cm³ - 156 176 km avant-
161 246 km après traitement Métal 5.



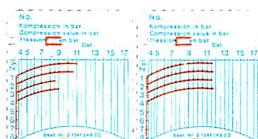
Moteur essence injection - 16 S - 75 930 km avant-
77 650 km après traitement Métal 5.



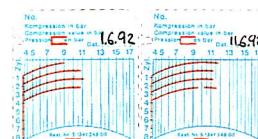
Moteur essence turbo - 1397 cm³ - 21 108 km avant - 22 318 km après traitement Métal 5.



Moteur essence - 1196 cm³ - 54 220 km avant-
55 060 km après traitement Métal 5.

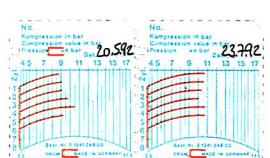


Moteur essence - 1108 cm³ - 98 326 km avant-
103 512 km après traitement Métal 5.

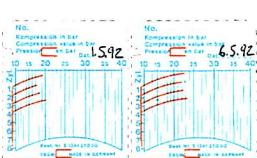


Moteur turbo essence - 1995 cm³ - 156 682 km avant - 157 592 km après traitement Métal 5.

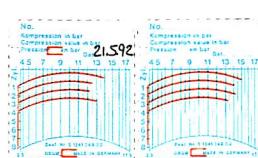
L'EFFICACITÉ MÉTAL5? ON PEUT MULTIPLIER LES PREUVES À L'INFINI.



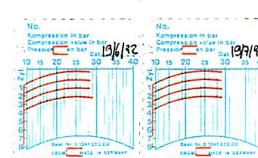
Moteur essence injection - 6 cylindres - 90 200 km avant - 91 473 km après traitement Métal 5.



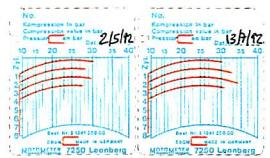
Moteur diesel - 1596 cm³ - 168 753 km avant-
169 101 km après traitement Métal 5.



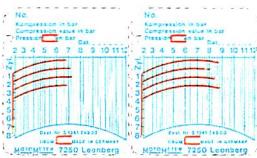
Moteur essence injection - 1998 cm³ - 128 288 km avant - 130 228 km après traitement Métal 5.



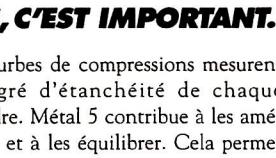
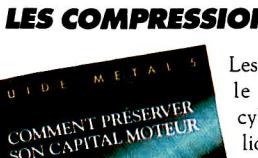
Moteur diesel - 2500 cm³ - 98 200 km avant - 99 780 km après traitement Métal 5.



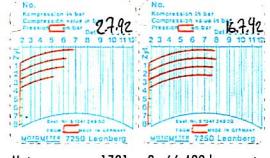
Moteur turbo diesel - 2068 cm³ - 151 000 km avant - 153 000 km après traitement Métal 5.



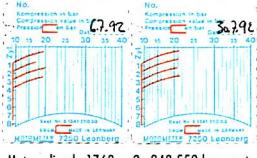
Moteur essence injection - 1580 cm³ - 105 000 km avant - 105 880 km après traitement Métal 5.



Moteur diesel - 1360 cm³ - 40 738 km avant-
42 318 km après traitement Métal 5.



Moteur essence - 1721 cm³ - 66 489 km avant-
67 169 km après traitement Métal 5



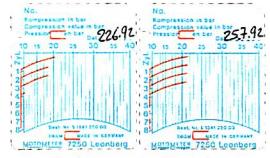
Moteur diesel - 1768 cm³ - 248 550 km avant-
249 470 km après traitement Métal 5.



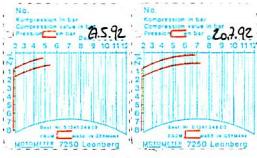
Les courbes de compressions mesurent le degré d'étanchéité de chaque cylindre. Métal 5 contribue à les améliorer et à les équilibrer. Cela permet d'améliorer le fonctionnement et de prolonger la vie du moteur.

Si la santé de votre moteur vous intéresse, vous pouvez obtenir gratuitement le "Guide de la Protection des Moteurs" en tapant 3615 Métal 5 ou sur retour du coupon ci-dessous :

Veuillez m'adresser gratuitement le "Guide Métal5":
28 pages illustrées : le moteur, sa lubrification, sa protection - 17 questions d'automobilistes - 17 réponses Métal 5 - Un guide précieux.



Moteur diesel - 1870 cm³ - 158 598 km avant-
160 821 km après traitement Métal 5



Moteur essence - 2 cylindres - 100 780 km avant-
102 010 km après traitement Métal 5

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Code Postal _____ Ville _____

Type de Voiture _____ Km _____

Demande d'informations et documentation à : SODITEN S.A.
127, AVENUE FÉLIX-FAURE - 92000 NANTERRE - TÉL.(1) 45 06 22 44

MÉTAL5, LA PROTECTION ACTIVE DES MOTEURS

Ces mesures de compression ont été prises par quelques-uns des 10 000 professionnels de l'automobile qui utilisent Métal 5 en France.

suite de la page 12

Sida et chauffage du sang

M. J.B., de Versailles, demande pourquoi l'on n'utilise pas comme traitement contre le sida le chauffage du sang en circulation extracorporelle, étant donné que ce chauffage détruit le virus. Cette solution a été envisagée un moment en 1985-1986, puis abandonnée, étant donné que le sang n'est pas le seul tissu contaminé par le virus. Au fur et à mesure de l'infection, en effet, les lymphocytes infectés sont séquestrés par les ganglions, et, même si l'on parvenait, ce qui semble bien difficile, à une circulation lymphatique extracorporelle, on n'atteindrait pas les ganglions.



La femme change-t-elle à cause des hormones?

M. R.B., de Condé-sur-Escaut, nous félicite pour notre nouvelle mise en page, qu'il trouve «fort agréable».

«Je voudrais, poursuit-il, faire un rapprochement entre vos deux derniers numéros. Dans le dossier "L'homme change-t-il?", vous écrivez que l'âge des règles chez les jeunes filles est de plus en plus précoce, et celui de la ménopause de plus en plus tardif. Dans vos "Echos de la recherche" du mois d'août, vous signalez une stérilité masculine croissante, qui serait due à un excès d'hor-

mones féminines dans l'environnement. Ces hormones, puisqu'elles agissent sur les fœtus masculins, doivent aussi agir sur les féminins. Y a-t-il eu des études sur le sujet et, si oui, qu'en ressort-il?»

Des études ont bien été faites sur les taux de cancers chez les femmes dont les mères avaient, pendant leur grossesse, été soumises à des traitements oestrogéniques. Ces études indiquaient des taux de cancers anormaux. Nous n'avons pas connaissance d'études qui feraient le lien entre les taux d'hormones féminines dans l'environnement et la précoceité de la ménarche ainsi que le recul de la ménopause ; l'hypothèse est toutefois justifiée et appellerait, en effet, une étude.

Big bang et philosophie

«Lorsque la science se perd dans des hypothèses à la limite du savoir humain, comme cela est souvent le cas en cosmologie, écrit M. J.L., de Bondues, on touche à la philosophie. Il faudrait un spécialiste objectif et non imaginatif, surtout pas un philosophe, cette discipline n'existant pas.»

Assertions certes énergiques ! Par définition, une hypothèse est à la limite du savoir, sans quoi on ne la formulera pas. Quand Einstein postule en 1916 que la gravitation n'est pas une force, mais l'effet d'une courbure de l'espace-temps au voisinage d'une masse, l'hypothèse est "aux limites du savoir humain". Mais elle donne à Eddington l'idée de la vérification qui montre effectivement la courbure des rayons lumineux des étoiles autour du Soleil, lors d'une éclipse de celui-ci.

Par ailleurs, un spécialiste peut être imaginatif sans cesser d'être objectif. Quant à dire que la philosophie n'existe pas...

«Je prends comme exemple le big bang. Il y a quelques années, les astrophysiciens parlaient bien de l'hypothèse du big bang, alors que, dans les livres récents, on en parle comme d'une réalité.»

Il est encore possible de croire à la réalité du big bang comme de croire à un Univers fixe, et c'est la raison pour laquelle tous les livres d'astrophysique n'en parlent pas de la même manière.

Le subjonctif et l'orthographe

De M. E.B., de Colmar : «Dans votre numéro d'août 1993 (p. 19), vous titrez un article "Le dilemme du photon". Or, quoiqu'en pensent la majorité des gens, c'est bien d'un dilemme qu'il s'agit, l'autre orthographe étant incorrecte.» Juste ! Mais enfin, nous eussions préféré : «quoi qu'en (et non quoiqu'en) pense la majorité des gens», ce qui est plus logique.

De M. F.B., de Carcassonne : «Page 188 de votre numéro 908, vous écrivez : "Il n'y a apparemment pas grand-chose pour les sciences humaines dans la décennie 40-50, qui est marquée..." J'aurais écrit : "Il n'y a apparemment pas grand-chose pour les sciences humaines dans la décennie 40-50, qui soit marquée...".»

Faux ! Le sujet du verbe être est ici "décennie" et non "chose".

ERRATA

Rendons justice à la perméthrine et au malathion : ce sont actuellement en France les deux meilleures matières actives contre les poux, et la mention «cas probables de poux résistants» dans le tableau de droite, p. 126 de notre n° 912, est due à une manœuvre malencontreuse.

D'autre part, le nom d'aoûtat s'applique bien, comme le dit le texte, à la larve (trois paires de pattes) de *Trombicula autumnalis*, et non à l'adulte (quatre paires de pattes), que montre la photo du haut, p. 26 de notre n° 911 du mois... d'août. ■



L'Ecole Universelle:

250 programmes pour développer ses connaissances,
s'instruire, suivre ses études.

Etudes secondaires

- Classe de 6e ■ Classe de 5e ■ Classe de 4e
- Classe de 3e ■ Seconde ■ Premières A.B.S.
- Première G/STT ■ Premières F1.F3.F8/SMS
- Première d'adaptation ■ Terminales A.B.C.D.E. ■ Terminales G1.G2.G3/STT
- Terminales F1.F3.F8/SMS ■ Baccalauréat
- Enseignement annuel et possibilité de cours de soutien de la 6ème à la terminale en Mathématiques, Physique et Français.

Etudes supérieures

- Admission des non-bacheliers.
- DROIT : ■ Capacité en droit ■ Deug de droit
- Deug sciences économiques ■ Deug A.E.S.
- Institut d'études politiques.
- SCIENCES : ■ Deug sections A et B
- P.C.E.M. ■ 1re année de pharmacie ■ Math. sup. ■ Math. spé. ■ Entrée écoles vétérinaires
- Entrée écoles supérieures de commerce
- Entrée institut d'études politiques.

Carrières sociales et paramédicales

- Examens d'entrée dans les écoles :
- Aide-soignante ■ Auxiliaire de puériculture
- Moniteur éducateur ■ Cadre infirmier(e)
- Masseur kiné ■ Assistante sociale ■ Educateur de jeunes enfants ■ Orthophoniste
- Educateur spécialisé ■ CAP employé de pharmacie ■ Bac F8/SMS ■ Secrétaire médicale ■ BTS diététique ■ BTS économie sociale et familiale.

Comptabilité - Banque

- CAP ESAC ■ BEP ACC ■ Bac professionnel comptabilité ■ BP bureautique option comptable ■ Bac G2/STT ■ BTS comptabilité et gestion ■ BP banque ■ D.P.E.C.F. ■ D.E.C.F. ■ Diplôme Union Professionnelle
- Comptable ■ Chef comptable ■ Assistant de gestion ■ Comptable sur informatique ■ Secrétaire comptable ■ Contrôleur de gestion sur micro.

Commerce - Distribution

- CAP vente ■ Bac pro vente représentation
- BTS force de vente ■ BTS action commerciale ■ BTS commerce international
- BAC G3/STT ■ Entrée écoles supérieures de commerce ■ Ingénieur commercial ■ Représentant ■ Vendeur ■ Responsable export
- Inspecteur des ventes ■ BTS communication et action publicitaires ■ Chef de publicité ■ Responsable marketing.

Carrières administratives

- Secrétaire comptable à la banque de France ■ Préposé de la poste ■ Commissaire
- Gardien de la paix ■ Commissaire de mairie ■ Surveillant des Ets pénitentiaires ■ Agent de recouvrement du trésor ■ Contrôleur des impôts ■ Contrôleur de la poste ■ Rédacteur de mairie ■ Inspecteur police nationale
- Greffier des tribunaux ■ Inspecteur de la poste ■ Inspecteur des impôts ■ Rédacteur Banque de France.

Langues étrangères

- Cours universel d'anglais avec cassettes
- Allemand, Espagnol, Italien avec cassettes
- Anglais commercial ■ Allemand commercial
- Interprète ■ Traducteur commercial.

Les diplômes qui ouvrent les frontières :
■ First Certificate in English ■ Certificate of Proficiency of Cambridge ■ Chambre de commerce britannique, espagnole, franco-allemande ■ TOEFL ■ C.E.L.E. : Certificat européen de langues étrangères.

Culture générale

- Histoire des civilisations ■ Analyse d'œuvres littéraires ■ Histoire de l'art
- Histoire des religions ■ Histoire du cinéma
- Rédaction littéraire ■ Philosophie ■ Approche de la psychologie ■ Lecture rapide
- Graphologie ■ Conversation ■ Perfectionnement culturel ■ Mise à niveau mathématiques, physique, chimie, ■ Initiation informatique ■ Pratique du micro-ordinateur.

Carrières artistiques

- Cours élémentaire de dessin ■ Cours pratique de dessin et peinture ■ Cours universel de dessin et peinture ■ Dessinateur illustrateur ■ Décorateur d'intérieurs et d'ameublement ■ Assistant décorateur
- Designer ■ Antiquaire ■ Cours universel de décoration ■ Histoire de l'art ■ Histoire des styles ■ CAP d'esthéticienne (stage pratique gratuit) ■ CAP coiffure ■ BTS architecture intérieure ■ BTS stylisme de mode.

Possibilité de bénéficier des dispositions
sur la formation continue

ORIENTATION CONSEILS

► Appeler le :
(1) 47.73.01.84

**INSCRIPTION A TOUT
MOMENT DE L'ANNEE**

Bon pour une documentation gratuite :

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

M.□ Mme □ Melle □

NOM Prénom

Adresse : N° Rue

Code postal Ville Tél.

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

Age Niveau d'étude Diplômes obtenus

Profession exercée (si vous êtes en activité):

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

Quelle formation avez-vous choisie ?

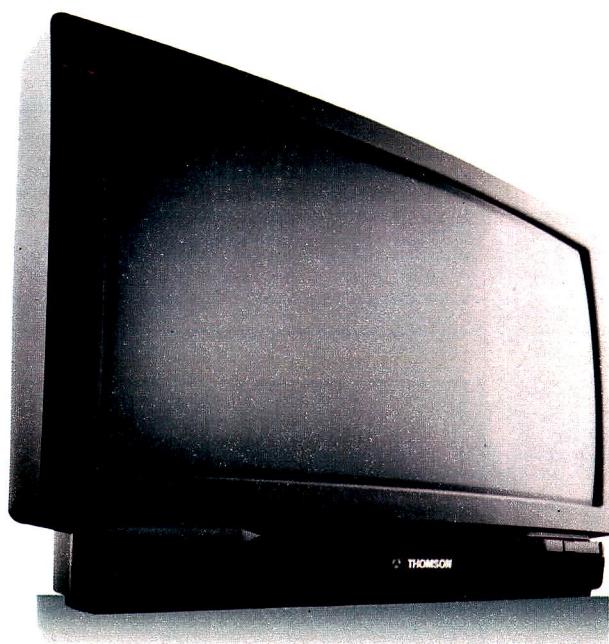
Adressez-nous ce Bon dès aujourd'hui à l'ECOLE UNIVERSELLE
75931 Paris Cedex 19

**ECOLE
UNIVERSELLE**

Institution d'Enseignement Privé par Correspondance
soumis au contrôle du Ministère de l'Education Nationale
139, Avenue Jean-Jaures 75019 PARIS



Dans les yeux des enfants brillent les



Space System 16/9



plus belles visions du monde de demain.

**Alors nous avons conçu
un téléviseur qui transforme votre salon
en salle de cinéma.**

*Avec son format 16/9, ce téléviseur Thomson vous permet
de voir les films dans leurs vraies dimensions.*

*Et cela dans les meilleures conditions de confort pour les yeux.
Comme au cinéma. Il vous assure une qualité visuelle
et sonore tout à fait exceptionnelle.*

*Le système acoustique Cabasse 2 x 50 watts apporte au
son des films un relief saisissant. Ce téléviseur est vraiment
conçu pour être à la mesure de votre imagination.*

J 5158



THOMSON *autant voir grand*

PUBLICIS CONSEIL

La fertilité masculine dépend des saisons

La densité des spermatozoïdes est plus élevée l'hiver que l'été. Elle atteint son taux le plus bas (- 20 % par rapport à la moyenne) fin septembre, et le plus haut (+ 10 %) en février et

fin novembre. Telles sont les conclusions d'une enquête épidémiologique américaine menée par une équipe du National Institute of Child Health and Human Development.

Aux Etats-Unis, ce phénomène coïncide avec une baisse des taux de naissance en avril et en mai, mais cette corrélation n'entraîne pas forcément une relation de cause à effet, selon l'anthropologue James Wood, de l'université de Pennsylvanie. La fécondité du couple, en effet, ne dépend évidemment pas de l'homme seul. Il apparaît que, dans l'ensemble du monde, on relève aussi des hauts et des bas dans les taux de naissance, ces variations semblant spécifiques des régions du globe.

Le phénomène intéresse les chercheurs, parce qu'il reste inexpliqué. Ainsi, le bon sens voudrait que les taux inférieurs durant la saison chaude s'expliquent par le fait que la chaleur détruit les spermatozoïdes. Or, après avoir comparé les concentrations de spermatozoïdes en été chez des hommes qui travaillent dans un milieu climatisé et chez d'autres travaillant en plein air, Levine n'a pas trouvé de différence : dans les deux groupes, les taux baissaient également de 20 %. La fraîcheur n'y fait rien et le bon sens se trouve ici mis en échec.

Il semble toutefois que l'on ait découvert au moins un facteur d'explication dans le fléchissement des taux de naissance en avril et en mai, et ce facteur-là est féminin : c'est la fonte des graisses, due à une modification de l'alimentation (et peut-être aussi à des régimes amaigrissants). En effet, pour des cycles menstruels normaux, il faut que le corps féminin comporte 30 % de son poids en graisses ; au-dessous de ce seuil, selon la généticienne Rose Frisch, de l'université Harvard, le cycle menstruel se dérègle. Il y a longtemps, d'ailleurs, qu'on l'a vérifié : les sportives, chez lesquelles les taux de graisses sont inférieurs à la normale, sont le plus exposées à l'aménorrhée.

Les graisses joueraient-elles ce rôle chez l'homme ? Nul ne le sait.

Le centre de la Terre serait moins chaud que prévu

Les températures du noyau terrestre interne et externe, ainsi que du manteau inférieur sont inconnues ; les estimations des géophysiciens situent généralement aux environs de 7 500 °C la température de la région limitrophe entre le noyau interne et l'externe ; mais elles résultent d'extrapolations. Pour mémoire, le noyau interne serait solide et son enveloppe, baptisée le noyau externe, située au-dessous du manteau inférieur, est liquide. Les estimations de ces températures sont basées sur des calculs faisant intervenir deux facteurs : la pression et la nature des matériaux en fusion. Or, on ignore quelles sont les températures de fusion du fer, un des constituants essentiels du noyau, à de très hautes pressions. On ignore aussi l'influence de certains alliages d'éléments légers sur ces températures.

R. Boehler, de l'institut Max-Planck pour la chimie, à Mayence, vient de publier des études⁽¹⁾ qui indiquent que cette température serait très inférieure à celle donnée par les calculs précédents. Ayant placé de petites quantités de fer et

de composés de fer et d'oxygène entre deux pointes de diamant, il les a chauffés à l'aide d'un laser, et sous des pressions allant jusqu'à 2 000 000 de bars, soit 2 000 hectopascals. Il a mesuré les températures au fur et à mesure de l'élévation des pressions. Comme la pression à la frontière entre les deux noyaux, à 5 100 km de profondeur, est de 3,3 Mbars, Boehler a établi que le point de fusion du fer est de l'ordre de 4 600 °C "seulement". C'est donc la température à la limite des deux noyaux. Et l'intérêt de ces recherches est qu'elle est donc de 3 000 °C inférieure à ce qu'on avait supposé.

A la limite supérieure du noyau externe, également constituée de fer, la température serait de 3 700 °C, en raison, évidemment, de l'abaissement des pressions. Et la température de la couche inférieure du manteau de silicate, à une douzaine de kilomètres plus haut, serait de 2 400 °C.

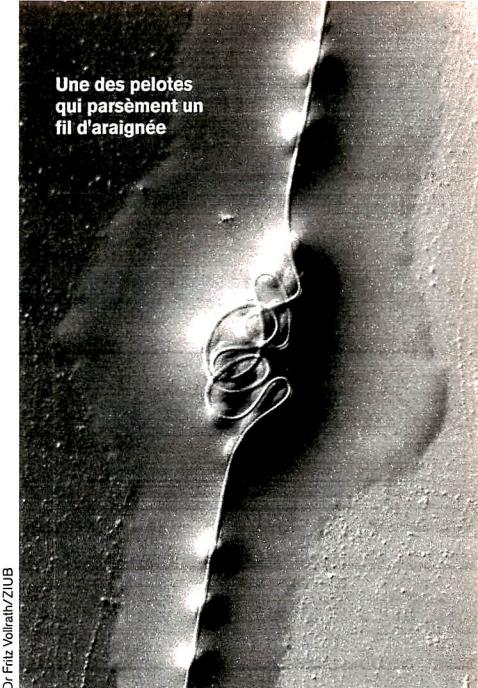
C. H.

(1) R. Boehler, "Temperatures in the Earth's Core from Melting-Point Measurements of Iron at High Static Pressures", *Nature*, 10 juin 1993.

Voici pourquoi les toiles d'araignée sont élastiques

Tout le monde a pu en faire l'expérience : quand on touche une toile d'araignée, elle témoigne d'une élasticité certaine ; pourquoi ? Fritz Vollrath et ses collègues de l'université de Bâle l'ont établi en macrophotographie. Agrandi 1 500 fois au microscope électro-nique, ce fil de soie d'araignée révèle la présence d'une pelote de boucles enchevêtrées : quand le fil subit une traction, par exemple sous l'impact d'un insecte volant, les boucles se déroulent pour fournir une longueur supplémentaire et, quand la pression a disparu, se rembobinent sans casser.

Celui-ci (photo ci-contre) est un fil d'épeire diadème, *Araneus diadematus*, et, prouesse de cette tisseuse de génie, ce n'est que l'une des sept variétés que cette soyeuse peut filer, selon le cahier des charges ! Le cadre est tissé avec une soie rigide, dite "sèche", à faible indice d'étirement (25 %), et qui ne reprend sa forme qu'au bout de plusieurs heures. La soie de la spirale de capture, elle, est tissée d'une double soie collante absorbant l'humidité de l'air, ou hygrophile, à très fort indice d'étirement (400 %), et qui reprend immédiatement sa forme. La soie la plus résistante est réservée au cocon qui abrite les œufs. Il est à noter que, lorsqu'une toile est détruite, l'araignée la mange, pour en réabsorber les protéines et l'eau, avant d'en tisser une nouvelle !



Le plus vieux tissu du monde a 9 000 ans d'âge

Mesurant 8 cm sur 4 cm, il a été découvert à Canonu, sur le Tigre, en Turquie, par des équipes des universités d'Istanbul et de Chicago. Il entourait le manche en corne d'un outil et semble constitué de fils de lin. Cela fait remonter l'origine du tissage de 500 à 1 000 ans.

Le Pentagone accusé de mensonges par le Congrès américain !

Dans ses projets d'études soumis au Congrès pour approbation du budget, le Pentagone aurait sciemment sous-estimé les prix et promis des proesses technologiques incertaines. Il annonçait, par exemple, que le prix du programme de construction des ICBM Minuteman III serait de 16 milliards de dollars, alors qu'il fut de 23. Il prêtait au fameux bombardier B-2 des caractéristiques de pénétration imaginaires, et dépensa 7 milliards de dollars pour un perfectionnement douteux des missiles Cruise.

La grippe, cause de schizophrénie ?

Des études britanniques laissent apparaître une corrélation entre l'épidémie de grippe de 1957 en Angleterre et au Pays de Galles et les taux d'enfants devenus schizophréniques. En effet, on relève chez les enfants exposés au virus de la grippe des taux de schizophrénie de 88% supérieurs aux taux ordinaires.

On a retrouvé le cheval Nangchen

Petite tête et cou fin – à la différence du célèbre cheval de Przewalski –, dos, jarrets et sabots bien dessinés, capacité pulmonaire exceptionnelle, le Nangchen, cheval mentionné dans des textes chinois du VI^e siècle, a été retrouvé par un anthropologue français au Tibet, à plus de 4 000 m d'altitude.

Il sera intéressant d'en établir

l'origine. On sait que le cheval est apparu en Asie centrale, et l'on a tenu jusqu'ici que le type originel était le Przewalski, dont descendent le cheval européen primitif, dit tarpan, et, plus tard, les autres races.

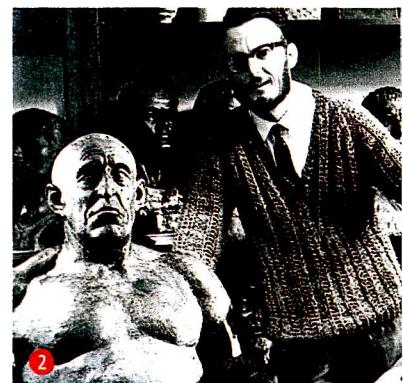
Le Nangchen est-il donc un descendant du Przewalski, ou bien, au contraire, son ancêtre ?

Le vrai visage d'Ivan le Terrible

La reconstitution d'un visage d'après son crâne est un exercice désormais familier pour les services de police du monde entier. Un crâne et un squelette, en effet, contiennent beaucoup d'informations qui permettent d'établir le sexe, l'âge et les maladies du défunt, et donc de reconstituer son apparence, son tonus musculaire, la coloration et les rides de sa peau, etc.



① Le squelette, dans l'état où il fut trouvé.



② Le corps du tsar reconstitué après remise en état du squelette.

Encore faut-il disposer de ces vestiges.

Or, quand les Russes se mirent en demeure de reconstituer l'image réelle du tsar Ivan IV, dit le Terrible, ils se heurtèrent à une difficulté importante : le squelette retrouvé dans le sarcophage de marbre sous la basilique de

l'Archange, au Kremlin, n'était plus qu'un tas d'os effrités. Une équipe d'anthropologues se mit au travail et le rebâtit. C'est ainsi que, ces derniers mois, le Dr M. M. Guerassimov put entreprendre de recréer l'apparence de celui qu'on a appelé le premier tsar moderne.

La graphologie en France vue de l'extérieur

La pratique de la graphologie en France, qui semble "naturelle" pour certains, n'en finit pas de déconcerter les observateurs des autres pays. Comme nous avons pris sur la graphologie un parti qui a suscité certaines contrariétés, il nous faut citer un confrère américain, Barry James, qui, dans l'*International Herald Tribune* (3 août 1993), dénonce ironiquement la vogue de cette activité divinatoire.

«A un degré inégal dans le reste du monde industrialisé, les directeurs du personnel français recourent à une pseudo-science appelée graphologie, prétendue révélation du caractère par l'écriture, pour trier et choisir des candidats à un travail. Une vaste part de la population française a ainsi été soumise à son insu à une

procédure qui viole la vie privée et dont la valeur scientifique, selon de nombreuses études, est égale à zéro. Des sociétés se servent aussi d'une variété d'autres "ologies", allant de l'astrologie à la numérologie. Daniel Jouve, conseiller en recrutement à Paris, dit qu'il connaît un certain nombre de sociétés qui additionnent les chiffres des plaques minéralogiques des candidats et choisissent ceux qui totalisent des "nombres magiques". (...) Et cela au pays de René Descartes, le philosophe-patron de la froide rationalité.»

Voilà donc l'image que la France projette à l'étranger. James développe plus loin l'absurdité et l'illé-

galité de la graphologie et celles encore plus grandes qui consistent à recruter des candidats en utilisant des analyses sans aucune valeur. Et il conclut sa dénonciation en citant un autre spécialiste, Jean-Pierre Salzmann, porte-parole de l'International Institute for Management Development, de Lausanne, selon qui certaines sociétés laissent d'excellents candidats leur glisser entre les doigts à cause de doutes semés par un rapport de graphologue.

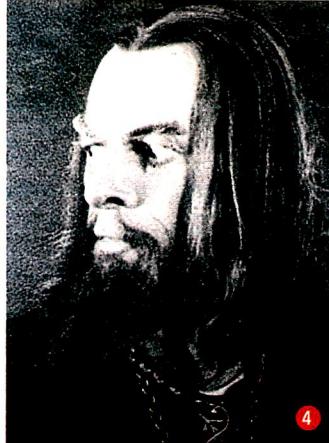
Un tel article devrait faire justice des allégations mensongères selon lesquelles la pratique de la graphologie est internationale ; elle ne l'est pas et, comme on peut en juger, elle déshonneure une culture.

Les chimpanzés aussi ont un code de la route

Dans la forêt équatoriale africaine, ils gardent le contact, lorsqu'ils se déplacent en bandes, à l'aide de signaux très exactement codés qui indiquent les directions à prendre et les temps de repos. Cette extraordinaire découverte éthologique (et linguistique) a été faite par le zoologue suisse Christophe Boesch, de l'université de Bâle. Les signaux sont donnés toutes les minutes par le chef mâle.



3



4

① Le profil du tsar, dûment doté de barbe et de vêtements.

② Ivan le Terrible tel que Eisenstein le présenta dans le film du même nom.

de la Russie. Ivan le Terrible chassa, en effet, les Tatars et les Kazans, ouvrit à son pays l'accès de la mer Noire et de la Volga, puis ouvrit les portes de la Sibérie. Il commit aussi bien des atrocités.

Celles-ci semblent s'expliquer par les grandes quantités de mer-

cure qui lui furent administrées, selon les prescriptions médicales de l'époque, pour traiter sa syphilis. On a en effet retrouvé dans ses os de fortes quantités de ce métal, qui déclenche des troubles neurologiques caractérisés par des accès de dépression et de fureur.

Ethique & Prévention

Le scandale du fumeur anglais mort faute de soins

Le cas de Harry Elphick, le fumeur mort d'une crise cardiaque, le 19 août dernier, faute d'avoir été hospitalisé à temps, en Grande-Bretagne, est exemplaire. Elphick s'était présenté à l'hôpital de Wythenshawe, à Manchester, mais on lui avait dit qu'on ne pourrait le soigner – en fait, effectuer un pontage coronaire – tant qu'il fumait. L'intervention fut donc remise à six mois. C'est ce délai qui peut être soupçonné de lui avoir été fatal.

Le scandale a été aggravé par le soutien officiel des autorités de l'hôpital au médecin responsable du refus de soins.

Cette affaire illustre d'abord les dangers d'un activisme antitabac qui s'est instauré, depuis quelques années, dans le monde anglo-saxon plus particulièrement. Ce mouvement a gagné les milieux

médicaux et engendré des effets pervers. Car, s'il est normal qu'un médecin déconseille à ses patients de fumer, il est immoral qu'il s'arrogue le droit de leur refuser ses soins s'ils n'obtempèrent pas. A la limite, cela reviendrait, pour un vénérologue, à refuser de soigner un malade atteint de syphilis, ou, pour un dentiste, à rejeter un client qui souffre de carie dentaire parce qu'il mange trop de sucre.

L'affaire révèle aussi les dangers qu'il y aurait, pour le corps médical, à prétendre "corriger" une prescription du serment d'Hippocrate, celle du devoir d'assistance, et à s'ériger en corps exécutif parallèle, acharné à mettre ses principes à exécution sous peine de mort ou de souffrance. L'ensemble du corps médical français a d'ailleurs condamné l'attitude de son homologue britannique.

Ichtyologie

Des poissons qui ont la tête chaude

Il est faux que tous les poissons aient le sang froid ; il en est une douzaine, dont le hareng-requin, le requin blanc, le thon et l'espadon, qui conservent au moins une partie de leur corps à une température relativement élevée, même en eaux froides. La singularité est appréciable, car le poisson se refroidit par la peau et surtout par les branchies, comparables à des fenêtres grandes ouvertes un jour d'hiver. Comment s'opère donc cette régulation thermique ?

C'est par l'intermédiaire d'un des six muscles oculaires, celui qui est spécialisé dans la production de chaleur, que l'espadon, par exemple, tient au chaud uniquement son cerveau et ses yeux. Les cinq autres muscles ne servent, eux, qu'à commander les mouvements des yeux. Idem, à peu de chose près, chez le maquereau-papillon, qui utilise un autre muscle oculaire (le *Rectus lateralis* et non le *Rectus superioris* comme chez l'espadon).

Chez le thon, ce sont les muscles natatoires rouges, toujours en mouvement, qui produisent la chaleur destinée au cerveau. Situés près de la colonne vertébrale et entourés de muscles blancs, qui ne fonctionnent qu'occasionnellement, en cas d'attaque ou de fuite, les muscles rouges sont donc relativement bien protégés du froid ambiant.

C'est grâce à leurs réserves de chaleur que ces poissons peuvent nager en profondeur – l'espadon, par exemple, peut chasser le calmar à 4 °C –, ou s'aventurer en eaux froides, riches de nourriture. C.H.

Drapeaux coloniaux chez les oiseaux

En peignant certains oiseaux de couleurs vives, et d'autres de couleurs ternes, l'éthologue américaine Karen Marchetti a constaté que ceux qui portaient des couleurs vives conquéraient des territoires deux fois plus étendus que ceux peints de couleurs ternes.

Océanographie

Un grand froid à l'équateur

La température du manteau supérieur de la croûte terrestre n'est pas uniforme. Des recherches indiquent que, le long de la zone équatoriale de la crête médo-atlantique, elle est de 150 °C inférieure à ce qu'elle est sur le reste de la crête. Il semblerait que la même anomalie

thermique existe dans le Pacifique. Les relevés gravimétriques semblent indiquer, tout le long de la zone équatoriale, des densités supérieures de la croûte terrestre, qui pourraient s'expliquer par la centrifugation de matériaux à degrés de fusion élevés, tels que la péridotite.

Médecine

La "démence des Mariannes" et autres bizarries

Une maladie dégénérative du système nerveux sévissait, depuis 1946, sur l'île de Guam, dans le Pacifique. Tenant à la fois de la sclérose latérale amyotrophique, de la maladie d'Alzheimer et de la maladie de Parkinson, atteignant beaucoup plus les hommes que les femmes, elle commença à décliner fortement en 1980. Actuellement, elle est en voie de disparition. Excellente nouvelle pour les habitants de Guam, mais consternation pour les neurologues qui essayaient d'en comprendre le mécanisme et d'en tirer des leçons pour l'ensemble des maladies dégénératives du système nerveux.

Pendant trente ans, des chercheurs de toutes disciplines tentèrent vainement d'établir l'origine de cette maladie : virale, bactérienne, alimentaire ou génétique. Plus récemment, le neurologue américain Peter Spencer crut l'expliquer par la présence de substances toxiques, des excitotoxines, dans la farine tirée du fruit d'un arbre de la famille des cycadées, largement consommée à Guam. Administrée à des macaques, elle

provoqua, en effet, des troubles neuromoteurs qui semblaient confirmer l'hypothèse.

Mais en 1988, le célèbre virologue Carleton Gajdusek, dont le nom est attaché à l'explication du kuru, autre maladie nerveuse dégénérative qui sévit en Nouvelle-Guinée-Papouasie, et le biologiste Ralph Garruto rejetèrent l'explication, faute de pouvoir reproduire les résultats décrits par Spencer. Il eût fallu consommer 100 kg par jour de cette farine pour souffrir des troubles décrits par Spencer, et, de toute façon, les indigènes de Guam laissaient tremper pendant des jours les graines de cycadées, ce qui en éliminait presque totalement la toxine en question. Mais on a trouvé dans la farine de cycadées une autre toxine, la cycasine, qui endommage réellement l'ADN et qui déclenche chez les rats un syndrome neurologique révélateur.

Peut-être qu'il n'est pas besoin de manger la graine de cycadée, car on peut aussi l'inhaler directement par le nez dans les plantations de cet arbre (reconnaissable à son port de palmier). Autre hypothèse :

la farine est contaminée par le zinc, neurotoxique connu, et il pourrait y avoir une synergie entre l'effet du zinc et celui de la cycasine.

La déception des épidémiologistes n'est pas totale : ils ont trouvé dans d'autres îles de l'archipel des Mariannes, auquel appartient l'île de Guam, des taux anormalement élevés d'une forme de démence appelée désormais "démence des Mariannes", qui devraient leur permettre de poursuivre leur enquête. Il ne s'agit d'ailleurs pas d'une enquête d'intérêt local, car, pour nos chercheurs, cette mystérieuse maladie pourrait être la "Pierre de Rosette" des maladies dégénératives du système nerveux.

Maladie d'Alzheimer et prion : un lien possible

Il existe, en effet, des ressemblances entre les encéphalopathies spongiformes humaines (kuru et maladie de Creutzfeldt-Jakob) et la maladie d'Alzheimer, toutes caractérisées par la présence de dépôts amyloïdes excessifs dans le cerveau. Comme les encéphalopathies spongiformes sont causées par le prion, protéine infectieuse jusqu'ici énigmatique, des chercheurs américains se demandent si celui-ci ne jouerait pas un rôle dans l'alzheimer.

Paléontologie

La femme de l'Homme de Java est perdue et retrouvée...

L'Homme de Java, ex-*Pithecanthropus erectus*, et en réalité réduit à une boîte crânienne et à un fémur, fut le premier fossile humain de l'espèce *Homo erectus* jamais retrouvé. Ce fut Eugène Dubois qui, en 1891, le trouva à Trinil, dans l'île de Java. D'autres fossiles du même type retrouvés dans l'île indiquèrent que celle-ci avait été occupée par l'*H. erectus*, ancêtre présumé d'*Homo sapiens*,

il y a de 450 à 550 millénaires.

H. erectus a quitté l'Afrique il y a un million et demi d'années, si l'on se réfère au sillage de vestiges osseux qu'il a laissé tout au long de son itinéraire migratoire. Or, les plus vieux de ses vestiges en Asie orientale n'ont que l'âge de l'Homme de Java. Cependant *H. erectus* n'a pas mis un million d'années à arriver à Java. Même en prenant le plus par-
resseux de tous les chemins des

écoliers, il a dû arriver en Asie bien plus tôt. Mais quand ? Et où ?

Grosse émotion, donc, lorsqu'il y a deux mois environ, à Leyde, aux Pays-Bas, des chercheurs annoncèrent qu'ils avaient découvert des vestiges d'une "femme de Java", aux traits bien "africains", qui contrariait à reculer à 1 400 000 ans la date d'occupation de Java par *H. erectus*. Un des chercheurs était Donald Tyler, anthropologue à l'université de l'Idaho, l'autre Sastrohamijoyo Sastrono, géologue à l'institut de technologie à Bandung, Indonésie (Java fait actuellement partie de cette République). Tyler se fondait sur la datation de la couche sédimentaire où l'on avait retrouvé les vestiges de la "femme de Java".

Si les vestiges de la "femme de Java" étaient aussi anciens que le disait Tyler, cela comblait un fossé immense et cela indiquait que *H. erectus* était arrivé en Asie "peu de temps" après avoir quitté l'Afrique, soit quelques siècles.

Dix jours plus tard, rectification (mouvementée, étant donné la protestation de Sastrono, qui avait apparemment surestimé l'ancienneté de la couche sédimentaire) : la "femme de Java" n'était que la représentante d'un rameau apparenté à *H. erectus*, et son âge était ramené entre 500 000 et 700 000 ans, ce qui était quand même nettement plus ancien qu'*H. erectus* lui-même. La "femme de Java" n'avait pas longtemps gardé la vedette.

Il se trouve toutefois que Tyler n'est pas un amateur et que, s'il a affirmé qu'il existe de fortes ressemblances entre le crâne de la "femme de Java" et deux spécimens d'*H. erectus* retrouvés au Kenya, sur les rives du lac Turckana, il y a quelques bonnes raisons de lui faire crédit. On en conclurait qu'*H. erectus* est arrivé en Asie du Sud-Est de 50 000 à 150 000 ans plus tôt qu'on l'avait supposé. Reste quand même à savoir ce qu'il a fait en chemin pendant quelque 700 000 à 1 million d'années...

Virologie

L'ancêtre du virus du sida est connu

Le plus primitif des virus du sida a été découvert par des chercheurs de l'Institut Max von Pettekofer, de l'université de Munich. Appelé MVP 5180, il a été prélevé dans les lymphocytes d'une Camerounaise décédée du sida et, jusqu'ici, chez vingt et un sujets d'Afrique de l'Ouest.

Très différent du VIH 1 et du VIH 2, les deux types connus du virus, il semble donc en être l'ancêtre. D'autre part, le virus VIS, celui du sida du singe, est plus proche de l'VIH 1 que le MVP 5180. En dépit de ses différences, le MVP 5180 est décelable par les tests sanguins classiques.

Un procès qui fera date

Philip Morris et R. J. Reynolds Tobacco Company ont intenté une action en justice contre l'agence américaine pour la protection de l'environnement (EPA), dans le but de faire annuler la thèse sur la responsabilité de la fumée du tabac dans les cancers du poumon des non-fumeurs. «Les relations de cause à effet entre l'inhalation passive de fumée et des risques pour la santé sont les plus faussées que l'EPA ait jamais présentées.»

Les éléphants se servent aussi de chasse-mouches

Les éléphants captifs d'Asie savent se servir de feuilles de bananier, de branches d'arbres et d'écorces, voire de morceaux de tissus, dont ils s'emparent au hasard de leurs parcours pour chasser les insectes volants.

Astrophysique

Il y a déjà des morceaux de Mars sur Terre

Si l'on veut chercher des météorites, c'est en Antarctique qu'il faut aller, car la glace amortit leur chute et puis les conserve. Et c'est d'ailleurs là qu'on les "récolte" : en dix ans, on y en a recueilli une dizaine de milliers. Sous les latitudes tempérées, et à plus forte raison subtropicales, elles tombent en poussière en quelques siècles. Aussi, 80 % des météorites recueillies sur

Terre viennent-elles du pôle Sud. Dans le lot, la NASA en trouva, en 1988, une qui était particulièrement intéressante, de par sa composition. Numérotée LEW 88 516, elle pesait 13,2 g. Un fragment d'un sixième de gramme fut adressé au laboratoire du Pr Otto Eugster, de l'Institut de physique de l'université de Berne (1), l'un des mieux équipés.

Les météorites "parlent" : leurs

teneurs en gaz rares, argon, krypton, zénon, indiquent l'âge de cristallisation et permettent également d'estimer le temps qu'elles ont passé dans l'espace. Plus un gaz rare est radioactif, en effet, plus la météorite a été bombardée par des rayons cosmiques, et plus son séjour dans l'espace a été long.

LEW 88 516, les analyses l'indiquent, a voyagé trois millions d'années avant d'échouer sur Terre. Mais, surtout, sa structure ressemble étonnamment à celle des roches étudiées en 1976 par la sonde Viking sur la planète Mars elle-même, à proximité du volcan Olympus Mons. Une autre météorite, retrouvée, celle-là, au Nigeria, en 1962, et appelée Zagami, présente les mêmes caractéristiques. Elle a également voyagé trois millions d'années, de même que deux autres en cours d'analyse aux Etats-Unis et en Allemagne. On pense donc qu'elles aussi viennent de Mars. Au total, on connaît sur Terre neuf météorites martiennes.

Comment sont-elles arrivées jusqu'ici ? Le plus probablement à la suite de l'impact formidable d'un astéroïde sur la planète rouge, qui expédia des millions de débris dans l'espace ; voyageant à la vitesse de 20 km/s, mesurant sans doute une cinquantaine de mètres de diamètre, ce corps céleste suffisait à créer un choc formidable. L'éjection de débris est d'autant plus vraisemblable que l'attraction martienne est deux fois et demie inférieure à celle de la Terre, et c'est ainsi que certains de ces débris sont donc arrivés chez nous.

Des astronomes américains pensent d'ailleurs avoir localisé le point d'impact, après avoir étudié les photos prises par la sonde Viking : c'est un cratère elliptique de plusieurs dizaines de kilomètres de diamètre.

(1) *Bulletin Cedos.*

A collaboré à cette rubrique :
Christine Holzhey.

La thalidomide fait un retour discret... contre le sida

Ce médicament, de triste mémoire, bloque la synthèse du TNF, dit cachectine, une substance naturelle qui, d'ordinaire, stoppe l'infection, mais qui, dans le cas complexe du sida, accélère l'évolution de la maladie.

Astronautique

L'une des dernières "cartes postales" de *Mars Observer*

Le lundi 23 août dernier, la sonde *Mars Observer*, lancée le 25 septembre 1992, recevait de cap Canaveral l'ordre de pressuriser son système de propulsion pour pouvoir lancer ses fusées de freinage et entrer en douceur dans l'orbite de la planète Mars.

Mais, à la NASA, pas de réponse

de la sonde... Celle-ci n'avait donc pas modifié automatiquement la position de ses antennes pour rester en contact avec la Terre. Ce genre de panne s'était déjà produit auparavant, et, chaque fois, les ingénieurs de la NASA avaient réussi à la réparer. Mais cette fois (à l'heure où nous mettions sous presse), l'engin semblait muré dans son silence spatial.

Mars Observer avait cependant commencé, dès le 26 juillet, à expédier des photos de Mars, dont celle-ci, prise à 5,8 millions de kilomètres de la planète rouge. L'image est relativement floue, mais on y distingue Syrtis Major, région de plaines volcaniques et de dunes noires (tache sombre).

Mars, vue de 5,8 millions de kilomètres, mélancolique image.



Le PS/1 : une prise de courant et tout devient simple.



Cinq minutes et vous êtes dans le coup. Avec le PS/1, c'est vraiment facile de faire ses premiers pas dans la micro. Il suffit de le brancher et, tout de suite apparaissent des icônes sur l'écran pour vous guider. Nous appelons cela "interface de convivialité". Grâce à cette interface, non seulement vous débutez bien, mais vous progressez vite. Vous disposez d'un "tutoriel" pour vous aider à utiliser votre micro, d'un autre pour les logiciels, d'une touche d'aide qui vous explique à tout moment ce qu'il faut faire. Vous ne vous sentez jamais dépassé.

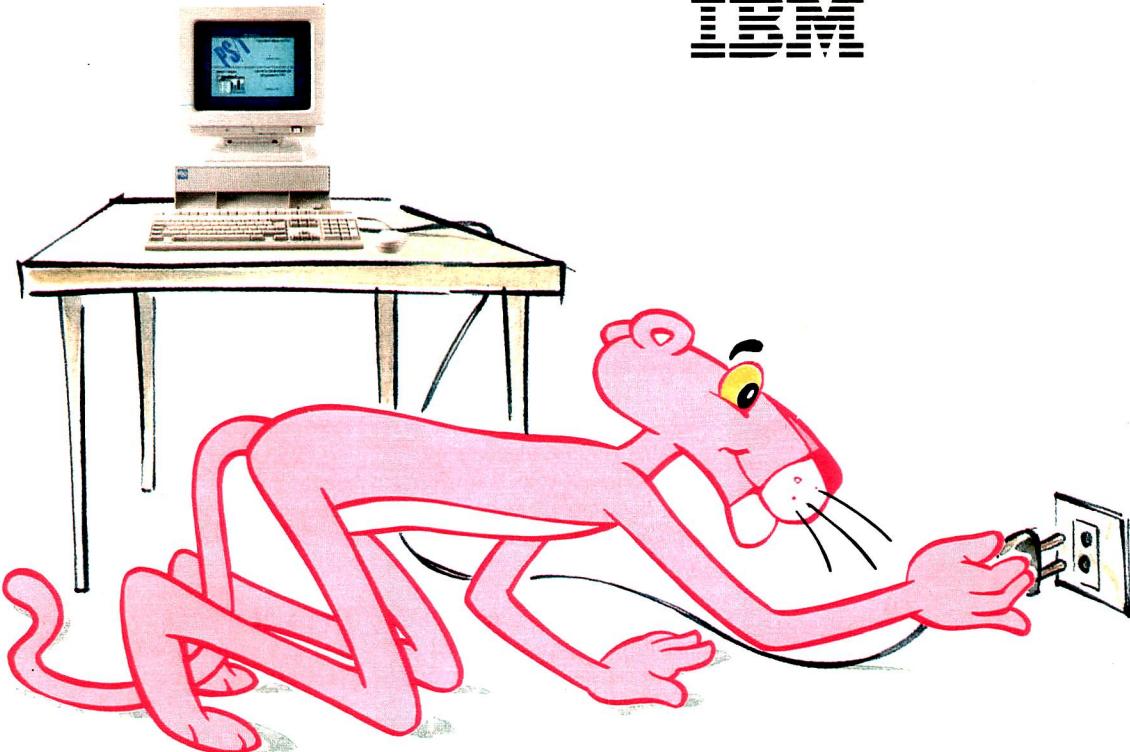
Et surtout, avec le PS/1, vous pouvez utiliser les milliers de logiciels disponibles dans l'univers PC.

Le PS/1 est puissant et bien équipé. Ses nombreux modèles sont dotés des logiciels Windows 3.1 et Works*, de processeurs allant du i486SX au i486DX*, d'une capacité disque allant de 85 Mo à 1 Go, et de la fonction minitel en option. Enfin, vous pouvez bénéficier des services "Helpware" avec, notamment, une assistance téléphonique 24h sur 24, 7 jours sur 7, gratuite pendant 1 an pour le PS/1. Pour en savoir plus sur le micro PS/1,appelez le Point réponse IBM : 05 03 03 03 ou tapez 3616 IBM.

Micro PS/1

On n'en fera jamais trop pour vous.

IBM



— Pour vous brancher sur le PS/1 D'IBM, remplissez et retournez ce coupon à : —

Serge Fontanille - IBM Direct, Service 0349, BP 51 - 45802 St-Jean-de-Braye.

OUI je désire recevoir une documentation sur le PS/1 d'IBM.

Nom : _____ Fonction : _____

Société : _____

Adresse : _____

Tél : _____ Mon équipement micro actuel : _____

échos de L'ENVIRONNEMENT

Conservation

Les zoos au secours des lémuriens

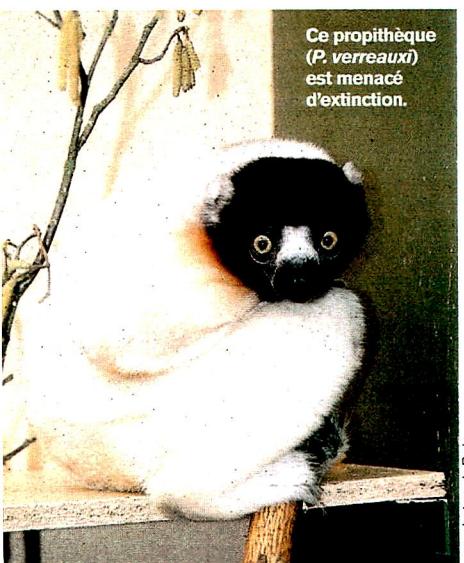
Les lémuriens de Madagascar n'ont jamais suscité autant de convoitise. En juillet dernier, deux expéditions scientifiques, l'une américaine, l'autre française, se sont succédé dans l'île pour y recueillir des spécimens de lémuriens, afin de les acclimater en zoo.

Les Américains du centre des primates de l'université de Duke s'intéressent, eux, au *Propithecus tattersalli* menacé de disparition par la récente découverte d'or dans son habitat naturel, au nord-est de Madagascar. Des milliers de chercheurs d'or colonisent en effet la région et chassent ce lémurien pour le manger.

stratégie alimentaire consistant à consommer en même temps de la terre fortement chargée en fer neutralisant les cyanides du bambou.

Quant aux Français, ils ont prélevé plusieurs autres espèces de lémuriens : deux couples de *Propithecus verreauxi coronatus*, un couple de ayes-ayes, deux *Hapalemur griseus* et deux *Lepilemur edouarsi*. Une fois passée la période de quarantaine, Maria Santini, chercheur au zoo de Vincennes, en étudiera le comportement afin de faciliter leur reproduction en captivité. Bien que les zoos aient encore mauvaise réputation, il faut savoir que certains animaux rares (les lémuriens notamment) s'y reproduisent très bien, ce qui a déjà permis de sauver plusieurs espèces condamnées à disparaître. «Nous avons presque trop de microcèbes, ces lémuriens à peine plus gros qu'une souris, souligne Maria Santini. Il faut maintenant nous pencher sur la reproduction de l'*Allocebus trichotis*, découvert en 1989.»

Autre objectif, connaître l'éthologie de trois espèces d'hapalemur (*H. griseus*, *H. aureus*, *H. sinus*) afin de résoudre une énigme : ils se nourrissent tous majoritairement de bambou ; mais, alors que le premier colonise l'ensemble de la côte ouest de l'île et une partie de la côte est, les deux autres n'ont été repérés que sur deux minuscules biotopes de quelques hectares et sont menacés de disparition... On sait déjà que l'*Hapalemur sinus* a besoin d'un territoire dix fois plus grand pour survivre (100 ha) que l'*Hapalemur griseus* (10 ha). Ces recherches (sur la reproduction, le comportement, l'alimentation...) serviront à définir la "superficie minimale utile" des réserves naturelles afin d'orienter les programmes de conservation à Madagascar.



L'expédition américaine a également ramené des spécimens d'*Hapalemur aureus* afin d'étudier leur alimentation. En effet, ces animaux se nourrissent de bambou contenant du cyanure. Or, la quantité de cyanure qu'ils consomment chaque jour est suffisamment毒ique pour tuer plusieurs hommes. Quel est leur secret ? Il pourrait s'agir d'une

Vendanges radioactives

● Le vin est un bon indicateur du niveau de radioactivité d'un terroir. En effet, les grappes de raisin concentrent une partie des radionucléides présents dans l'atmosphère. Lorsqu'une grappe de raisin contaminée par du césium est transformée en jus de fruit, elle conserve la plupart de ces radionucléides. En revanche, la vinification les élimine à environ 30 % pour le vin rouge et 70 % pour le vin blanc.

Des jeans écolo

● Deux sociétés américaines de biotechnologie, Agracetus et Clagene, tentent d'insérer dans des plants de coton les gènes responsables de la couleur bleue chez la plante indigo. Cette manipulation éviterait l'utilisation de colorants de synthèse qui polluent les rivières. Ainsi, pour fabriquer de la toile de jean, il suffira de filer le coton tel quel, sans aucune coloration préalable. «Donnez à un scientifique suffisamment de temps et d'argent, et il peut faire n'importe quoi», a déclaré Ken Bartoon, vice-président de la recherche et du développement d'Agracetus, à qui l'on demandait s'il ne s'agissait pas d'une gageure... A quand des hérissons phosphorescents, signalant leur présence nocturne sur les routes de nos campagnes ?

La forêt d'Eden

● La plus grande diversité d'arbres en un même endroit vient d'être découverte près de Serra Grande, le long de la côte atlantique du Brésil. Une équipe de botanistes a dénombré sur un seul hectare 450 espèces d'arbres, dont la plupart sont nouvelles. A titre de comparaison, en Amérique du Nord, un hectare de forêt contient seulement 10 espèces.

El Niño, gouverneur des pluies américaines

Au fur et à mesure des recherches, il apparaît que El Niño gouverne le climat des Amériques. Ce courant chaud, qui traverse le Pacifique d'ouest en est pour finir le long des côtes occidentales d'Amérique du Sud, doit son nom au fait qu'il se manifeste parfois avec une intensité exceptionnelle vers la fin du mois de décembre (en espagnol, *el Niño* signifie "l'enfant Jésus").

En février dernier, des climatologues américains et français, se fondant sur les relevés altimétriques enregistrés par satellite au cours de la mission d'océanographie spatiale Topex-Poseidon, s'alarmraient précisément des températures anormalement élevées d'El Niño.

Il faut savoir que le Pacifique n'est pas parfaitement horizontal. Dans l'hémisphère sud, il est soumis à l'influence des alizés, puissants vents de surface qui soufflent du sud-est vers le nord-ouest, poussant devant eux des masses d'eau. Résultat : le niveau de l'océan est plus élevé (d'une cinquantaine de centimètres) en Australie qu'en Amérique du Sud.

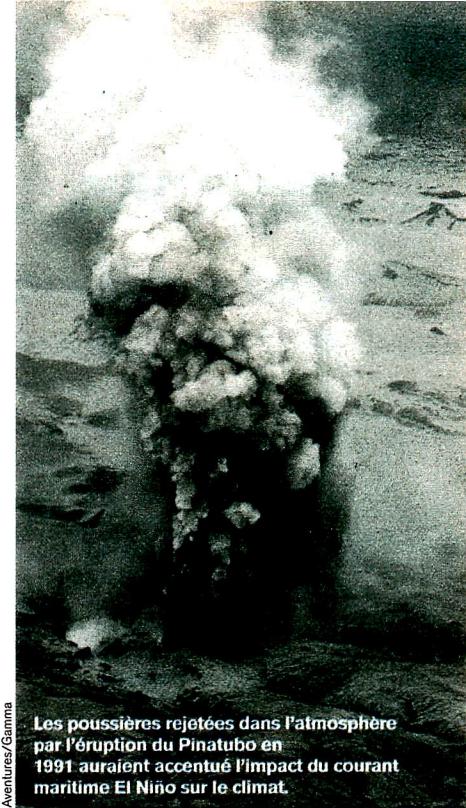
Or, El Niño, dont la trajectoire est l'inverse de celle des alizés, réduit cette "pente" d'environ vingt centimètres. Plus le courant chaud est important, et plus celle-ci s'atténue. C'est ainsi que l'"enfant Jésus" a pu être repéré, au début de l'année, par les scientifiques de

Topex-Poseidon.

Lors d'une conférence donnée en février au Jet Propulsion Laboratory de Pasadena, en Californie, les spécialistes ont indiqué que le courant chaud risquait de provoquer des précipitations anormales dans les mois suivants. Les faits leur ont largement donné raison, comme l'ont prouvé les inondations catastrophiques du Middle West américain en août dernier.

Incidemment, on peut s'étonner du manque de coordination qui semble régner entre les spécialistes. Certaines organisations françaises ont en effet rapporté une prévision selon laquelle El Niño ne se manifesterait pas cette année...

Deux faits se précisent néanmoins de plus en plus. Le premier est que le climat mondial est très fortement commandé par El Niño. Moussons en Asie, pluies diluviales au Japon, précipitations exceptionnelles et autres perturbations en Amérique du Nord, cyclones en Océanie, tout cela dépend de lui. Il est vraisemblable que, par ricochet, El Niño influence également le climat de l'Ancien Monde. Dans l'ensemble, il cause un climat plus chaud et plus sec dans l'hémisphère sud et un climat plus froid et plus humide dans l'hémisphère nord. Cela s'explique par les interactions air-mer : un Niño accentué affaiblit les alizés par abaissement



Les poussières rejetées dans l'atmosphère par l'éruption du Pinatubo en 1991 auraient accentué l'impact du courant maritime El Niño sur le climat.

des pressions et modifie la circulation des zones pluvieuses.

L'autre fait est que El Niño est le produit de plusieurs facteurs et non d'un seul. Il semble que des événements atmosphériques exceptionnels puissent influencer sa force et ses effets. On explique ainsi son ampleur récente par l'éruption du volcan Pinatubo aux Philippines en 1991 (et celle de 1981 par l'éruption de El Chichón, au Mexique) : les poussières éjectées en masses très importantes par les volcans abaissent les taux de radiations solaires reçues par la Terre, diminuant les températures moyennes ($-0,5^{\circ}\text{C}$ en moyenne à la suite de l'éruption du Pinatubo). Ce qui accroît d'autant l'impact d'un courant chaud sur une atmosphère plus froide. Le phénomène peut encore être amplifié par l'effet de serre, qui contribue également à refroidir l'atmosphère.

Cela étant, on ne s'explique pas encore comment se forme ce courant. Et il n'existe toujours pas de modèle général du vaste système océan-atmosphère, dans lequel l'"enfant Jésus" joue certainement un rôle primordial.

G.M.

De l'espoir pour la couche d'ozone

● La revue scientifique anglaise *Nature* rapporte que les taux des deux principaux chlorofluorocarbones (CFC) polluant la stratosphère sont en baisse. Entre 1985 et 1988, la concentration de CFC-11 est passée de 11 parties par billion à 3 parties par billion. Le CFC-12 a chuté, pour la même période, de 20 à 11 parties par billion.

C'est la sécheresse qui a détruit l'empire d'Akkad

Le premier grand empire du monde – et aussi premier des grands empires babyloniens – fut celui d'Akkad, fondé par Sargon il y a 4 300 ans. Situé en Irak, à peu près au confluent du Tigre et de l'Euphrate, il fut prospère. Puis il disparut sans qu'on sache pour-

quo. Selon les légendes mésopotamiennes, l'arrogance du petit-fils de Sargon aurait irrité les dieux. Une équipe archéologique franco-américaine est arrivée à des conclusions très différentes.

L'étude microscopique du terrain à Shekhnâ (dans l'actuelle Syrie)



Tête de souverain sémité de l'époque d'Akkad (2 400-2 200 av. J.-C.).

par Marie-Agnès Courty,

du CNRS, a révélé la présence d'une couche de cendres volcaniques de 6 mm d'épaisseur. Une formidable éruption volcanique a donc eu lieu à l'époque. Comme il n'y a pas de volcan en Mésopotamie, il semble que ces cendres soient venues d'ailleurs, peut-être de la proche Turquie.

Les études géologiques indiquent également une baisse des alluvions, qui apporte la preuve d'une réduction importante du débit des fleuves et donc d'une sécheresse.

Il n'y a sans doute pas de lien entre l'éruption volcanique et cette sécheresse : les volcans ne causent pas de bouleversement aussi vaste ni aussi long. Outre sa durée exceptionnelle (trois cents ans), on sait aujourd'hui, en effet, que cette sécheresse s'étendit de l'Inde à la mer Egée et à l'Egypte. Elle s'accompagna par ailleurs d'une baisse des températures. On conçoit la violence de l'impact de cette modification de climat sur des sociétés exclusivement agricoles. Les maisons de Shekhnâ, agglomération qui comptait à l'époque une dizaine de milliers d'âmes, ce qui est considérable pour l'époque, furent abandonnées telles quelles.

L'histoire ancienne de la région devra donc être révisée au regard de ces découvertes, et l'on ne peut exclure qu'à l'avenir l'histoire de bien d'autres régions doive l'être aussi en fonction de celle du climat. Reste, en attendant, un nouveau mystère à élucider : qu'est-ce qui a causé cette sécheresse ?

G.M.

Un laboratoire miniature flottant

Ce catamaran miniature (1,15 m de long, 0,20 m de large, 25 kg), construit par le laboratoire d'hydrologie de l'université Paul Sabatier de Toulouse, témoigne de la naissance d'une nouvelle génération d'instruments de mesure destinés au contrôle de la pollution des eaux douces. Baptisé Sarcel (Système d'acquisition radio-commandé pour l'étude en limnologie) par analogie avec le palmipède, ce bateau est un véritable laboratoire d'analyses flottant. Là où il fallait monopoliser un Zodiac et une équipe de trois ou quatre techniciens, le Sarcel ne nécessite qu'une seule personne qui le pilote de la berge par émetteur radio. La "maquette" transporte à son bord une panoplie de capteurs mesurant en continu le pH, la température, l'oxygène, la turbidité et la

conductivité de l'eau. L'augmentation de ce dernier paramètre révèle, par exemple, la présence de métaux lourds caractéristiques des effluents industriels. Un écho sondeur placé dans l'un des deux flotteurs définit la topographie du lit du fleuve. L'ensemble de ces mesures est transmis à une "centrale d'acquisition" qui peut stocker jusqu'à 130 000 données. Ces dernières sont récupérées à terre à partir de n'importe quel ordinateur de type PC. Deux pompes de prélèvement situées à la proue des flotteurs recueillent des échantillons d'eau (deux fois 500 ml) qui sont analysés en détail en laboratoire. Le Sarcel, commercialisé par une PME toulousaine (1), coûte 170 000 F.

(1) IDE. Tél. : 16 61 25 95 37.

Un mini-catamaran radiocommandé pour analyser la qualité de l'eau.

N. Berger



Tabagisme : l'Europe s'enfume et se meurt

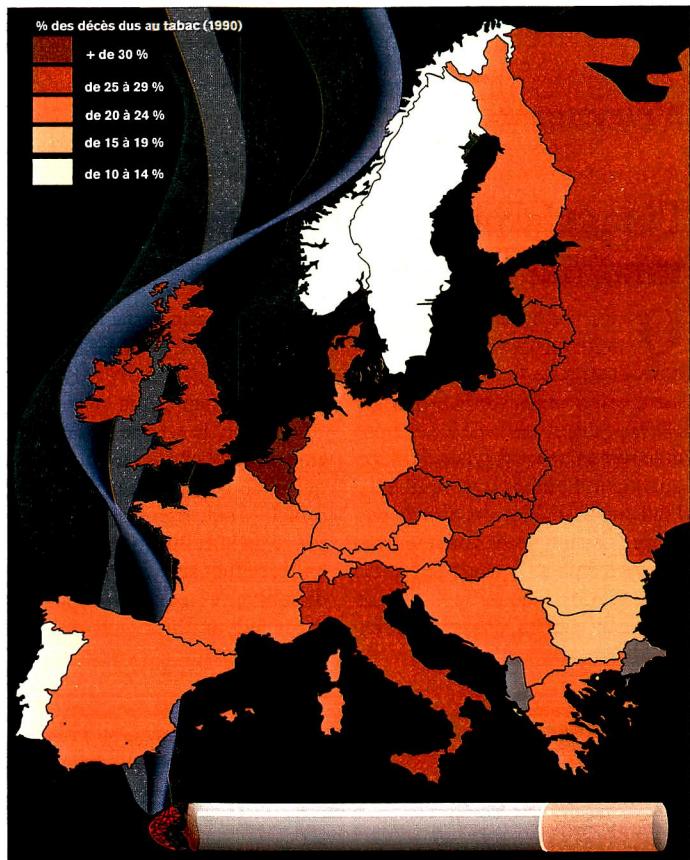
Il n'est nulle région au monde soit plus grave qu'en Europe orientale, et aucun pays d'Europe où elle fasse plus de ravage qu'en Pologne», souligne le Dr Zbigniew Halat, ministre-adjoint polonais de la Santé, dans le dernier bulletin mensuel d'information de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Le tabagisme, qui tue 100 000 Polonais par an, frappe surtout aujourd'hui les plus de 35 ans. Mais, demain, l'instauration d'une économie de marché risque d'étendre l'épidémie aux autres classes d'âge. En effet, les multinationales de l'industrie du tabac ont beaucoup investi en Pologne comme dans de nombreux autres pays de l'Est. On estime que le revenu annuel des sociétés installées dans ce pays s'élève à près de 100 millions de dollars (environ 600 millions de francs), soit plus du double de la somme dégagée par la Banque mondiale et le Fonds monétaire international pour améliorer le système polonais des prestations de soins de santé.

A l'instar des autres pays européens, la Pologne a déclaré la guerre aux cigarettes en interdisant le tabac dans les lieux publics de villes

Un bon bol d'air pur...

● La pureté légendaire de l'air de la montagne n'est, semble-t-il, pas uniforme : à l'est de l'arc alpin (Tyrol), l'atmosphère contient deux fois plus de polluants que dans le massif du Mont-Blanc ou la région du Cervin. Les Alpes orientales formeraient une barrière naturelle contre la pollution industrielle venant des pays de l'Est.



A. Meyer

Le tabagisme est, en Europe, la première cause de mortalité masculine : en Belgique et aux Pays-Bas, 30 % des décès survenus en 1990 lui sont imputables. Mais la cigarette tue trois fois moins en Norvège, en Suède ou au Portugal.

comme Cracovie, Gdynia, Gdansk... Mais dans ce pays, où plus de la moitié des hommes et un tiers des femmes fument, ces mesures auront du mal à enrayer l'épidémie. On sait par expérience que les conséquences de l'usage persistant du tabac (cancer du poumon, maladie vasculaire ou pneumopathie chronique) n'apparaissent généralement qu'après plusieurs décennies.

L'OMS vient d'établir une carte épidémiologique de la mortalité masculine européenne imputable au tabagisme (voir ci-dessus). Les Belges et les Hollandais ont le triste privilège d'avoir le pourcentage de décès le plus élevé : un tiers environ des décès chez les hommes est imputable au tabac. En revanche, la Suède, le Portugal et la Norvège sont les pays les moins touchés (10 à 14 % des décès). Et la France ? Elle se situe dans la moyenne, avec

20 à 24 % de décès liés au tabac.

Dans tous ces pays européens, la prévalence du tabagisme chez l'homme décroît proportionnellement à l'augmentation du niveau d'instruction (bas, moyen, élevé), avec toutefois quelques nuances imputables à l'âge. En effet, on constate que cette tendance s'estompe vers 40 ans, sauf pour le niveau d'instruction le plus "bas" où le tabagisme reste élevé (40 %).

Chez les femmes de 25 à 54 ans, le degré de tabagisme reste identique quel que soit le niveau d'instruction. En revanche, chez les 15-24 ans, cette tendance est l'inverse de celle observée chez les hommes : le tabagisme est plus fort chez les plus insuites. Enfin, quel que soit son niveau d'instruction, une Française de 15 à 39 ans sur deux fume, alors que plus de 90 % des femmes de plus de 55 ans ne fument pas.

Bactériologie

L'ingénierie génétique pourrait modifier le milieu vivant

Quand une bactérie marine rencontre un organisme qui flotte dans l'eau, elle le "mange". Elle mange donc aussi son ADN. Mais elle ne le digère pas : elle le démonte et le réorganise à sa guise. C'est ce que vient d'établir une équipe de l'université de Floride, dirigée par Marc Frischer, après quelque trois années d'études (1). Une bactérie du genre vibron (auquel appartient le vibron du choléra) absorbe ainsi les

plasmides d'organismes décomposés, même s'il n'y en a dans l'eau que des traces infimes (100 milliards de gramme par litre).

Un plasmide est une petite molécule d'ADN extérieure au noyau, qui code généralement pour des protéines non essentielles à la croissance de la cellule. Certains plasmides codent ainsi pour la synthèse de substances nécessaires à la résistance aux antibiotiques ou à des

substances toxiques. D'autres, comme le plasmide de la bactérie banale *Escherichia coli* mâle, déterminent la différence entre lignées mâles et femelles et codent pour les protéines nécessaires au contact cellule à cellule durant l'appariement sexuel. Les plasmides sont très employés dans l'ingénierie génétique et la technologie de l'ADN recombinant.

Cette découverte vient enrichir le troublant volume de ce que l'on pourrait appeler avec emphase l'"intelligence" des bactéries. Il s'est ouvert dès 1928 avec la découverte de la recombinaison génétique spontanée par l'Anglais Fred Griffith : si l'on fait incuber des bactéries inoffensives pour la souris avec des bactéries mortelles, préalablement tuées, les bactéries inoffensives absorbent dans les cadavres des "tueuses" les plasmides qui les rendent à leur tour tueuses.

Dans une baie comme celle de Tampa, en Floride, qui contient mille milliards de litres d'eau, on aura, prédit Frischer, de 1 011 à 1 015 bactéries mutées pour de 4 à 50 mg d'ADN libre par litre d'eau.

Ce phénomène se produisant depuis la nuit des temps, il n'y a pas lieu de s'en inquiéter. Les bactéries absorbent l'ADN qu'elles veulent et en font ce que bon leur semble, et bien malin qui prétend y mettre de l'ordre.

Mais si on lâche dans l'environnement des organismes génétiquement modifiés – plantes, animaux, bactéries utiles à l'agriculture (pour la fixation de l'azote ou la résistance aux parasites, par exemple) –, qu'adviendra-t-il ? Bien évidemment, les bactéries du milieu marin les mettront en pièces et les réorganiseront à leur gré. Et, là, les résultats sont inconnus... « Il n'y a pas de motif de panique, mais il n'y a pas lieu non plus d'être insouciant », déclare Frischer.

Œnologie

Edouard l'alcoolique

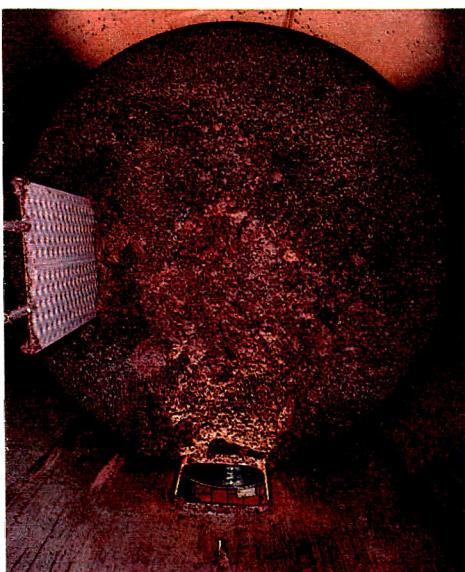
Edouard : c'est le nom que les œnologues de l'Institut technique de la vigne et du vin (ITV) ont donné au mal inconnu qui transforme les vins d'appellations d'origine contrôlée (AOC) en piquette (voir *Science & Vie* n° 901, p. 102). Dans ligne de mire depuis

cinq ans, les vignobles de Loire-Atlantique, de Vendée et du Maine-et-Loire. En deux jours, Edouard fait chuter le degré d'alcool de 2 à 4 °. C'est au cours de la deuxième fermentation dite "malolactique" qu'Edouard "s'ennivre". Pourquoi ? Et comment ? Bien malin celui qui trouvera la solution. Car, pour l'instant, on ne sait toujours pas s'il s'agit d'un virus, d'une bactérie, d'une enzyme ou d'une levure. De nombreux organismes de recherche (Institut national de la recherche agronomique, ITV) se sont penchés sur les cuves sinistres sans pouvoir identifier l'ivrogne. Ils savent tout de même qu'Edouard contamine seulement certaines propriétés – voire certaines cuves dans la même cave –, et qu'il est neutralisé par l'eau de Javel ou une température inférieure à 0 °C. En ces temps de vendange, tous les vignerons auront le nez rivé au-dessus de leurs cuves, d'autant que des cas sporadiques de la maladie viennent d'être signalés dans le Bordelais et les Côtes-du-Rhône.

PRoy/Explorer

On n'a toujours pas identifié le mystérieux agent qui perturbe la vinification dans certains chais.

(1) *Journal of General Microbiology*, vol. 139, p. 753.



Les sentinelles de la radioactivité

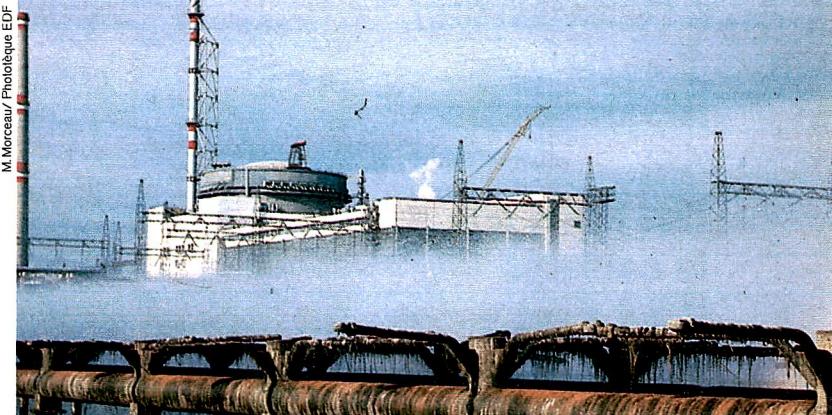
La direction des applications militaires du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) a mis au point un dispositif de spectro-métrie aéroporté permettant de cartographier les zones contaminées par la radioactivité.

Le spectromètre, embarqué à bord d'un hélicoptère, mesure l'ensemble des rayons gamma émis par le sol dans une gamme d'énergie allant de 0 à 3 millions d'électron-volts. Il détecte donc aussi bien les rayonnements des isotopes naturels (le radon, le radium 226, le plomb 212, le potassium 40...) que ceux des isotopes artificiels, comme le césium 134 et 137 issu de l'accident de Tchernobyl.

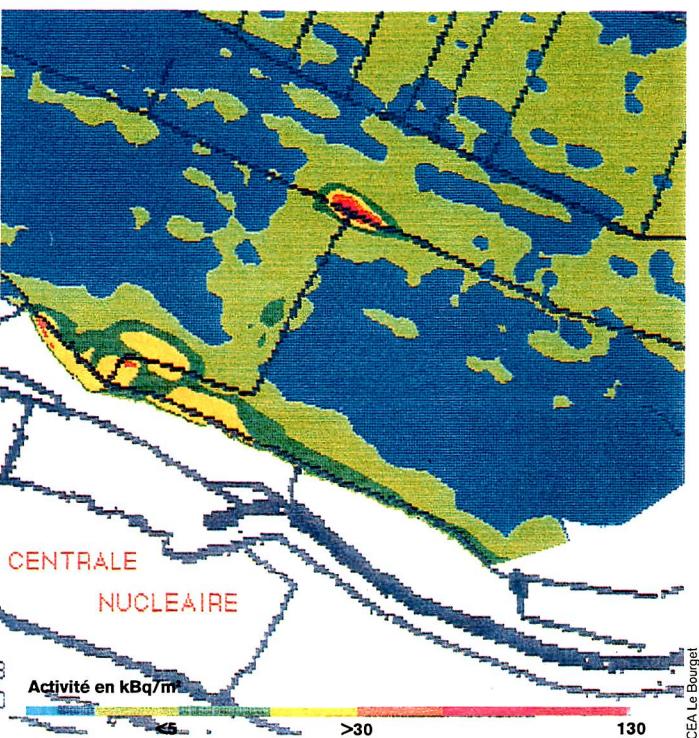
Comme ces rayonnements gamma sont très pénétrants, l'hélicoptère peut opérer à une hauteur variant entre 40 et 60 mètres. Toutes les trois secondes, le spectromètre enregistre le flux de rayons gamma issu de la terre. L'aéronef balaye ainsi 5 à 10 km² par heure. Connaissant la position exacte de l'hélicoptère (hauteur, longitude et latitude), il est facile de reporter ces mesures sur une carte topographique.

Cette technologie a été mise à l'épreuve lors d'une récente campagne de mesure sur les berges du Danube (sur 2 000 km) commandée par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) de Vienne. Cette opération a dévoilé une radioactivité anormale aux alentours d'une ancienne centrale thermique, en raison de la forte concentration de bismuth 214 (un radioélément issu du radium) dans les cendres de charbon.

Les abords de la centrale nucléaire bulgare de Koslodouï ont dévoilé une pollution radioactive



Autour de la centrale bulgare de Koslodouï (ci-dessus), le spectromètre aéroporté du CEA a permis de détecter une contamination en césium 137 atteignant 130 kBq/m² (zone rouge au centre de la carte ci-dessous).



de 130 kBq/m² de césium 137, soit 100 fois plus que celle issue de l'accident de Tchernobyl. Un autre point de contamination, où l'activité en césium 137 atteint les 120 kBq/m², a été détecté au lieu-dit "Près du petit canal". Celle-ci proviendrait d'un rejet d'eaux contaminées qui s'est produit il y a une quinzaine d'années.

Dans la foulée, le CEA et la Société géologie et géophysique bulgare ont signé une convention de

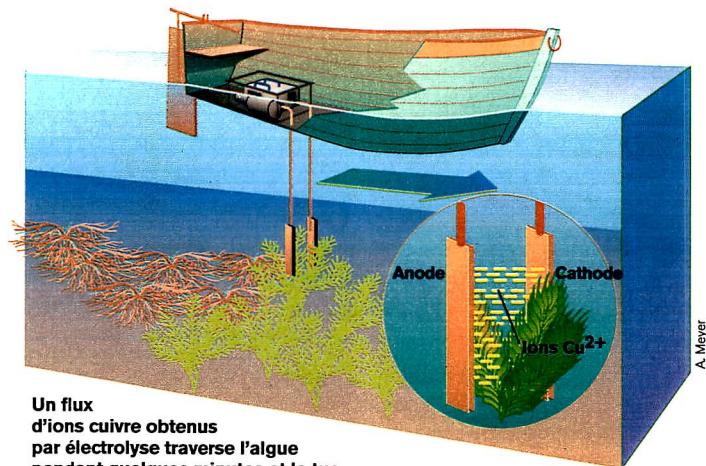
coopération destinée à créer un pôle d'intervention franco-bulgare capable de cartographier la pollution radioactive du sol.

Helinuc, l'équipe qui met en œuvre cette technique en France est sur le qui-vive vingt-quatre, heures sur vingt-quatre, trois cent soixante-cinq jours par an. En cas d'incident nucléaire sur un site militaire ou dans une centrale, elle serait appelée dans la minute pour déterminer la zone contaminée.

Une arme contre la caulerpe

Tohu-bohu dans le microcosme scientifique : alors que, depuis la fin des années quatre-vingts, des dizaines de laboratoires de recherche se sont penchés sur le cas de l'algue tropicale (*Caulerpa taxifolia*) qui envahit la côte méditerranéenne (voir *Science & Vie* n° 912, p. 80) afin de trouver un moyen d'enrayer son expansion, deux "amateurs", Bernard Jaffrennou et Lucien Oddone, ont découvert en moins d'un an une technique pour tuer l'algue.

«Ne dites pas qu'elle rend possible l'éradication de l'algue, prévient



A. Meyer

B. Jaffrennou. Il s'agit plutôt d'un outil d'intervention pour contenir son expansion», précise cet ancien ingénieur de chez Elf.

Le procédé est simple : soumettre la caulerpe à un flux d'ions cuivre (Cu^{2+}) obtenus par électrolyse durant deux à cinq minutes (voir des-

sin ci-dessus). Deux plaques de cuivre sont immergées dans le bain électrolytique naturel qu'est l'eau de mer (36 g de NaCl par litre). A la faveur d'un courant continu de faible voltage (de 5 à 12 volts), un flux d'ions traverse l'algue, dont l'anatomie laisse passer le courant.

Au bout de deux heures, les caulerpes virent du vert vif au vert olive ; une semaine plus tard, elles ne sont plus qu'un amas végétal jaunâtre. La mort est certaine, car même les "racines" sont intoxiquées par le cuivre. Comment ? Cela reste à déterminer. Il semble que la structure intracellulaire de l'algue favorise la propagation du toxique dans la plante.

Les deux compères, qui ont obtenu le soutien de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER), vont mettre au point une machine "tueuse d'algues" afin d'éprouver leur invention sur une grande superficie : «Nous pensons pouvoir détruire 120 m² de caulerpe par heure.» Premier objectif, la baie d'Hyères et l'île de Porquerolles, deux secteurs qui ne sont pas encore trop contaminés par la caulerpe. Mais, pour les zones côtières transformées en prairies (entre Menton et Monaco), la partie semble perdue d'avance. «Cela ne servirait à rien, précise B. Jaffrennou. C'est comme si vous tailliez une clairière dans la jungle. La nature reprend ses droits inexorablement.»

Biodiversité

Le vieil homme et la vache

On a retrouvé des vaches marines, ces petits bovidés de 1,10 m à 1,30 m au garrot pour à peine 300 kg qui peuplaient le littoral landais au début du siècle.

A l'époque, les autochtones allaient piéger cette vache sauvage comme un vulgaire lapin pour améliorer leur quotidien. Sa viande est riche en sels minéraux puisés dans la végétation qui pousse dans le sable

des dunes ou sur la lette, cette frange de végétation buissonnante qui sépare le cordon dunaire du massif forestier des Landes. Mais la Seconde Guerre mondiale eut raison du bovidé. L'armée allemande et les Landais décimèrent les vaches marines. Au sortir de la guerre, il n'en restait plus que quelques troupeaux, et l'on croyait l'espèce éteinte depuis les années cinquante. Mais, en 1988, un vieil homme partit vendre au marché son troupeau de vaches avant de prendre sa retraite. Le maquignon qui conclut l'affaire n'en crut pas ses yeux : il s'agissait d'authentiques vaches marines. La Société étude protection aménagement nature Sud-Ouest (SEPENSO), aussitôt alertée, décida de les réintroduire dans la réserve naturelle de l'étang de Cousseau (en Gironde). Aujourd'hui, l'espèce est hors de danger et conserve les caractères génétiques sélectionnés durant des siècles. L'un de ces gènes servira peut-être un jour à améliorer les races d'élevage industriel telles que la Holstein.

On croyait la vache marine complètement disparue. Elle a été retrouvée et réintroduite en Gironde.

R. Riberau-Guyon



Cette rubrique a été réalisée par Didier Dubrana et Gérald Messadié.

*Le **xxi^{ème}** siècle ne se fera pas sans nous.*



Science & Vie Junior présente un dossier spécial retraçant 200 ans de télécommunications. L'histoire commence en 1793 avec l'invention par Chappe du télégraphe aérien. Un livret à conserver donne les clefs de l'astucieux système ... et du message secret. Ceux qui sauront en percer le mystère gagneront de nombreux cadeaux.

**Ce mois-ci dans
Science & Vie Junior :
message secret à déchiffrer**

France Telecom

POUR CEUX QUI VONT REFAIRE LE MONDE

The image shows the front cover of the magazine 'SCIENCE & VIE JUNIOR'. The title is at the top in large yellow letters, with 'SCIENCE & VIE' above 'JUNIOR'. A globe is integrated into the letter 'I'. Below the title is a large, stylized illustration of a rocket launching into space, with stars and a planet in the background. On the left side, there's a yellow box with the text 'Canal jetez-à l'eau' and 'Mode d'emploi p. 93'. The right side features the text 'eins feux' and 's étoiles'. The bottom of the cover has a large, tilted yellow box with the text 'UT-RESSUS LES DINNES ?'.

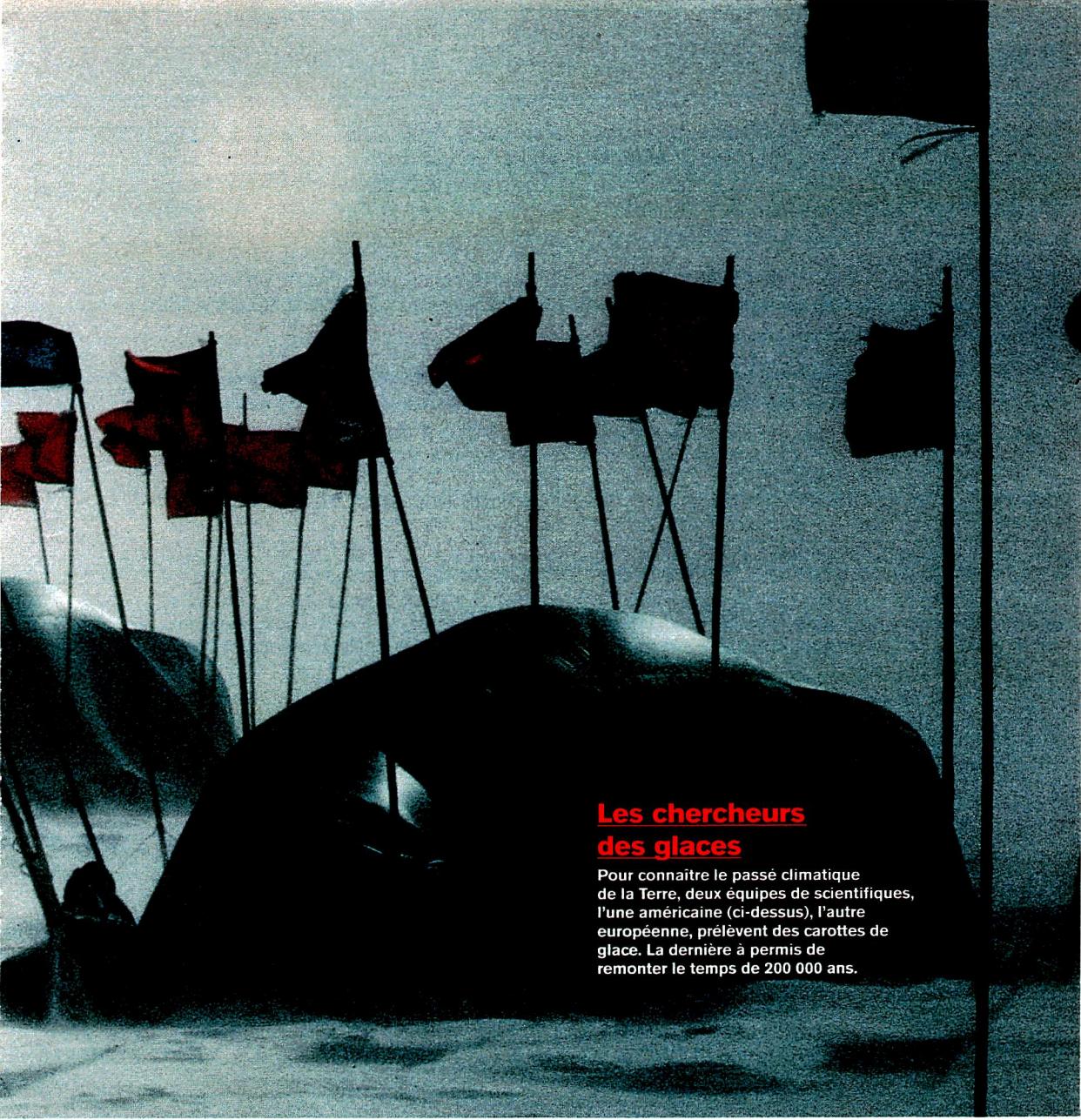
Climat : l'instabilité est la règle

**A 3 000 m de profondeur,
les glaces du Groenland
ont révélé les fortes
variations climatiques de
la dernière époque
interglaciaire. La stabilité
de l'époque actuelle
apparaît exceptionnelle,
et l'avenir plus incertain.**

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

Nous bénéficions d'un climat d'une stabilité exceptionnelle ! Dur à avaler, peut-être, quand on a eu droit à un été pourri, ou si l'on se souvient des récentes inondations aux Etats-Unis ou au Bangladesh... mais, à grande échelle de temps, c'est indiscutable. Pour dire les choses autrement, le climat était bien plus fluctuant dans le passé qu'aujourd'hui ; la dernière ère glaciaire (entre - 110 000 et - 10 000 ans) et la période interglaciaire, plus chaude, qui l'a précédée (de - 140 000 à - 110 000

ans) ont subi de brusques sautes de température, aussi imprévues qu'incompréhensibles : des bonds de dix degrés en moins d'une décennie ! Cette découverte a d'autant plus surpris les climatologues que le dernier stade interglaciaire (appelé "Eémien") passait pour avoir connu un climat assez semblable au nôtre. Or, en fait, l'interglaciaire dans laquelle nous nous trouvons, l'Holocène, qui a débuté voici 10 000 ans, apparaît, en comparaison avec l'Eémien, d'une humeur climatique étrangement constante... A croire que l'instabilité est la règle, et que c'est la stabilité actuelle qui est l'exception ! Pourquoi ? Personne n'en a la moindre idée...



Les chercheurs des glaces

Pour connaître le passé climatique de la Terre, deux équipes de scientifiques, l'une américaine (ci-dessus), l'autre européenne, prélèvent des carottes de glace. La dernière a permis de remonter le temps de 200 000 ans.

Gamma

On doit ces surprenantes révélations à une "carotte" de glace, cylindre de 10 cm de diamètre et d'un peu plus de 3 000 m de long, prélevée verticalement au centre du Groenland. Ce forage a été conduit, entre 1989 et 1992, par une quarantaine de scientifiques venant de huit pays européens, réunis au sein du projet GRIP (Greenland Icecore Project). Rien de tel que la glace pour conserver les enregistrements des climats passés ! Formée par l'accumulation de toute la neige tombée depuis plus de 200 000 ans, tassée et métamorphosée en glace, la calotte glaciaire du Groenland recèle des trésors d'informations sur l'atmosphère de toute cette pé-

riode (voir encadré p. 38). Sur le long tube de glace débité en tronçons, on a étudié systématiquement les minuscules bulles d'air (renfermant CO₂, méthane et autres gaz à effet de serre), les divers composantes chimiques et les poussières (apportées par les vents depuis les grands déserts, indices parfois d'éruptions volcaniques ou d'incendies de forêts), les propriétés physiques (conductivité électrique, structure cristalline de la glace).

Mais l'indicateur le plus fidèle du climat, c'est simplement la glace elle-même, ou plutôt les molécules d'eau : plus la température de l'air est élevée, plus la neige qui tombe contient une grande

suite de la page 35

concentration d'oxygène 18 et de deutérium, les isotopes "lourds" de l'oxygène et de l'hydrogène. Il suffit donc de mesurer la composition isotopique de la glace sur toute la longueur de la carotte pour disposer d'une courbe de température atmosphérique sur 200 000 ans !

Bref, même si les sédiments, pollens, coraux et autres fossiles restent irremplaçables, les forages glaciaires offrent les témoignages les plus riches et les plus complets sur les climats passés. Et, de surcroît, on peut les dater avec une très bonne précision.

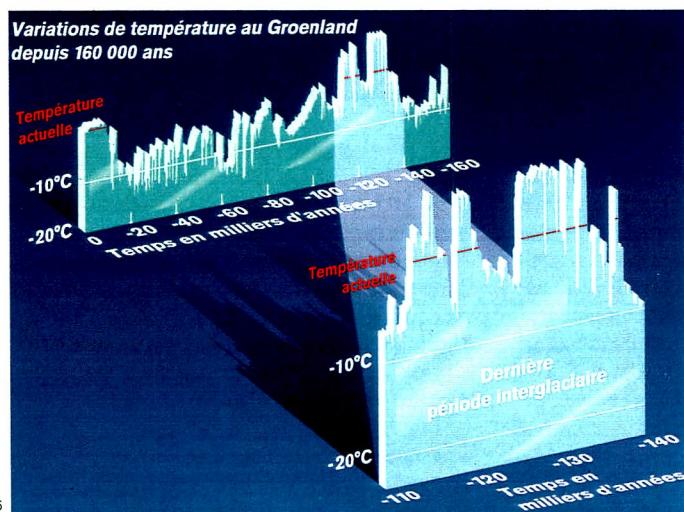
Les scientifiques ont donc effectué ces analyses parallèlement au forage, en commençant par les tronçons les plus récents, et les premiers résultats ont paru dans la revue scientifique *Nature* il y a quelques mois. Portant sur 2 320 m de glace, ils permettaient de remonter jusqu'à 40 000 ans, en pleine époque glaciaire... et déjà apparaissaient d'étonnantes oscillations de température, brusques, de forte ampleur et difficilement explicable (voir *Science & Vie* n° 905, p. 78). Mais on attendait avec impatience la suite des mesures, portant cette fois sur la glace contemporaine de la dernière période interglaciaire (de - 140 000 à - 110 000 ans).

Quelques mois plus tard, voici donc la suite du feuilleton. Les derniers résultats ont été publiés dans *Nature*, le 15 juillet 1993... et c'est le coup de théâtre ! A la surprise générale, le climat persiste et signe : les oscillations climatiques ne sont pas l'apanage des périodes glaciaires. On en relève de tout aussi impressionnantes sur les quelque 80 m de glaces de l'interglaciaire, extraits à environ 2 800 m de profondeur. «Nous avons littéralement "vu" ces transitions climatiques sur la carotte de glace, au moment même de l'extraction», se souvient Jean

Jouzel, un des responsables du GRIP, directeur adjoint du laboratoire de modélisation du climat et de l'environnement du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), et du laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), à Grenoble. «Les premières mesures sur place allaient toutes dans le même sens, et nous étions à la fois très surpris et très excités !»

Analyses isotopiques, physiques, chimiques, tout concorde : non, le climat de l'époque éémienne ne ressemblait pas du tout au nôtre, et heureusement pour nous ! Certes, la température "de base" était assez proche de celle d'aujourd'hui (2 °C de plus). Mais, à de nombreuses reprises, elle s'est mise à chuter brusquement – entre 10 et 14 °C – en quelques décennies, voire quelques années ! Ces conditions quasi glaciaires se maintenaient quelques siècles ou millénaires (une des oscillations n'ayant même duré que soixante-dix ans), puis le climat se réchauffait rapidement, mais jamais pour très longtemps...

Ce tableau hérisse de pics (dessin ci-dessous) rappelle beaucoup la période glaciaire suivante ; mais pour l'Éémien, c'est très étonnant. D'abord parce que cette époque était censée ressembler à la nôtre, mieux, préfigurer peut-être notre proche avenir climatique. Imaginez des températures dégringolant de 14 °C en moins de dix ans : il y a de quoi frissonner... Nous serions brusquement ramenés à un climat glaciaire (à noter que nous parlons ici de moyennes annuelles normalement très stables, à ne pas confondre avec les importants écarts journaliers ou saisonniers, tout à fait normaux).



Un passé climatique surprenant

Depuis 200 000 ans, la température au Groenland, suivant les résultats du dernier carottage polaire, a subi d'étonnantes fluctuations. Si celles de la période glaciaire, de - 110 000 à - 10 000 ans, étaient attendues (et déjà connues), celles de la période interglaciaire de - 140 000 à - 110 000 ans (au premier plan) ont surpris par leur ampleur. On y voit de très fréquents sauts de température, aussi importants (de 8 °C à 14 °C) que soudains (en quelques décennies, voire moins). Notre période interglaciaire, les 10 000 dernières années, apparaît dès lors d'une stabilité étonnante et... inexplicable.



DR

Le premier coup d'œil

A peine extraite de la glace, la carotte est analysée sur place par les chercheurs européens, dans le camp du GRIP (Greenland Icecore Project), au sommet du Groenland. Premier travail : mesurer sa conductivité électrique et analyser les poussières. Ce qui donne déjà aux scientifiques une idée des grandes périodes climatiques.

Mais n'oublions pas un "détail" capital : tout ces résultats proviennent d'un forage au Groenland. Ils concernent donc le climat passé de cette île (dont la moyenne annuelle actuelle se situe autour de -32°C). Dans quelle mesure peut-on les étendre à d'autres régions ? On ne le sait pas vraiment. Seules des études complémentaires, portant sur les sédiments, fossiles, etc. de zones voisines, nous diront si l'Europe, l'Amérique du Nord, l'hémisphère Nord, voire toute la planète, ont connu de semblables soubresauts climatiques.

Quoiqu'il en soit, ces oscillations rapides bouleversent totalement l'idée que l'on se faisait de l'époque interglaciaire, ce qui est d'autant plus perturbant qu'il n'existe aucune véritable explication. «Mais il n'y a pas 36 facteurs possibles», dit Jean Jouzel. «L'origine de ces phénomènes ne peut être qu'océanique : sans doute de brusques changements dans la circulation des courants.» L'océan et ses courants : on en revient toujours à eux. Bien forcé, puisqu'ils tirent les fils du climat, surtout dans cette région.

Le nord de l'océan Atlantique est, en effet, un des rares lieux du globe où se produit un grand brassage entre eaux profondes et superficielles – qui généralement se mélangent peu. Mais là, les eaux de surface relativement chaudes venues des Tropiques se refroidissent, deviennent plus denses et plongent au fond de la mer. Au fond, s'amorce alors un courant inverse : à plusieurs milliers de mètres, l'eau froide et salée se dirige lentement vers les la-

titudes plus chaudes. Des siècles plus tard, parvenue au large des côtes équatoriales, elle remonte vers la surface, où elle va se réchauffer... et reconstituer un grand courant d'eau chaude de surface, qui poursuivra son long cheminement jusqu'à l'Atlantique Nord. Cette immense boucle de courant joue le rôle d'un gigantesque convoyeur de chaleur de l'équateur vers les pôles. L'Europe du Nord est le grand bénéficiaire de ce transfert : si elle jouit d'un climat beaucoup plus doux que les régions canadiennes de même latitude, c'est parce qu'elle reçoit toute la chaleur libérée dans l'atmosphère par les eaux de surface, au moment où elles se refroidissent pour "plonger" au fond de l'Atlantique (voir carte p. 38).

Pour en revenir au mystère des variations climatiques, on connaît donc le coupable : l'océan. Mais cela ne nous avance guère, car on ne dispose d'aucune preuve et, surtout, on ignore comment il a perpétré son forfait ! Si les brusques chutes ou remontées de la température sont dues à de tout aussi brusques arrêts ou inversions de la circulation océanique (en particulier de cette fameuse boucle de transport de chaleur), on est ramené à la question : qu'est-ce qui peut bien provoquer, aussi soudainement, des basculements du régime des courants ?

Pour expliquer les oscillations de l'époque glaciaire, les climatologues avaient pu émettre une hypothèse assez plausible : elles auraient été déclenchées par des icebergs. Les calottes glaciaires, en particulier celle qui s'étendait sur le Canada et le nord des Etats-Unis, en se désagrégant partiellement, auraient libéré des paquets d'icebergs, qui bouchaient l'accès de grands lacs vers la mer. En dégageant ces accès, et en déversant leur eau de fonte dans la mer, ces montagnes de glaces auraient pu engendrer de soudaines variations dans la température et la salinité de l'eau de mer, et ainsi inter-

suite de la page 37

rompre le régime des courants superficiels qui, on l'a vu, régissent le climat de cette région.

Une explication qui ne tient plus, évidemment, pour l'interglaciaire : glaciers et calottes sont bien trop réduits pour causer de tels bouleversements. Alors quoi ? Encore une fois, mystère.

Reste que la grande surprise, dans cette affaire, est la capacité apparente de l'océan à réagir "au quart de tour" à certains facteurs (inconnus) pour provoquer, grâce à certains mécanismes (également inconnus), d'ultra rapides changements climatiques. L'océan est un inépuisable réservoir de chaleur, et les échanges thermiques océan-atmosphère règlent le climat : comme ce sont les courants qui commandent cette dynamique, les climatologues savaient leur rôle crucial. Mais, jusque-là, ils considéraient l'océan comme une composante du climat à réponde lente, réagissant "à moyen terme". Si les hypothèses qu'on vient d'évoquer sont vraies, l'océan est un acteur sur lequel il faudra sérieusement compter, même à court terme...

Mais le plus urgent est de voir si les résultats du forage du GRIP sont bien corroborés par les autres témoignages des climats passés. Les Américains effectuent au Groenland un forage parallèle à celui des européens, GISP 2 (Greenland Ice Sheet Project 2) ; ils n'ont pas encore achevé leurs analyses sur la période interglaciaire, mais leurs résultats seront évidemment essentiels. Aux antipodes, en Antarctique, Français et Russes travaillent ensemble, depuis 1985, sur le site de Vostok : plus ancien, ce forage avait déjà permis de reconstituer la température de l'Eémien... mais sans trouver les impressionnantes fluctuations vues au Groenland. Toutefois, les mesures avaient été réalisées avec de grands intervalles de temps : il faudra les reprendre de manière plus détaillée, pour y chercher d'éventuelles oscillations rapides. Il se peut aussi que les phénomènes climatiques à hautes fréquences du nord de l'hémisphère Nord ne se fassent pas sentir jusqu'en Antarctique...

Si les oscillations climatiques sont confirmées, une question vient immédiatement à l'esprit. Que deviennent les fameux scénarios catastrophe sur le réchauffement dû aux gaz à effet de serre, dont on a tant parlé ces dernières années ? On sait que ces gaz, CO_2 et méthane en tête, sont dégagés en

PAROLE DE CAROTTE

Telle une bande magnétique, une "carotte" de la glace de 3 000 m renferme l'enregistrement détaillé du climat des 200 000 dernières années. La neige tombée et accumulée au long des millénaires, transformée en glace par compression, a conservé les souvenirs du temps de sa chute.

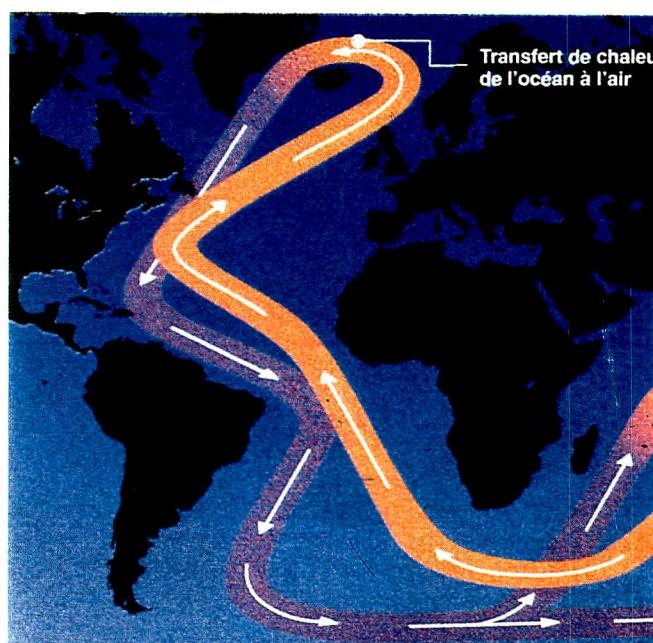
A peine la carotte extraite, on mesure sur place, en continu, sa conductivité électrique, ce qui permet de repérer immédiatement les grandes périodes climatiques. En effet, les aérosols et poussières plus ou moins acides contenus dans la glace varient suivant le climat : une conductivité élevée correspond à une glace plutôt acide, indice d'un stade interglaciaire, tandis qu'une conductivité presque nulle signale une glace alcaline, datant d'une époque glaciaire.

Des secrets conservés dans la glace, le plus fondamental est la température atmosphérique. L'oxygène et l'hydrogène qui composent la neige contiennent des isotopes rares et lourds, l'oxygène 18 (O_{18}) et

le deutérium (D), qui diffèrent des atomes "ordinaires" par leur plus grand nombre de neutrons dans le noyau.

Or, plus la température de la neige est élevée, plus la proportion de O_{18} et de D est grande (c'est dans les nuages, au moment de la condensation de la vapeur d'eau en neige, que se produit ce fractionnement en fonction de la température). Il suffit alors de mesurer très précisément la composition isotopique de la glace, par spectrométrie de masse – à Saclay ou à Copenhague – pour connaître la température de l'air au moment de la chute de neige, à un demi-degré près !

Autre opération essentielle : la datation de la carotte. La glace prélevée le plus profondément est la plus ancienne, mais aussi celle dont les couches sont les plus amincies. Ainsi, les 10 000 années qui viennent de s'écouler sont représentées par une couche de glace épaisse de 1 500 m ; mais la même durée, prise il y a 200 000 ans, correspond à 10 m de glace enfouis à 3 km



L'océan pris en défaut

Loin d'être le gardien des grands équilibres terrestres, l'Océan pourrait bien, par l'intermédiaire de ses grands courants, favoriser, ou du moins ne pas freiner, les bouleversements climatiques rapides.

Gamma

Eclairée en lumière polarisée, la glace révèle, en couleurs, la taille et l'orientation de ses cristaux, des indices sur l'époque de la chute de neige et sur celle de la formation de la glace.

de profondeur ! Jusqu'à 2 000 ans, il suffit de compter les années une par une : l'alternance hiver-été est repérable par analyse isotopique ! De 2 000 à 15 000 ans environ, les chercheurs s'appuient sur un autre paramètre saisonnier qui, lui, ne migre pas : les poussières continentales amenées par le vent, plus abondantes l'été que l'hiver.

Cette méthode étant, à son tour, de moins en moins précise avec le temps, on se rabat alors sur le calcul : un modèle mathématique permet d'évaluer le tassement de la neige – donc l'épaisseur de la glace – les principaux paramètres étant alors la température et le taux d'accumulation.

La glace contient aussi, enfermé dans des bulles, un

échantillon de l'air des époques passées. Plus la profondeur, donc la pression, augmente et plus cet air (de 8 à 9 % du volume de la glace) s'imbrique à la structure de la glace. Les bulles deviennent donc de plus en plus petites, restant visibles à l'œil nu jusqu'à – 800 m.

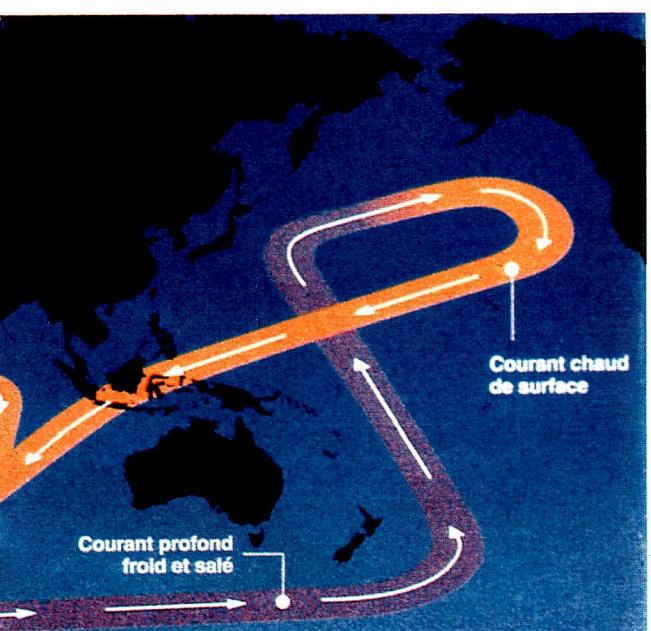
Enfin, à grande profondeur, les molécules gazeuses s'intègrent au réseau cristallin, constituant ce qu'on appelle des "clathrates". Deux laboratoires, à Berne et à Grenoble, étudient ces microbulles : la glace y est concassée afin de recueillir ces gaz, de les analyser et de mesurer leur concentration – gaz carbonique et méthane, surtout, qui engendrent le fameux effet de serre, et dont on étudie les corrélations avec la température.

quantité phénoménale par l'industrie, l'agriculture et les centrales énergétiques. Or l'accroissement de leur concentration dans l'air doit provoquer, par des mécanismes fort complexes, un réchauffement global de la planète estimé, selon les modèles, à de 3 à 10 °C en un siècle.

Mais ces modèles, par force, ne tiennent pas compte des imprévisibles fluctuations de la température qu'on vient de découvrir et qui, bien que d'origine naturelle, ont été dans le passé bien plus catastrophiques encore ! Alors, à quoi bon concevoir des modèles ultra-complexes à l'aide des ordinateurs les plus puissants pour calculer un réchauffement de 4 °C en un siècle, si l'on est incapable de comprendre et de prévoir des bonds de 10 °C en dix ans !

Plus dérisoire encore apparaît aujourd'hui la question de savoir si, oui ou non, le fameux réchauffement aurait déjà commencé. Depuis un siècle, la température moyenne globale de notre planète a, en effet, augmenté... d'un demi-degré, c'est le chiffre obtenu après d'énormes compilations de données et de longs calculs. Ce demi-degré est-il imputable à l'effet de serre d'origine humaine, s'interrogeait-on gravement ? Impossible de l'affirmer, évidemment, répondraient les climatologues sérieux. Au vu des variations de température qu'on vient de découvrir, la question peut faire sourire... Encore une fois, quel sens donner à des modèles qui prévoient des évolutions climatiques "toutes choses égales par ailleurs" quand les facteurs inconnus sont aussi essentiels ?

A cette vision du "verre à moitié vide", les climatologues préfèrent celle du "verre à moitié plein". «La découverte de ces oscillations, si elle est confirmée, est d'une grande importance. Il nous faudra maintenant travailler pendant des années, pour leur trouver une explication», constate Jean-Claude Duplessy, climatologue et directeur du laboratoire des faibles radioactivités du CEA-CNRS, à Gif-sur-Yvette. De son côté, Jean Jouzel souligne que les révélations du GRIP ne remettent pas en question la réalité de l'effet de serre. A preuve de récentes mesures, effectuées sur les glaces de Vostok, qui confirment, en effet, que la température est très étroitement corrélée avec la concentration en CO₂ et en méthane : les courbes sont pratiquement parallèles. «Pour moi, les travaux sur les conséquences de l'accroissement du CO₂ sont tout à fait utiles, ajoute Jean Jouzel. Mais il faudra sans doute tenir compte, dans ces modèles, des évolutions rapides de l'océan, dont on pensait jusque-là qu'il réagissait très lentement.» Dans l'incertitude, conclut J. W. C. White, de l'université du Colorado, «ne touchons à aucun bouton.» Et surtout cherchons à comprendre. ■



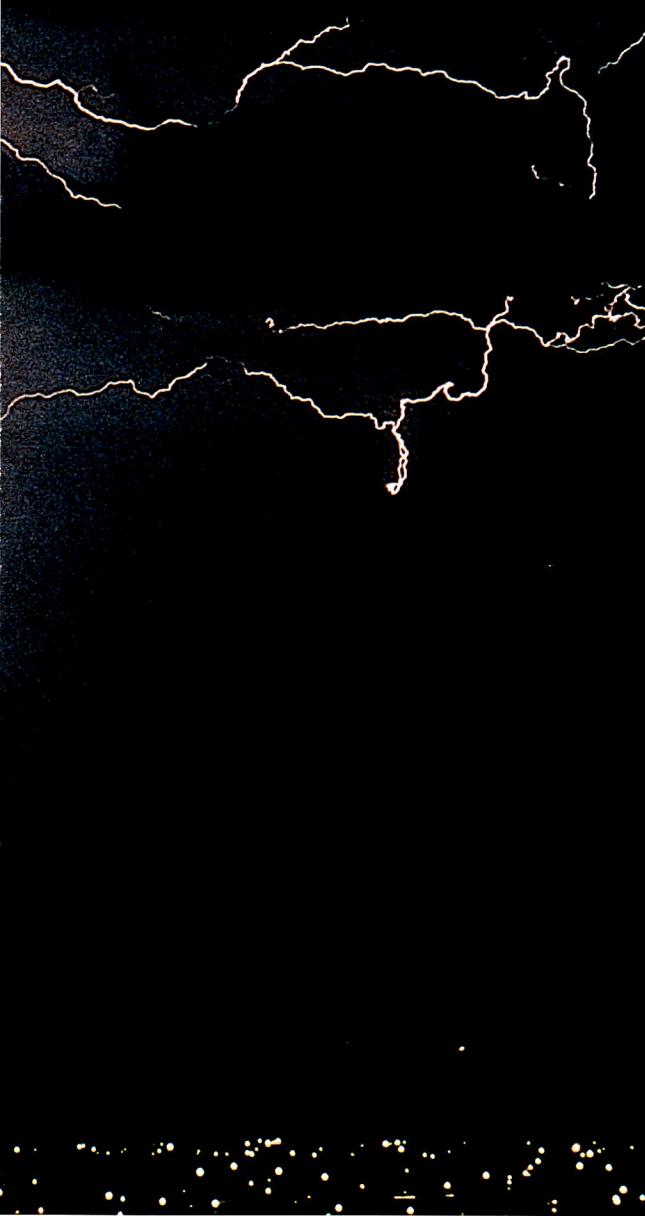
ESA

physique

Dompter la foudre



**Dans le monde, la foudre
frappe, en moyenne,
30 fois par seconde. De
loin, elle impressionne.
De près, elle se
transforme en un danger
mortel. Que savons-nous
sur elle aujourd'hui ?**



PAR DANIEL TARNOWSKI

On estime que chaque année, en France, la foudre cause la mort de vingt à quarante personnes. Elle fait aussi de nombreux blessés. Ainsi, au mois d'août dernier, à Font-Romeu, subitement la foudre s'est abattue sur des arbres près desquels jouaient des adolescents. Onze d'entre eux ont été blessés à des degrés divers. Le plus grièvement touché est un garçon de douze ans, aujourd'hui «dans un état de coma irrécupérable», selon les médecins du Centre hospitalo-universitaire de Montpellier.

La foudre tue également des milliers d'animaux, déclenche des incendies. Les surtensions qu'elle induit, même à des kilomètres du point d'impact, endommagent les installations électriques, les postes de télévision, le matériel électronique, informatique et téléphonique. Au total, les dégâts se chiffrent en milliards de francs.

Devant un tel fléau naturel, on veut d'abord comprendre. Qu'est-ce que la foudre ? A quoi est-elle due ? Comment se déclenche-t-elle ? En l'occurrence, il ne s'agit pas de satisfaire notre seule curiosité : mieux on la connaît, mieux on s'en protège.

Peut-on dompter la foudre ? La question n'est pas nouvelle. Mais elle vient d'être totalement relancée par les travaux de chercheurs japonais qui, à l'aide d'un faisceau laser, ont réussi à «canaliser» un mini-éclair en laboratoire. L'expérience devrait être renouvelée l'hiver prochain. Cette fois, en grandeur nature.

Peut-on prévoir la foudre ? Oui, à brève échéance. Sans pour autant que l'on sache exactement où et quand elle va frapper. Mais la prévention est une arme efficace. Il existe actuellement plusieurs systèmes d'alerte, par détection – plus ou moins précoce – et surveillance des orages.

La foudre n'est, en fait, qu'une des composantes de l'orage. Elle marque le dénouement d'une histoire qui commence au cœur de ces gigantesques masses nuageuses qu'on appelle cumulo-nimbus – du latin *cumulus* (amas) et *nimbus* (nuage). Ce sont les plus hauts, les plus larges et les plus redoutables des nuages. C'est en eux que naissent et germent les violentes pluies d'orage, la grêle, les éclairs et la foudre.

La base d'un cumulo-nimbus se situe environ 1 ou 2 km au-dessus du sol. Elle s'étend sur plusieurs km². La hauteur d'un tel nuage est encore plus impressionnante. Elle s'élève jusqu'à 10 ou 15 km (et même 20 km en région tropicale). Comment ce monstre se forme-t-il ? Quel «moteur» lui permet de s'élever à ce point et d'être aussi redoutable ?

suite de la page 41

Dans le cas classique d'un orage d'été, ce moteur est double : d'une part, le principe d'Archimète, d'autre part, la chaleur latente. Le premier est bien connu. L'air chaud est moins dense que l'air froid. Lorsque l'un est plongé dans l'autre, le premier va donc avoir tendance à s'élever.

Une telle situation se produit quotidiennement en été, lorsque le sol est fortement réchauffé par le rayonnement solaire. Cela provoque localement, au niveau du sol, la formation de véritables bulles d'air chaud. «Des bulles de quelques dizaines à quelques centaines de mètres de diamètre», précise Frank Roux, du Centre de recherche en physique de l'environnement (laboratoire du Centre national de la recherche scientifique - CNRS -, à Issy-les-Moulineaux). Lui-même les compare (1) à de «géantes montgolfières invisibles» (voir *Science & Vie* n° 910, p. 100).

Leur ascension correspond aux fameuses "thermiques" que connaissent bien les adeptes du vol libre en planeur, parapente ou deltaplane. Pour s'élever, ces montgolfières géantes doivent contenir de l'air chaud. Pour engendrer un nuage, il faut en outre que cet air soit humide.

Humide est un mot tellement usuel qu'on en oublie sa signification véritable : un air est humide lorsqu'il contient de la vapeur d'eau. C'est-à-dire lorsqu'il contient de l'eau, non pas sous forme liquide, mais sous forme gazeuse. En "phase gazeuse" disent les scientifiques.

Autrement dit, la vapeur d'eau n'est absolument pas constituée de petites gouttelettes – comme on aurait tendance à l'imaginer. C'est un gaz. Au même titre que le mélange d'azote, d'oxygène et d'argon que nous respirons. Et, comme lui, elle est transparente, invisible. Ce n'est donc pas elle qu'on aperçoit lorsqu'un nuage est formé. «Dès que l'on voit un nuage, cela signifie au moins la présence d'eau en phase liquide», souligne Serge Chauzy, du laboratoire d'aérologie de Toulouse (Université Paul Sabatier/CNRS). Encore une fois, ce qui "fait" le nuage, c'est la condensation de vapeur d'eau en gouttelettes de liquide – suivie de la congélation de ces gouttelettes en cristaux de glace.

C'est là qu'intervient le deuxième élément moteur : la chaleur latente. Il s'agit d'une quantité d'énergie emmagasinée dans la vapeur d'eau. Et libérée dans le nuage – sous forme de chaleur – lors de la condensation de cette vapeur d'eau.

Conséquence : cette libération de chaleur latente réchauffe l'air ambiant, dans le nuage. Ce qui vient renforcer le premier moteur ascensionnel (voir dessin ci-contre). La contribution de cet effet "turbo" est décisive : sans elle, le

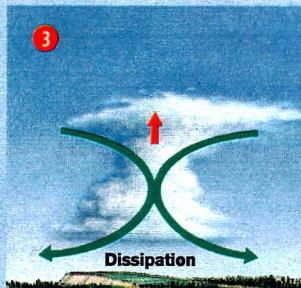


cumulo-nimbus aurait un développement vertical moins important.

Ce double moteur est d'ailleurs tellement puissant que le cumulo-nimbus vient littéralement se "cogner" la tête contre une barrière naturelle de l'atmosphère. Et avec force, puisqu'il en arrive à se donner lui-même une tête en forme d'enclume !

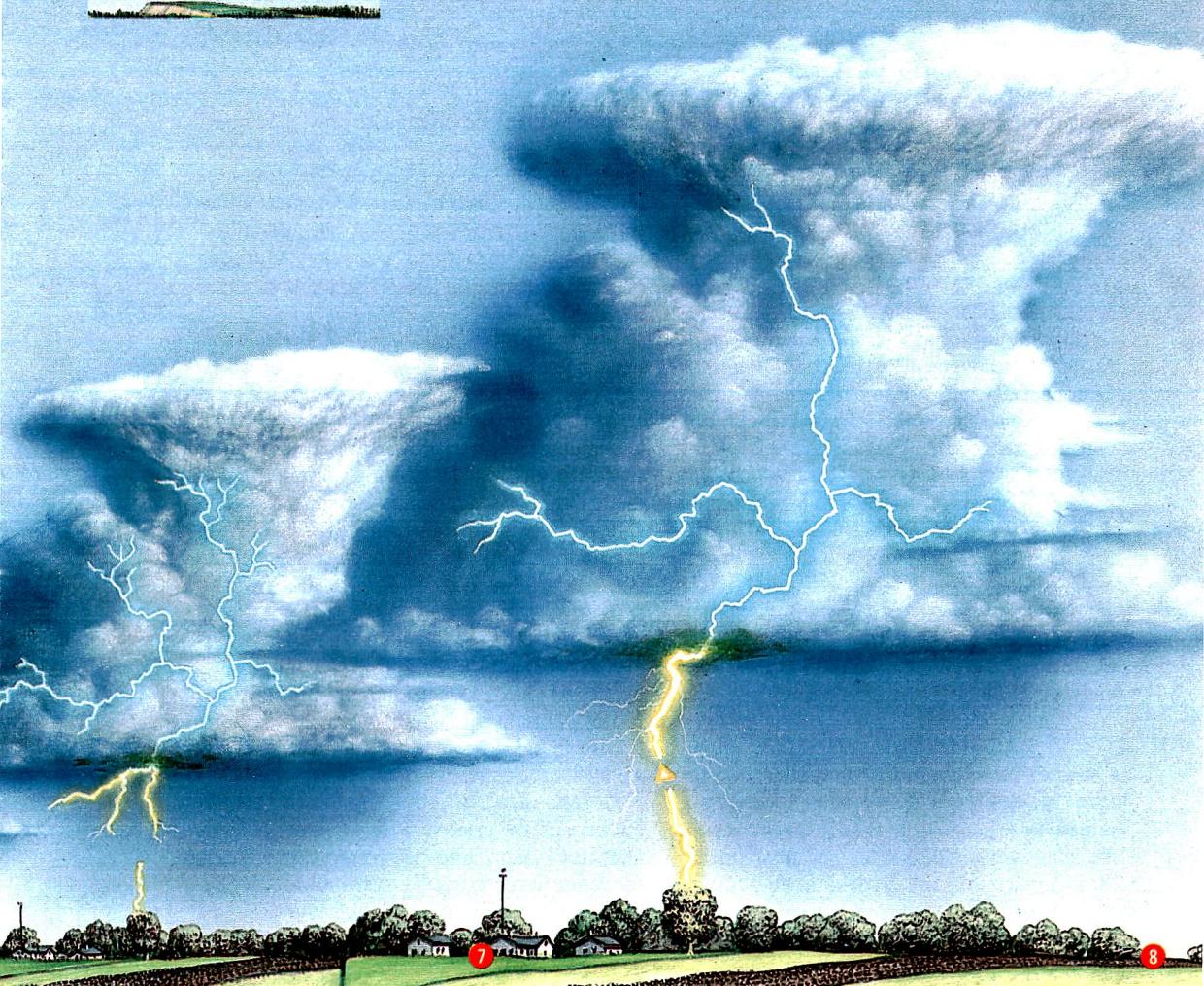
Cette barrière naturelle est la tropopause. Ainsi nommée parce qu'elle marque la limite de la troposphère. Dans cette première couche de l'atmosphère, la température baisse au fur et à mesure

(1) A lire, de Frank Roux : *les Orages, météorologie des grains, de la grêle et des éclairs*, éditions Payot.



Qui sème le nuage récolte la foudre

Lors de la formation d'un cumulo-nimbus ①, un courant ascendant (en rouge) favorise la montée de l'air chaud et humide. Puis, sur les côtés du nuage, l'évaporation provoque des refroidissements ②, à l'origine de courants descendants (en vert). Dans la phase de dissipation ③, ces courants deviennent prépondérants. Les charges positives sont au sommet, celles négatives prédominent dans la partie inférieure ④. Lors de la dissipation, l'éclair entre le nuage et le sol commence avec la descente d'un "précurseur", un canal ionisé, donc conducteur, qui chemine pas à pas vers le sol ⑤ et ⑥. Il provoque sur les objets pointus et élevés l'apparition d'un "contre-précurseur" ascendant, une décharge de très faible intensité ⑦. Quand la jonction se fait, le courant passe : c'est la foudre ⑧.



qu'on s'élève. Dans la stratosphère, qui vient juste après, c'est l'inverse : la température augmente avec l'altitude. Cela est dû à la présence, dans la stratosphère, de la fameuse couche d'ozone (qui en absorbant le rayonnement ultraviolet du Soleil, joue le rôle d'une bouillotte).

Au-dessus de la tropopause, l'air est donc de plus en plus chaud. Ou si l'on préfère, de moins en moins froid – car il varie *grosso modo* de -50°C à 0°C . Cette inversion du sens dans lequel varie la température arrête le développe-

ment vertical du cumulo-nimbus. L'air froid ne s'élève pas dans l'air chaud (ou moins froid). Le nuage est alors contraint de se développer sur les côtés. Il s'étale donc horizontalement, ce qui lui donne sa tête caractéristique.

Fin du premier tableau : le cumulo-nimbus est formé. Mieux, lorsque son enclume apparaît, il est dans sa phase de maturité. La foudre n'intervient que dans l'étape suivante, lors de la dissipation du nuage. Mais déjà, l'activité électrique a commencé. Elle résulte de la présence au sein du



cumulo-nimbus de toute une faune surprenante de particules d'eau liquide et de glace. Les spécialistes les appellent des "hydrométéores".

Cristaux de glace, flocons de neige, particules de grésil et de grêle constituent la famille des hydrométéores glacés. Les cristaux de glace sont les plus petits : ils ne dépassent pas quelques micromètres. En raison de leur légèreté, l'enclume du cumulo-nimbus en est exclusivement formée. Les flocons de neige sont des cristaux plus développés. Ils adoptent toutes sortes de structures : en étoile, aiguille, colonne ou plaque.

Les particules de grésil ont une taille de quelques millimètres. Ce sont des flocons de neige amalgamés : de la "neige roulée", selon l'expression de Jean-Pierre Chalon, du Centre national de recherche météorologique de Toulouse. Enfin, les grêlons sont des particules de grésil qui sont "recyclées" dans le cumulo-nimbus. C'est-à-dire qui, prises dans une ascendance, effectuent au moins un tour complet dans le nuage. La grosseur finale des grêlons dépendra du circuit qu'ils y auront parcouru.

L'eau liquide est également présente dans le cumulo-nimbus, depuis les gouttelettes de quelques micromètres jusqu'aux gouttes "précipitantes" de quelques millimètres. Elle peut rester liquide, à l'état "surfondé", même à des températures très en dessous de 0 °C. On trouve, en effet, des gouttelettes d'eau surfondue jusqu'au sous l'enclume, là où règne des températures de l'ordre de -40 °C.

Des hydrométéores aux éclairs et à la foudre, il n'y a qu'un pas à franchir. Une étape et une seule. En effet, la distinction que l'on fait communément entre la foudre et l'éclair n'est pas vraiment fondée. Du moins pas dans le sens où on l'entend habituellement. Dès que l'on aperçoit la lueur d'un éclair, cela signifie que la foudre est tombée quelque part. Autrement dit, la foudre est un éclair nuage-sol. Elle se distingue des éclairs nuage-nuage, encore appelés "intra-nuages" qui, eux, restent invisibles.

Dans les deux cas, il s'agit d'une décharge électrique. C'est la reproduction – à plus grande

échelle – du même phénomène de "claquage" que l'on observe entre les plaques d'un condensateur mal isolé ou trop chargé. Un condensateur est essentiellement constitué de deux armatures conductrices, séparées par un milieu isolant. Ces armatures emmagasinent des charges opposées : positives pour l'une, négatives pour l'autre.

Une décharge se produit entre elles si le milieu qui les sépare n'est pas suffisamment isolant. Ou, bien sûr, si l'on dépasse un certain seuil critique. La tension – ou différence de potentiel – qui apparaît entre les deux armatures est mesurée en volts. Mais la grandeur physique pertinente dans le cas des éclairs n'est pas la tension (qui n'a plus grand sens sur des distances de l'ordre du kilomètre), c'est le champ électrique qui, lui, est défini localement, en chaque point de l'espace, et se mesure en volt/mètre (V/m).

Dans le cas des éclairs intra-nuages, le rôle des armatures du condensateur est joué par deux poches de charges électriques opposées situées toutes deux dans le nuage. Dans le cas de la foudre, l'une des deux est au sol. Mais d'où viennent ces charges ?

La réponse à cette simple question s'est fait attendre près d'un siècle. Pour expliquer ce qu'ils appellent l'électrisation des nuages, c'est-à-dire la formation des charges et leur séparation, les scientifiques ont, en effet, invoqué tour à tour différents mécanismes. L'histoire en est longue et comporte de multiples rebondissements.

Aujourd'hui, le processus jugé le plus efficace fait intervenir trois types d'hydrométéores : cristaux de glace, particules de grésil et gouttelettes d'eau surfondues. Plus précisément, il s'agit des collisions entre cristaux de glace et particules de grésil, se déroulant en présence d'eau surfondue.

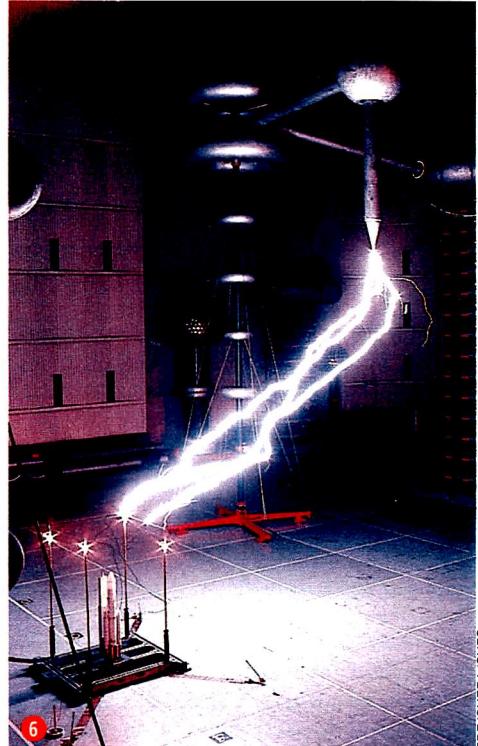
Des expériences menées en laboratoire, à l'université de Manchester (Grande-Bretagne) en particulier, ont montré que dans ces collisions un rapide transfert de charge se produit entre les petits cristaux de glace (quelques micromètres) et les particules de grésil (quelques millimètres). Pourquoi ? «C'est un effet lié à la différence de taille et



Vidéo EDF, photos E. Malemanche, réalisées grâce à l'aimable concours de Sony

La foudre ne "tombe" pas, elle remonte

Dans une simulation du phénomène, au Centre d'essais EDF des Renardières, on voit distinctement, sur les photos 4 à 5, comment progresse cette forte impulsion électrique, appelée l'arc en retour. L'étude de la foudre et de ses effets, sur des aéronefs ou toute autre installation sensible – ici sur un modèle réduit d'Ariane 6 – est toujours d'actualité : mieux on la connaît, mieux on s'en protège.



EDF/ONERA/CNES

de température des particules. Il est probablement dû à la structure dissymétrique des molécules d'eau. Mais on ne sait pas encore l'expliquer en détail», affirme Serge Chauzy.

Ce transfert de charge est parfois comparé à un phénomène de triboélectricité. C'est-à-dire à la production d'électricité statique par frottement. L'exemple classique – et même canonique ! – des phénomènes triboélectriques est celui de la baguette de verre que l'on frotte avec un chiffon de laine. Ou encore des chaussures qui frottent sur une moquette.

Dans ces deux cas, des charges sont en fait «arrachées» (à la baguette de verre ou à la moquette) sous l'effet du frottement. Alors que dans le cas des nuages, «il s'agit d'un transfert de charge, et non d'un arrachement», précise Serge Chauzy. La meilleure preuve en est que, contrairement aux phénomènes triboélectriques, ce transfert varie en fonction de la température.

C'est là une caractéristique surprenante des collisions entre cristaux de glace et particules de grésil. Pour une température inférieure à -10°C, c'est-à-dire dans la partie la plus haute et la plus froide du nuage, les cristaux se chargent positivement et le grésil négativement. En revanche, pour une température supérieure à -10°C, le transfert de charge s'opère en sens inverse.

Les spécialistes expliquent ce curieux effet par la présence des gouttelettes d'eau surfondées : leur congélation plus ou moins rapide à la surface des particules de grésil modifierait les propriétés électriques de ces particules. Ils ont

surtout été ravis de découvrir cet effet (à la fin des années soixante-dix), dans la mesure où il rend compte de la répartition globale des charges électriques dans les cumulo-nimbus (voir dessin p. 42). Une répartition dont on connaît les grands traits grâce à des mesures au sol et à des sondages par ballons.

Fin du deuxième tableau : le cumulo-nimbus est électrisé. Avec une prédominance de charges positives dans le haut du nuage, et de charges négatives dans le bas. Avec aussi toute un population d'hydrométéores chargés qui évolue en permanence, d'abord en fonction de leur masse (les plus gros «tombent») mais aussi au gré des courants qui les emportent.

Toutes les conditions sont réunies pour que se développe une intense activité électrique. Celle-ci commence tout naturellement à l'intérieur du nuage. D'abord par des micro-décharges, puis par des éclairs intra-nuages. En règle générale, ni les unes ni les autres ne sont visibles à l'œil nu. On peut cependant les détecter grâce au rayonnement électromagnétique qu'ils émettent – nous y reviendrons.

Le point important est qu'un orage peut très bien se développer au-dessus de nous sans que nous nous en doutions. C'est ce qu'on appelle un orage «sec» : sans précipitation, mais avec une activité électrique déjà bien avancée. C'est vraisemblablement ce type d'orage qui s'est produit à Font-Romeu. La foudre – qui se manifeste dans la phase terminale des orages – frappe alors

suite de la page 45

sans prévenir. C'est un danger de plus à souligner.

Mais avant cela, il y a donc toute une phase d'activité électrique intra-nuageuse. Le critère qui la déclenche est le champ électrique. Dans des conditions normales de pression et d'humidité, l'atmosphère est isolante. Comme le milieu qui sépare les armatures d'un condensateur. Pour rendre l'air conducteur – c'est-à-dire pour l'ioniser – il faut le soumettre à un très fort champ électrique, de l'ordre de 3 mégavolts/mètre (MV/m).

Or, tous les champs que l'on a pu mesurer par sondage *in situ*, dans les cumulo-nimbus, sont nettement inférieurs à un tel seuil. Comment dans ces conditions des décharges électriques peuvent-elles se produire ?

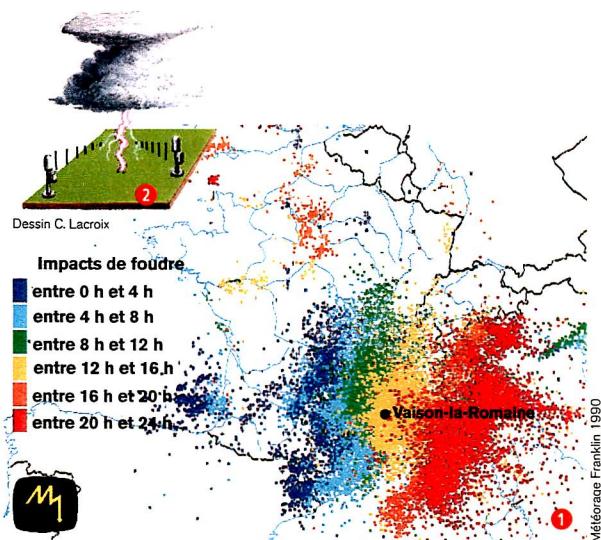
Là encore, les hydrométéores nous apportent la réponse. Un effet de pointe se produit à leurs extrémités : l'air est rendu conducteur par renforcement local du champ électrique, au voisinage des objets pointus. Il laisse alors passer un courant – en général de faible intensité, en raison des charges présentes dans l'air. Et c'est ainsi qu'on observe des petites décharges, sortes de "flammes" électriques semblant s'échapper de la pointe des objets. C'est ce qu'on nomme "feux Saint-Elme", ou encore "effet corona".

Dans les cumulo-nimbus, cet effet de pointe est particulièrement important dans le cas des gouttes d'eau allongées. Il est étudié au laboratoire d'aérologie de Toulouse, par Serge Chauzy et ses collaborateurs. Par simulation numérique, ces chercheurs ont montré que la déformation des gouttes dans un nuage suffisaient à créer des champs supérieurs au seuil décisif de 3 MV/m.

Dans un cumulo-nimbus, les micro-décharges sont le prélude à un phénomène de bien plus grande envergure : l'éclair intra-nuage. Il s'agit là d'une décharge qui se propage sur des centaines de mètres, voire des kilomètres ! L'intensité du courant électrique est alors de quelques centaines à quelques milliers d'ampères. Avec l'éclair, on change donc totalement de dimensions.

En fait, le rôle des micro-décharges est aussi de lui "préparer le terrain". En établissant dans tout le cumulo-nimbus de multiples connexions électriques à très courte distance, elles créent les germes du gigantesque réseau qui sera ensuite suivi par l'éclair.

Cet éclair lui-même est précédé par un "double précurseur" : une décharge de faible intensité, qui se propage des deux côtés à la fois, en arborescence. Chaque branche du précurseur crée un canal ionisé, qui se développe de façon saccadée, par bonds de quelques dizaines de mètres. La description exacte de ce phénomène



Le dramatique record de Vaison-la-Romaine

Plus de 62 000 impacts de foudre ont été enregistrés par Météorage durant la journée du 22 septembre 1992 ①. On voit, par tranche de quatre heures, l'évolution de l'orage qui a frappé ce jour-là le sud-est de la France. C'est en captant le rayonnement électromagnétique d'un éclair qu'on localise son impact au sol ②.

est aujourd'hui connue grâce aux récents résultats d'une expérience menée par Anne Bondiou, de l'Office national d'études et recherches aérospatiales (ONERA), André Bonamy, de la direction des études et recherches d'EDF, et leurs collaborateurs. Cette expérience s'est déroulée au centre d'essais EDF des Renardières, où des décharges de plusieurs mètres de long et de forte intensité (quelques centaines d'ampères) ont été déclenchées dans une enceinte aux dimensions impressionnantes : 65 m de long et de large, 45 m de hauteur (de quoi loger quatre monuments comme l'Arc de Triomphe). L'expérience a permis de reproduire exactement les conditions d'initiation d'une décharge et d'observer pour la première fois comment se développe le système de double précurseur qui la précède.

Lorsque les deux bouts du précurseur connectent des poches de charges électriques opposées, il se produit alors ce que Pierre Laroche, de l'ONERA, appelle une "décharge de jonction". C'est l'éclair intra-nuage. Puissant mais de courte durée : quelques dixièmes de seconde.

Dans un orage classique, environ 90 % de l'activité électrique totale reste ainsi confinée à l'intérieur des cumulo-nimbus et se déroule sous la forme de micro-décharges et d'éclairs intra-nuages. Plus l'orage est puissant, plus cette proportion est élevée. Dans le cas "historique" d'un phénomène orageux particulièrement violent



Des feux Saint-Elme à la rencontre de l'éclair

Cette photo, prise à Dixon Mills, en Alabama, constitue un des meilleurs arguments pour ne pas s'abriter sous les arbres pendant un orage. Mais, surtout, elle montre deux "contre-précurseurs" ascendants (flèches rouge), sorte de feux Saint-Elme, qui se développent, l'un à partir du sycomore lui-même, l'autre à partir de l'antenne de télévision.

Météorage Franklin 1990

(2) En montagne, toutefois, un précurseur ascendant se développe souvent jusqu'à la base du nuage.

qui s'est abattu en région parisienne, le 22 août 1991, cette proportion est montée jusqu'à 99,5 % !

Fin du troisième tableau. Après les éclairs intra-nuages, tous les éléments du puzzle sont maintenant réunis pour le dénouement : l'entrée en scène de la foudre. Dans un orage classique, le premier coup au sol est porté quelques dizaines de minutes après le début de l'activité électrique intra-nuage. Les foudroiements s'intensifient dans la phase d'effondrement du cumulo-nimbus, lorsque celui-ci s'affaisse et se dissipe.

On peut observer directement comment se développe un éclair entre le nuage et le sol. Pour

les scientifiques, c'est un avantage énorme. On peut également simuler de mini-éclairs en laboratoire, ce qui en facilite l'étude. Comme dans le cas précédent, l'éclair nuage-sol est d'abord précédé d'un précurseur. Un double précurseur dont l'une des branches se développe dans le nuage (où elle est invisible) et dont l'autre descend, pas à pas, vers le sol (2).

Ce "précurseur descendant" a été vu sur des enregistrements de caméra à défilement rapide. C'est un trait faiblement lumineux, qui progresse par bond. Une décharge de faible intensité, qui n'est capable de se propager que sur quelques

suite de la page 47

dizaines ou centaines de mètres. Avec un temps de pause d'environ 50 microsecondes à chaque pas. André Bonamy le compare à une «tête chercheuse qui progresse dans un milieu qu'elle ionise pas à pas et laisse dans son sillage un canal conducteur». Un canal qui draine vers le sol des charges négatives du nuage.

Son allure erratique, zigzagante, vient du fait que le précurseur se dirige en allant toujours vers le champ électrique le plus intense. «Il est partisan du moindre effort, ce qui le pousse à choisir, à chaque pas, le chemin le plus facile mais qui n'est pas toujours le plus court», précise André Bonamy. C'est donc le champ électrique qui guide le précurseur dans son déplacement. L'un et l'autre sont d'ailleurs étroitement liés puisque le précurseur contribue également à modifier ce champ et à le renforcer à chaque pas, en drainant les charges en provenance du nuage.

Lorsque le précurseur est descendu jusqu'à une centaine de mètres au-dessus du sol, ce renforcement du champ électrique provoque l'apparition d'un contre-précurseur montant à sa rencontre. De nouveau, un effet de pointe en est à l'origine. Celui-là nous concerne directement puisqu'il se développe dans notre environnement, à partir d'un point élevé : arbre, antenne, clocher, paratonnerre et autres.

Lorsque les deux précurseurs se rejoignent, le contact est établi entre le nuage et le sol. Le courant passe comme dans un banal phénomène de court-circuit. Mais un courant d'une extraordinaire intensité : de l'ordre de plusieurs dizaines voire de centaines de kiloampères. C'est la foudre.

En règle générale, cette foudre ne

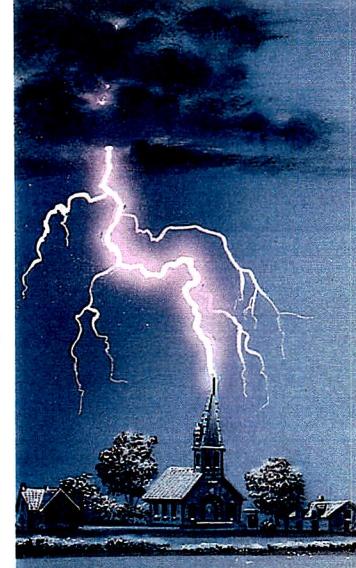
“tombe” d'ailleurs pas du ciel. La gigantesque étincelle électrique que l'on voit, et qui est appelée «arc en retour», jaillit du sol. L'impulsion de courant remonte le long du canal ionisé, neutralisant sur son passage les charges qui y ont été déposées par le précurseur lors de sa descente (voir photos p. 47).

Cette première décharge est aussitôt suivie de plusieurs autres. A nouveau un précurseur descendant emprunte le chemin – désormais bien tracé – du même canal ionisé. Un nouvel arc en retour remonte ensuite vers le nuage. En moyenne, on compte ainsi quatre arcs en retour dans le même foudroiement. Leur nombre peut aller jusqu'à dix. C'est leur succession très rapide, à quelques dixièmes de seconde d'intervalle, qui donne cette impression de vibration ou de pulsation que l'on observe dans la lueur des éclairs.

Dans un arc en retour, le passage du courant porte le canal ionisé à une température de

Paratonnerre : un effet de pointe

**Ces pointes de métal
plantées au sommet des
constructions et reliées
à la terre nous préservent
de la foudre en la
conduisant vers le sol. Et
cela, depuis plus de
deux siècles.**



quelques 30 000 °C. La pression étant de 10 à 100 fois plus élevée que d'ordinaire, sa brusque dilatation produit une onde de choc à l'origine du coup de tonnerre. La vitesse du son est d'environ 300 m/s. Celle de la lumière est si grande, en revanche, que la lueur de l'éclair nous arrive instantanément. Le décalage en temps que l'on perçoit donc entre les deux manifestations du même phénomène permet d'évaluer la distance nous séparant d'un éclair. Dès que l'on en voit la lueur, il suffit de compter en secondes le temps mis par le tonnerre pour arriver jusqu'à nous. En divisant ce chiffre par trois, on a approximativement la distance en kilomètres.

Peut-on récupérer l'énergie de la foudre ? La question est souvent posée. Sans même parler des difficultés d'une telle entreprise, une rapide estimation montre que le jeu n'en vaudrait pas la chandelle. Dans le monde, la foudre frappe, en effet, en moyenne 30 fois par seconde. En France, cela correspondrait à une énergie de 60 MWh : celle fournie, par exemple, par une petite centrale hydroélectrique dans les Pyrénées.

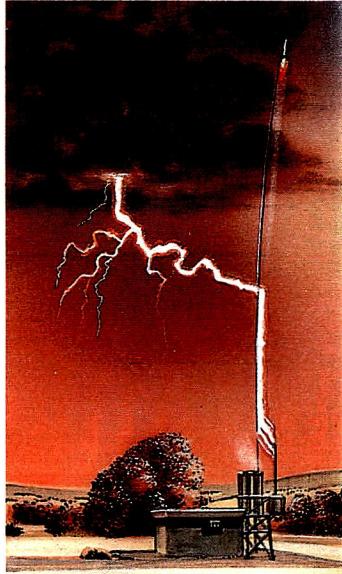
Un tel chiffre peut sembler étonnant, compte tenu de la puissance des décharges. Mais précisément, il s'agit d'une puissance. Or nous parlons d'énergie. Puissance et énergie sont deux notions que l'on a tendance à confondre. Une confusion encore aggravée par le fait que l'unité de puissance est le watt. Et que l'on mesure l'énergie notamment en watt-heure. L'apocope est tentante !

La puissance n'est rien d'autre qu'une énergie divisée par un temps. Si ce temps est très bref – quelques microsecondes, par exemple – on peut obtenir une puissance astronomiquement grande. Mais ce qui compte, par exemple pour faire fonctionner un appareil électrique, c'est bien l'énergie.

A défaut de récupérer l'énergie de la foudre,



Dessins C. Lacroix

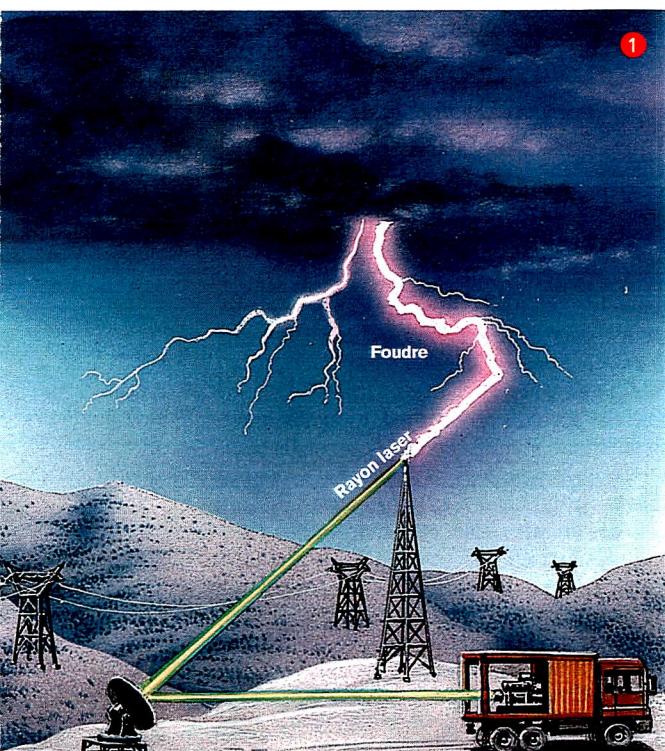


Fusée : elle déclenche la foudre

Il est possible de canaliser la foudre en envoyant en direction du nuage une fusée tractant un fil de cuivre relié à la terre.

Laser : un rayon conducteur

Pour mieux protéger les sites de production et le transport de l'électricité, les Japonais étudient comment déclencher la foudre à l'aide d'un faisceau laser qui, en ionisant l'air, le rend conducteur ①. L'an dernier, ce concept nouveau a été validé par une expérience en laboratoire ②.



on peut toujours la canaliser. C'est le principe du classique paratonnerre qui "attire" la foudre, tout simplement parce qu'il facilite le développement d'un effet de pointe. Mais attention, il ne suffit pas d'attirer la foudre, il faut aussi l'évacuer efficacement. Cela implique que le paratonnerre soit bien connecté à la prise de terre et que celle-ci soit en mesure de jouer pleinement son rôle. Le danger est réel : un mauvais paratonnerre est pire que pas de paratonnerre du tout.

Une autre manière de maîtriser le point d'impact d'un éclair a été mise au point, dans les années soixante-dix, par des chercheurs du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et d'EDF. Elle consiste à lancer en direction d'un nuage d'orage une fusée tractant un fil de cuivre relié à la terre. Un fil d'une longueur de 700 mètres et gainé de Kevlar, pour en assurer la résistance mécanique. Les campagnes d'essai menées sur le site expérimental de Saint-Privat d'Allier (un village de Haute-Loire) ont démontré un taux de réussite de 75 %. Elles ont surtout offert aux chercheurs un outil incomparable pour étudier, en grandeur nature, les effets des décharges.

Une variante très futuriste du paratonnerre est étudiée depuis 1990 dans le cadre de diverses collaborations entre des compagnies d'électricité et des organismes de recherche japonais. L'idée est de forcer le déclenchement des éclairs et de guider leur arrivée à l'aide d'un faisceau laser ionisant l'air (voir dessin ci-contre). L'objectif visé est la mise au point d'un moyen de protection, 100 % efficace et à grand rayon d'action (quelques centaines de mètres), des moyens de production et de transport d'électricité. Au Japon, on estime, en effet, que 60 % des accidents survenant sur ces lignes sont dus à la foudre.

L'an dernier, une expérience a permis de valider ce concept, avec une simulation d'éclair en laboratoire (voir photo ci-contre). D'ici à la fin de cet hiver, la technique de guidage par laser des éclairs devrait connaître un début de confirmation sur le terrain. Même si les experts s'interrogent sur ses chances de succès, ils suivent attentivement le développement de cette technique qui pourrait changer tout le marché de la protection contre la foudre.

En attendant la protection 100 % efficace, la prévention du risque foudre est devenue une réalité quotidienne. Cette prévention passe par la détection – plus ou moins précoce – des orages. Trois types de systèmes sont aujourd'hui disponibles.

- Le premier repose sur une mesure du champ électrique au niveau du sol. Ce champ suit, en effet, une évolution très caractéristique pendant les



L'essentiel reste caché

La majeure partie d'un orage est invisible pour les yeux. On ne voit bien l'ensemble de son activité électrique qu'avec des capteurs sensibles au rayonnement électromagnétique.

Keith Kent/SPL/COSMOS

suite de la page 49

orages. Ce qui permet d'annoncer, quelques minutes ou dizaines de minutes à l'avance, tout risque de foudroiement sur un site, dans un rayon allant jusqu'à une quarantaine de kilomètres. Des avertisseurs d'orages et stations d'alerte sont commercialisés par des sociétés comme Electro-nique 2000 à Grenoble, Dimensions à Saint-Aubin (Essonne) et Météorage Franklin à Paris.

● Météorage Franklin gère surtout le réseau national de surveillance des orages de Météo-France. Il s'agit là d'un système de prévention du risque foudre, basé sur la détection des impacts au sol (voir carte p. 46). Pendant un orage, les décharges nuage-sol émettent un rayonnement électromagnétique (de basse fréquence) qui se propage sur plusieurs centaines de kilomètres. Ce rayonnement est détecté par un réseau de seize capteurs (de classiques antennes) installés en France, auxquels s'ajoutent ceux situés en Autriche, en Suisse et, bientôt, en Italie.

Tout cela est montré sur minitel (3617 Météorage). Météorage propose aussi un service d'alerte, en règle générale sur des zones de 30 x 30 km : dès que l'impact au sol d'un éclair entre dans ce périmètre, l'alerte est donnée.

● Le troisième type de système de détection et de surveillance des orages s'appelle Safir. Un nom qui sonne joliment pour un vrai bijou technologique. Mais c'est en fait un acronyme : Surveillance et alerte foudre par interférométrie radioélectrique. De quoi s'agit-il ? D'un système qui détecte l'activité électrique à l'intérieur des nuages. Il a été mis au point par des chercheurs de l'ONERA (qui en détient le brevet international) et est commercialisé aujourd'hui par la société Dimensions.

Le principe ne change pas : capter le rayonnement électromagnétique des décharges électriques à l'aide d'un réseau d'antennes (trois en l'occurrence, pour couvrir une région de 300 x 300 km). La différence vient du type de

rayonnement émis (très haute fréquence), de la méthode de détection (l'interférométrie, une technique de mesure de très grande précision), et surtout de l'origine de ce rayonnement : micro-décharges et éclairs intra-nuages.

A plusieurs reprises, nous avons souligné que l'activité électrique d'un orage commence d'abord à l'intérieur des nuages. Sa détection précoce assure donc une véritable prévision – en moyenne, trente minutes à l'avance – des premiers coups au sol. Et plus l'orage est violent, plus le risque foudre est annoncé à l'avance. Safir permet, en outre, de suivre l'évolution d'ensemble d'un orage et de prévoir son déplacement.

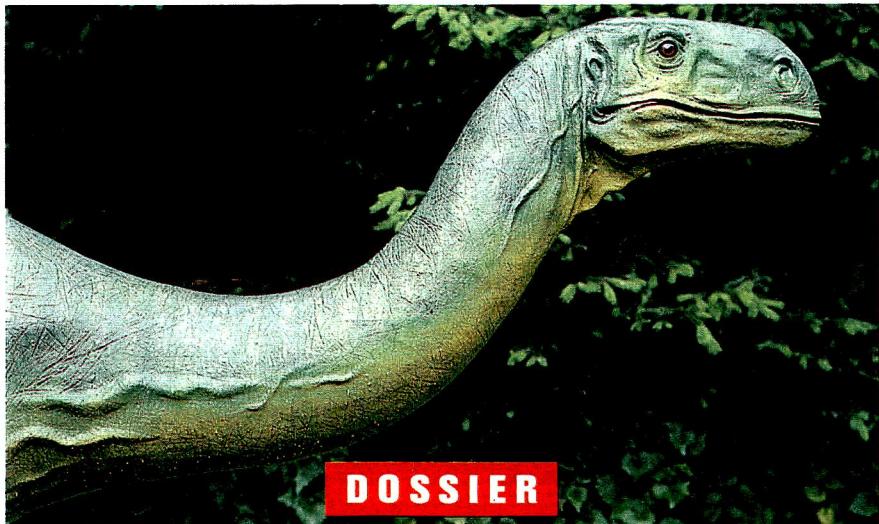
Aujourd'hui, six Safir sont installés dans le monde : à Kourou (site de lancement des fusées Ariane), au Centre d'essais des Landes (qui dépend du ministère de la Défense), en région Ile-de-France (Météo-France), en Floride (système 3D pour l'étude franco-américaine ONERA-FAA – Federal Aviation Administration – des cisaillements de vent près d'aéroports), en Belgique (Institut royal météorologique) et au Japon (pour la compagnie d'électricité Kansai qui participe aux recherches sur le guidage laser des éclairs).

Météo-France développe actuellement une nouvelle approche pour la prévision dite immédiate (trente minutes pour les orages, de une à deux heures pour les précipitations) en combinant essentiellement les informations de Safir avec des images radar (qui montrent les précipitations au cœur des nuages). De son côté, la société Dimensions lance une étude sur la possibilité de prévoir les fortes précipitations, généralement associées à des traits spécifiques de l'activité électrique intra-nuage.

A plus long terme, une autre question se pose aussi : celle de la prévision de la grêle. Nous en reparlerons... ■

Les dinosaures

sans fiction



DOSSIER

F. Denigal

PAR ISABELLE BOURDIAL, PIERRE ROSSION ET MARC MENNESSIER

Par un paradoxal retour de flamme, la science-fiction se tourne vers le lointain passé au lieu d'explorer le futur. Un film à succès prétend ressusciter les reptiles géants de l'ère secondaire grâce à la biologie moléculaire, les parcs de dinosaures (en plâtre ou en résines de synthèse) font florès dans le monde, et l'affluence du public dans les musées de paléontologie bat tous les records. Les

dinosaures tournent au fantasme collectif. Mais peut-on vraiment trouver de l'ADN de dinosaure ? Et si l'on en trouvait, pourrait-on s'en servir pour recréer pareil monstre ? Et comment ? Des dinosaures ont-ils vécu en France ? Où peut-on voir ce qu'il en reste ? Et quelle est la cause de la vogue soudaine de ces bêtes fantastiques ? C'est à ces questions que répond le dossier que voici.

LES AVENTURIERS DE L'ADN PERDU

Où trouver du matériel génétique de dinosaure ?

PAGE 52

CLONER LES DINOSAURES : DU CINÉMA !

Pourtant, on saurait le faire...

PAGE 58

LE GUIDE DE FRANCE DES DINOSAURES

Lesquels ? Où les voir ?

PAGE 62



Les aventuriers

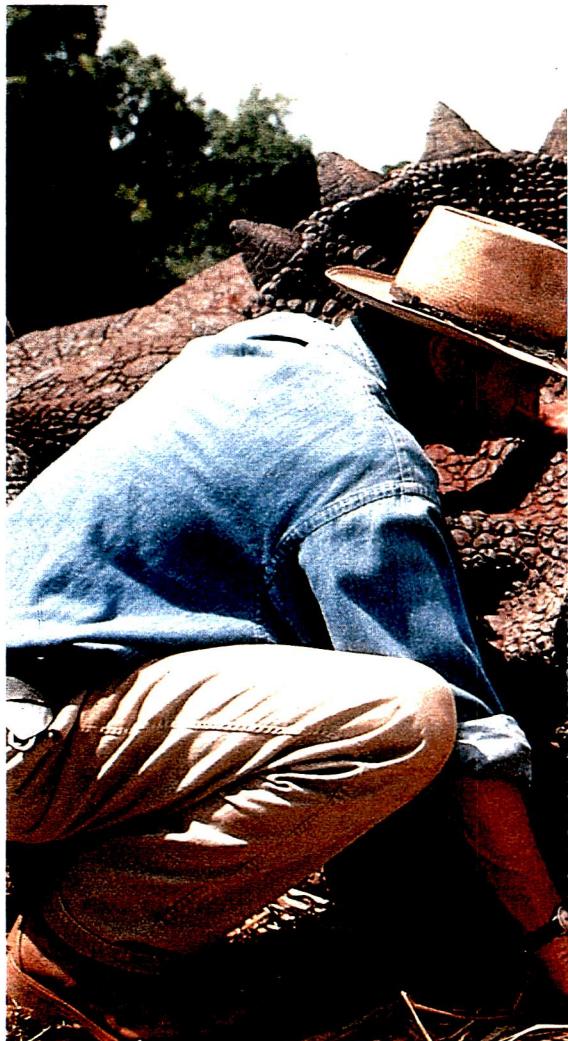
Il y a peu de temps encore, on désespérait d'extraire de l'ADN d'un organisme fossile. Puis on s'aperçut que la molécule support de l'hérédité vieillissait mieux que prévu. Neuf années de recherches intensives ont permis de remonter de cent trente millions d'années dans le passé. Quant à reconstituer en entier le patrimoine génétique des dinosaures, c'est une toute autre affaire !

PAR ISABELLE BOURDIAL

Un tyrannosaure, un tricératops, un dilophosaure, un troupeau de gallimimus, quelques brachiosaures et une poignée de vélociraptors, tous dinosaures. Et tous vivants pour quelques millions de spectateurs dans le monde. Produits non pas de la biotechnologie, comme voudrait le faire croire le réalisateur Steven Spielberg, le temps d'un film, mais de la technologie très aboutie des trucages cinématographiques⁽¹⁾. Ces automates et ces images de synthèse haut de gamme ont coûté plus d'argent que toute l'histoire de la paléontologie⁽²⁾ !

Les dinosaures de *Jurassic Park* ont été ressuscités à partir de leur code génétique. Pour reproduire un animal complet, il fallait disposer de la totalité de la molécule d'ADN. Là réside la trouvaille du scénario : les paléontologues-fiction sont allés la chercher dans l'estomac de moustiques ayant sucé du sang de dinosaure. Et ces insectes piqueurs, ils les

ont dénichés dans des blocs d'ambre jaune. Une fois en possession de l'ADN d'un tricératops, ils ont déchiffré le code génétique de la bête, lettre par lettre. Ces lettres, ce sont les bases. adénine (A), cytosine (C), guanine (G), thymine (T), quatre éléments chimiques qui s'apparentent et s'enchaînent dans un ordre précis, composant deux longues suites de bases couplées. A s'apparentant toujours à T, et C à G, au fragment de chaîne AACTAG... est obligatoirement associé le brin complémentaire TTGATC... La molécule d'ADN présente dans chacune des cellules humaines contient ainsi trois



(1) *Jurassic Park*, sortie le 20 octobre 1993, adapté du roman de Michael Crichton, *le Parc jurassique*, éd. Robert Laffont, 1992.

de l'ADN perdu



Incroyable... mais faux !

En recréant des dinosaures à partir d'ADN fossilisé, les auteurs de *Jurassic Park* ont damé le pion aux plus audacieux des scientifiques.

Universal and Amblin

milliards de paires de bases agencées dans un ordre donné. Plusieurs dizaines de milliers de gènes (50 000 pour nous) occupent sur ce ruban d'ADN des emplacements précis. Ce sont eux qui délivrent à la cellule les instructions nécessaires pour qu'elle fabrique les protéines sur lesquelles reposent la structure de l'organisme entier et son fonctionnement. Le code génétique est donc le programme de construction et d'entretien de tout être vivant.

Nos docteurs Folamour ne s'y sont pas trompés. Les vrais scientifiques non plus, d'ailleurs. L'idée d'étudier le patrimoine génétique des organismes

éteints est récente mais bien réelle : le premier ADN ancien fut, en effet, isolé en 1984. Cette année-là, l'équipe d'Allan Wilson, de l'université de Californie, réussit à extraire un fragment d'ADN provenant d'un zèbre quagga, espèce exterminée au début du siècle. La précieuse molécule fut récoltée sur un spécimen empaillé appartenant à un musée. Le fragment obtenu fut cloné de la manière suivante : il fut d'abord greffé dans une bactérie afin d'être dupliqué, la "mère porteuse" le transmettant intégralement à sa descendance. Puis l'ADN fut séquencé : les copies fabriquées par les bacté-

(2) Le film a coûté globalement 65 millions de dollars, soit environ 390 millions de francs.

suite de la page 53

ries furent récupérées et l'ordre de succession de leurs bases fut déterminé pour connaître la séquence des gènes. Puis on compara les séquences déchiffrées du quagga aux séquences d'ADN correspondantes chez plusieurs espèces d'équidés non éteintes : l'animal, dont le corps est à moitié rayé, était jusqu'alors considéré comme un zèbre par les uns, et comme un cheval par les autres. L'analyse phylogénétique permit d'établir son étroite parenté avec le zèbre de Burdell. La paléontologie moléculaire enregistrait son premier succès.

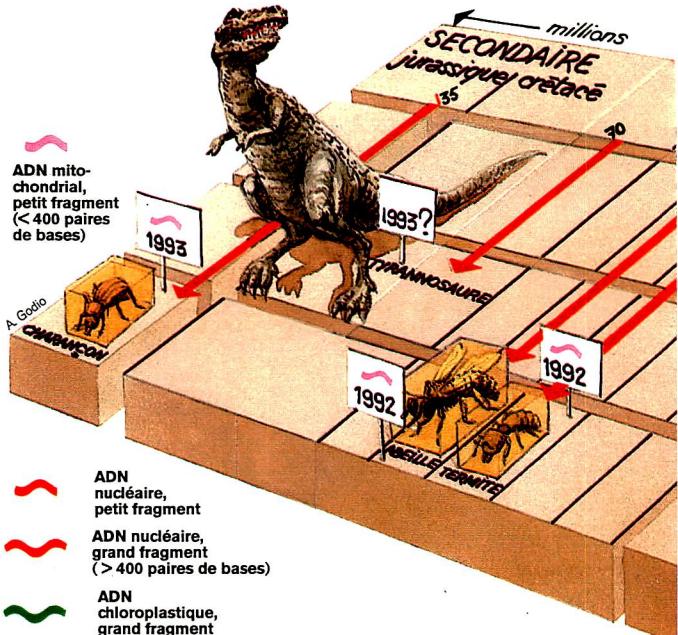
Son domaine d'intervention se limita tout d'abord aux tissus mous, embaumés après la mort du sujet ou bien conservés dans la glace ou la tourbe. Un biochimiste suédois qui travaille aujourd'hui à l'université de Munich, Svante Pääbo, s'imposa vite comme un des grands spécialistes en la matière. En 1985, il isola des fragments d'ADN extraits de la peau d'une momie égyptienne âgée de 2 400 ans. En 1988, de l'ADN fut cette fois prélevé sur des restes d'Indiens de Windover (en Floride), ensevelis 7 500 ans plus tôt dans une tourbière.

D'autres recherches furent entreprises sur les organismes les plus divers : du loup marsupial de Tasmanie au rat kangourou en passant par la bactéries responsable de la maladie de Lyme (prélevée sur des tiques conservées depuis plusieurs dizaines d'années dans de l'alcool)... Le généticien américain Russell Higuchi prétendit même avoir extirpé au mammouth un petit bout de ses gènes ; ce qui porterait le record à 40 000 ans. Mais ces travaux ne furent pas publiés, car l'ADN extrait pourrait bien être celui de bactéries ayant investi les chairs du mammouth...

Surprise : le degré d'altération de

l'ADN des tissus mous anciens n'augmente pas systématiquement avec le temps. C'est essentiellement juste après la mort de l'organisme que l'ADN subit les plus graves attaques. Sa dégradation se poursuit parfois ultérieurement, mais à un moindre degré. Elle a pour conséquence première de morceler l'ADN, ce qui explique l'extrême petitesse des fragments extraits. Plus gênante est la modification chimique, au cours du temps, d'une partie des bases de l'ADN, ce qui en rend le séquençage difficile par des moyens classiques. Car les bactéries sur lesquelles l'ADN ancien est greffé remplacent les bases défectueuses à leur guise, modifiant ainsi la séquence d'origine avant de la dupliquer.

En 1986, fut mise au point une nouvelle technique, la *Polymerase Chain Reaction*, ou PCR, qui allait favoriser le développement de la paléontologie moléculaire, en rendant possible la lecture de molécules d'ADN présentes en faibles quantités ou très endommagées. La PCR détecte, en effet, le



DE L'ADN... MAIS PAS N'IMPORTE LEQUEL

La ruée vers l'ADN ancien pour étudier le patrimoine génétique des espèces disparues remonte à 1984, année où fut extrait l'ADN d'un zèbre quagga empailé un siècle et demi plus tôt. Il y a deux sites où l'on peut trouver de l'ADN dans une cellule animale : le noyau et les mitochondries.

Quasiment tout l'ADN récolté sur un organisme éteint, qu'il soit momifié, fossilisé ou pris dans l'ambre, provient d'une mitochondrie (ou même d'un chloroplaste, si l'on a affaire à un végétal). La raison en est simple. Les cellules contiennent de nombreuses mito-

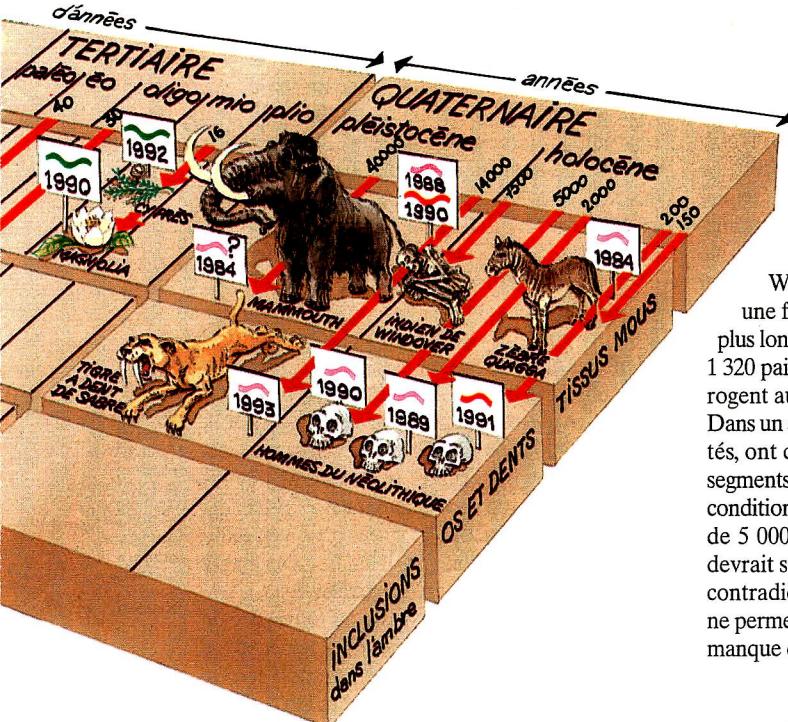
chondries, qui les pourvoient en énergie ; elles recèlent de ce fait jusqu'à 100 fois plus d'ADN mitochondrial que d'ADN nucléaire.

On a aussi émis l'hypothèse que la mitochondrie serait plus hermétique que le noyau, et préserverait davantage son ADN des processus de décomposition.

Malheureusement pour les paléontologues moléculaires, l'ADN mitochondrial a un inconvénient majeur : il porte en lui le patrimoine génétique de... la mitochondrie, pas celui de l'être vivant ! Chez l'homme, il contient 16 000 paires de

moindre extrait d'acide nucléique présent dans le milieu : le plus minuscule des fragments qui serait autrefois passé inaperçu est amplifié, c'est-à-dire reproduit en millions d'exemplaires (voir notre article page 58). La PCR fait même mieux : elle répare correctement une partie des dégâts subis par l'ADN sans modifier la séquence d'origine.

La PCR est une arme à double tranchant : le risque existe d'amplifier l'ADN d'un hôte de passage, bactérie ou champignon qui se seraient développés sur l'organisme fossile. On a beau prendre des précautions, on n'est jamais certain de ne pas



bases seulement, contre 3 milliards pour l'ADN nucléaire.

L'analyse de ce dernier ADN apporterait donc beaucoup plus d'informations génétiques. Hélas, peu d'équipes peuvent se vanter d'en avoir isolé sur des échantillons anciens. On salue donc comme prouesses les réussites de David Lawlor, de Stanford, qui en recueillit sur le cerveau momifié des Indiens de Windover, et de Suzanne Hummel, de l'université de Göttingen, qui en trouva sur des os humains du XVII^e siècle.

A l'institut Pasteur de Lille,
une équipe du CNRS étudie

l'ADN d'hommes du Néolithique qui vivaient il y a 5 500 ans et dont les ossements ont été mis au jour dans le Gard. «Nous n'avons pas encore réussi à séquencer de l'ADN nucléaire, reconnaît Vincent Laudet, un des chercheurs de l'équipe. Quand nous y parviendrons, cet ADN nous permettra de déterminer le sexe du moindre bout d'os, de mieux typer chaque individu, d'en savoir plus sur les relations familiales existant au sein de la communauté, sur les maladies génétiques dont elle souffrait, bref de faire de la génétique des populations anciennes.»

diments lacustres de Clarkia, aux Etats-Unis, milieu froid, anaérobie et riche en eau qui offre d'exceptionnelles conditions de conservation. Le segment d'ADN qui en fut extrait mesure 790 paires de bases. Du même gisement, Paula et Douglas Soltis, de Washington, exhumèrent deux ans plus tard une feuille de cyprès dont ils extrairent un des plus longs fragments d'ADN séquencés à ce jour : 20 paires de bases. Plusieurs chercheurs s'interrogent aujourd'hui sur l'origine de ces fragments. Dans un article célèbre (3), Pääbo et Wilson, déjà cités, ont calculé le temps de conservation de 10^{12} segments d'ADN de 800 paires de bases soumis aux conditions régnant à Clarkia. Conclusion : au bout de 5 000 ans, plus aucune molécule d'ADN ne vrait subsister dans l'échantillon ! L'apparente contradiction entre la théorie et les observations ne permet pas de conclure, mais elle illustre bien le risque de recul de la science en la matière.

Grâce à la PCR, les sources exploi-

tables d'ADN ancien se sont multipliées. En 1988, Erika Hagelberg, d'Oxford, Satoshi Horai, de Nagoya, et Catherine Hänni, déjà citée, décidèrent simultanément d'étendre les recherches aux fossiles solides. L'ADN des os et des dents était jusqu'alors en trop mauvais état pour être cloné et séquencé suivant les méthodes classiques, ayant été, par nature, exposé aux attaques des bactéries et des micro-organismes du sol. L'os et l'ivoire présentent, cependant, plusieurs avantages sur les tissus momifiés : les reliques dures sont plus abondantes que les molles. Séquencer de l'ADN de cellules osseuses permet, en outre, de typer les individus : le profil génétique des os qui est établi rend possible le regroupement des os dispersés ou la reconstitution de plusieurs squelettes entremêlés. La détermination des espèces en est également facilitée, ce qui permet de suivre l'évolution d'une lignée, et de reconstituer peu à peu l'arbre phylogénétique des organismes vivants.

Mais l'os a un autre atout : il donne accès à un passé bien plus ancien. Il y a tout juste quelques mois, au National Institutes of Health, aux Etats-Unis, Stephen O'Brien déchiffrait et clonait de l'ADN récolté sur un os de tigre à dent de sabre conservé pendant 14 000 ans dans un gisement de bitume. Le prochain ADN d'époque à être cloné pourrait bien appartenir au plus fameux représentant du groupe des dinosaures : le quasi-mythique *Tyrannosaurus rex*, le plus grand carnassier terrestre de tous les temps.

Au début du mois de juillet dernier, la US National Science Foundation annonçait en effet

(3) "Miocene DNA Sequences - a Dream Come True?", Pääbo et Wilson, *Current Biology*, vol.1 n°1, 1991.

travailler sur un microbe moderne alors qu'on cherche un contemporain des dinosaures. «Les fragments d'ADN ancien qu'on extrait ne dépassent guère 200 à 300 paires de bases, explique Catherine Hänni, de l'Institut Pasteur de Lille. Des fragments plus longs sont suspects et nous font craindre une origine exogène.»

En 1990, Edward Golenberg, de l'université de Californie, réussit à extraire de l'ADN des chloroplastes d'une feuille de magnolia d'âge respectable : la feuille, qui a même gardé quelque couleur, a 16 millions d'années. Elle a été retrouvée dans les sé-



suite de la page 55

qu'une étudiante de l'université du Montana avait observé des «structures sphériques ayant l'apparence de globules rouges» dans la moelle du fémur d'un *T. rex*. La bête fut découverte dans le Montana 70 millions d'années après y avoir subi son dernier soubresaut. Selon la fondation américaine, les analyses préliminaires menées par le paléontologue Jack Horner «suggèrent la présence de protéines et d'acides nucléiques dans ces structures». A l'inverse des mammifères, tous les reptiles – et donc *a priori* les dinosaures – possèdent de l'ADN dans leurs globules rouges. La présence d'acides nucléiques et de protéines, dont la synthèse aurait nécessairement été orchestrée par les acides nucléiques eux-mêmes, serait une première. Mais rien n'a pour l'instant été publié, et les chercheurs eux-mêmes se montrent circonspects : en théorie, dans un os de cet âge, toute la matière organique a été remplacée par de la pierre. Il faudrait donc que le processus de minéralisation ait été incomplet pour permettre à quelques globules d'en réchapper...

Horner n'est pas seul sur les rangs.

Les nouveaux chasseurs de dinosaures se recrutent parmi les... entomologistes ! Séquencer de l'ADN de dinosaure est, en effet, le but avoué de plusieurs autres équipes de recherche américaines, qui passent au crible non plus les os des «terribles lézards» mais... des insectes conservés dans l'ambre. Avec l'espérance de trouver parmi eux un insecte piqueur qui aurait été figé dans la résine juste après avoir sucé le sang d'un dinosaure, à supposer que sa trompe ait pu avoir raison de l'épaisseur de la peau ! Toute ressemblance avec le sujet de *Jurassic Park* n'est pas fortuite : Michael Crichton, l'auteur du livre, s'est inspiré de ces travaux pour tisser son intrigue.

L'ambre est une résine fossile probablement sécrétée par d'anciennes variétés de cèdres, d'araucarias et de pins. La résine s'écoulant par les plaies de l'écorce constituait, avant de durcir, un piège mortel pour beaucoup d'animaux de petite taille. De très nombreux insectes s'y sont englués. Les inclusion de plus d'un centimètre sont rares, car au-delà de cette taille, les captifs parvenaient le plus souvent à se dégager. L'ambre jaune renferme également des fragments végétaux de toute nature : feuilles, pollens, graines...

Quand on peut admirer jusqu'aux soies des antennes d'un diptère figé pour l'éternité, on comprend que l'ambre puisse être le matériau rêvé pour rechercher de l'ADN (4). De fait, une

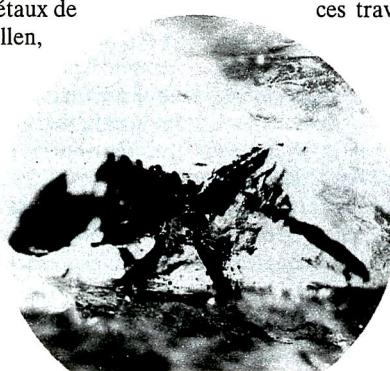
mouche prise dans l'ambre offre toutes les apparences de la vie. Brisez l'inclusion, l'illusion s'estompe. La mouche est creuse. L'enveloppe de cuticule n'abrite qu'un peu de gaz résultant des réactions chimiques entre la matière vivante et la résine. L'organisme s'est complètement déshydraté. Mais ses tissus desséchés, qui demeurent plaqués contre les téguments, ont en partie conservé leurs caractéristiques. L'ambre constitue un milieu riche en sucres et en alcool qui préserve la matière organique de l'oxygène, des bactéries et de l'humidité.

C'est ce que découvrit George Poinar au début des années 1980 en détaillant au microscope électronique quelques cellules en possession de tout leur arsenal : noyau avec chromatine, réticulum endoplasmique, ribosomes et autres organites cellulaires étaient parfaitement visibles. Et qu'en était-il du matériel génétique desdites cellules ?

Le chercheur, entomologiste à l'université de Californie, décida de se lancer dans le décodage du génome de ces insectes «fantomatiques» et créa, avec d'autres scientifiques, l'Extinct DNA Study Group. Il parvint assez rapidement à récolter de l'ADN d'origine animale et végétale. En 1992, Poinar et son collègue Raul Cano, de San Luis Obispo, clonèrent des fragments d'ADN d'une abeille prisonnière d'un ambré daté de 40 millions d'années. C'est pourtant la découverte de David Grimaldi, publiée la même année, qui retint l'attention des médias. Le terme, dont l'entomologiste du musée d'histoire naturelle de New York parvint à extraire de l'ADN, affichait «seulement» 30 millions d'années à son compteur. En juin 1993, Poinar et Cano prirent néanmoins leur revanche en pulvérifiant tous les records. Ils publièrent dans la très scientifique revue *Nature* deux courtes séquences d'un ADN de charançon, dont la vie s'était arrêtée il y a... 120 millions d'années.

«Cette fois, il semble difficile de remonter plus loin dans le passé», commente Michel Solignac, paléontomologiste au CNRS. A moins de découvrir un nouveau filon d'ambre fossile... Car ce charançon a été découvert dans un gisement libanais qui constitue le plus vieux gisement d'ambre insectifère connu à ce jour. Toujours est-il que ces travaux ont montré l'intérêt de

(4) A lire et à savourer : les *Fantômes de l'ambre – insectes fossiles de l'ambre de la Baltique*, édité par le musée d'histoire naturelle de Neuchâtel.



G.O. Poinar Jr / Berkley

Ce charançon a vu les dinosaures

avant de s'engluer dans la résine d'un arbre de la forêt jurassique, dans l'actuel Liban. 120 à 135 millions d'années plus tard, on a réussi à extraire un fragment d'ADN du coléoptère. C'est le plus vieux jamais isolé à ce jour.



Ressusciter Ramsès II ?

Dans les cellules de la momie subsistent quelques bribes de son génome. On pourrait aisément déchiffrer de petites séquences de cet ADN. Trop peu nombreuses, toutefois, pour envisager de cloner l'illustre pharaon.

l'ambre pour la biologie évolutive... Au point qu'il devient très difficile de s'en procurer : 60 % des inclusions d'insectes disponibles sur le marché mondial ont été raflées en quelques mois par les Américains. »

Mais les entomologistes de l'université de Californie ne semblent plus intéressés par les records. Ils ont d'autres projets en tête. Leur coléoptère a vécu au début du crétacé, durant l'ère secondaire. Ce qui fait de lui un contemporain des dinosaures. Depuis plusieurs années, les deux chercheurs se sont mis en quête d'insectes hémophages de plus de 65 millions d'années, susceptibles d'avoir absorbé, avant de mourir, du sang dinosaurien. La comparaison avec *Jurassic Park* s'arrête là. Les deux chercheurs s'accordent à reconnaître qu'il est probablement impossible de reconstituer des dinosaures par clonage (voir notre article p. 58). Pourtant, ils envisagent très sérieusement d'en isoler plusieurs gènes et d'en faire l'analyse phylogénétique.

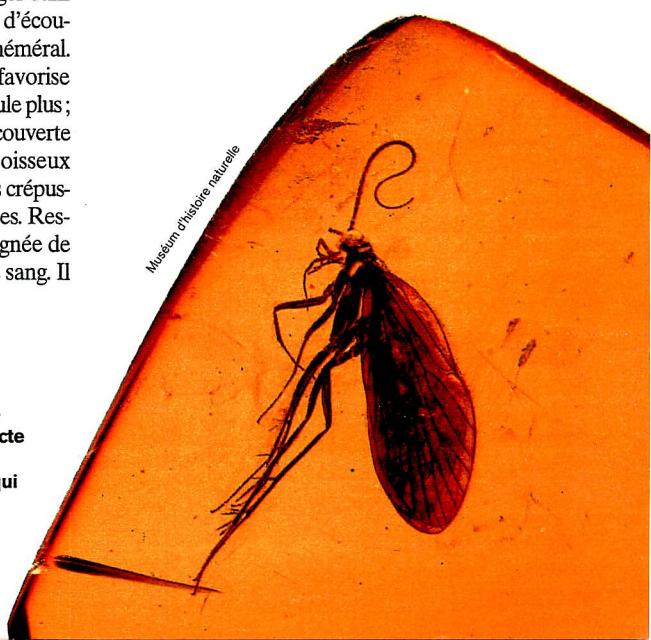
George Poinar et Raul Cano ne sont pas près de nous dire si les dinosaures étaient bien des animaux à sang chaud et les oiseaux leurs héritiers. Car leurs chances de succès sont minces, et cela pour plusieurs raisons. L'une tient à la rareté des candidats-vampires. Les moustiques, qui existaient déjà à l'ère secondaire à l'époque des dinosaures, se sont relativement peu fait piéger dans l'ambre. Cela vient probablement du mode d'écoulement de la résine, qui suit un rythme nycthéméral. La chaleur du jour augmente sa fluidité et favorise son écoulement. Durant la nuit, elle ne s'écoule plus ; elle durcit superficiellement, avant d'être recouverte par la sécrétion du lendemain. Le piège poisseux perd donc de son efficacité pour des insectes crépusculaires ou nocturnes comme les moustiques. Restent quelques individus infortunés, une poignée de punaises et autant de mouches suceuses de sang. Il

faudrait beaucoup de chance pour tomber sur un spécimen contenant de l'ADN de dinosaure qui, de surcroît, n'aurait pas été détruit par les sucs digestifs. Il est vrai que Pääbo est récemment parvenu à extraire de l'ADN végétal des excréments d'un ours. L'ADN des plantes ingérées par le plantigrade n'a donc pas été entièrement détruit lors de la digestion...

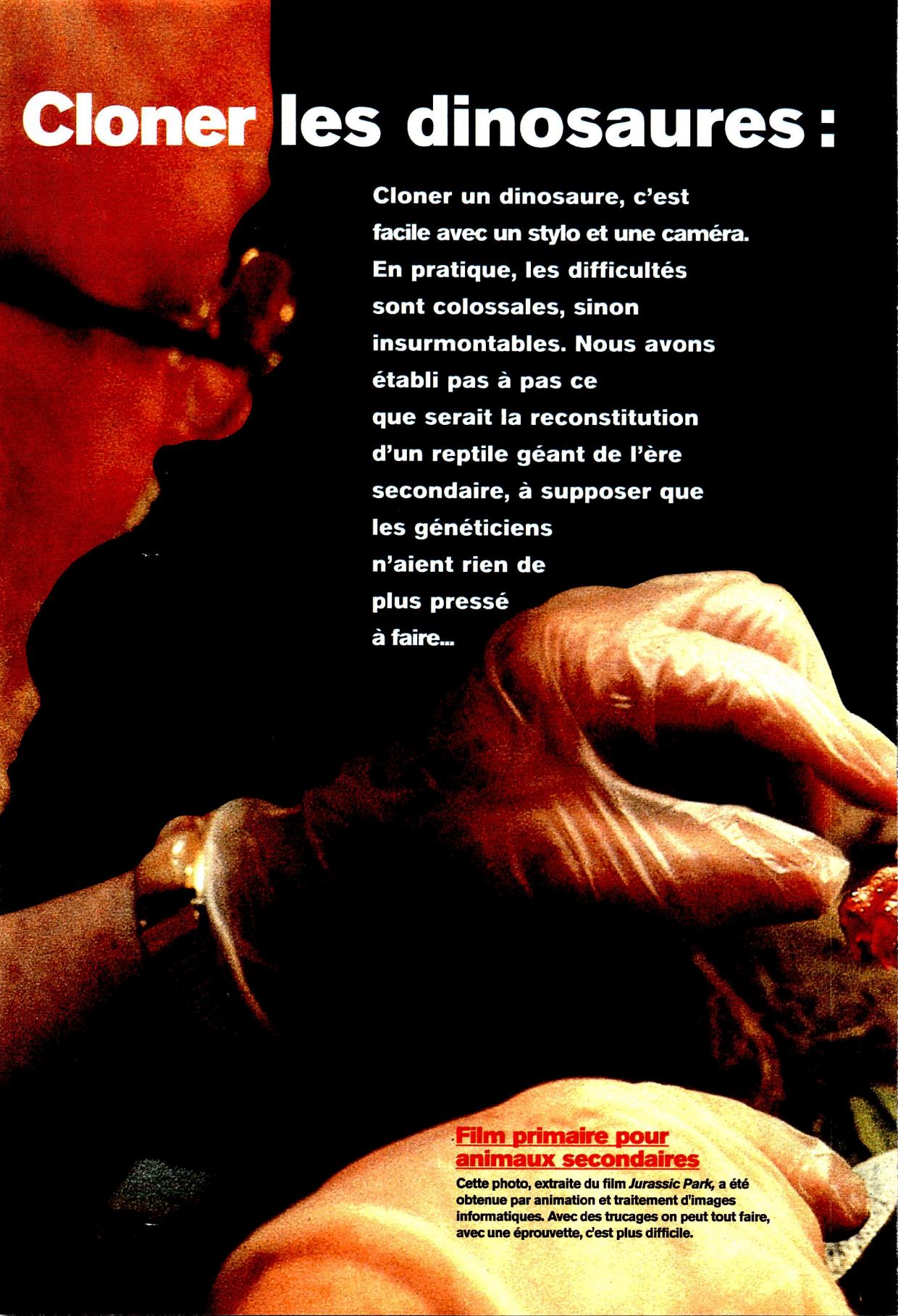
Le clonage du génome entier de tout autre organisme fossile paraît tout aussi illusoire. Même si l'ambre jaune semble offrir les meilleures conditions de conservation de l'ADN, les courts fragments qu'elle a livrés à ce jour ne proviennent pas du noyau d'une cellule, mais d'une mitochondrie, organite qui n'est pas dépositaire du patrimoine complet de l'individu (voir encadré p. 54). Supposons tout de même que ce soit le cas. Personne ne peut espérer reconstituer le texte d'un livre entier en disposant seulement de quelques bribes de mots. Admettons encore que, par une prouesse inouïe, les chercheurs parviennent à extraire, petit bout par petit bout, l'intégralité du génome. Ils hériteraient cette fois d'une quantité astronomique de syllabes qu'il leur faudrait ordonner pour reconstituer le livre. La probabilité d'y parvenir serait extrêmement faible. A cela, on pourrait rétorquer qu'il y a seulement dix ans, aucun scientifique n'espérait cloner l'ADN d'une espèce éteinte, *a fortiori* celui d'un charançon de 120 millions d'années.

Dans l'ambre, à l'abri du temps

Voilà 40 millions d'années que ce trichoptère a suspendu son vol. Figé dans l'ambre, l'insecte n'a que l'apparence de la vie. Mais dans ses tissus déshydratés, de l'ADN subsiste. Ce qui rend ce type d'inclusions extrêmement précieux pour la paléontologie moléculaire.



Cloner les dinosaures :



**Cloner un dinosaure, c'est
facile avec un stylo et une caméra.
En pratique, les difficultés
sont colossales, sinon
insurmontables. Nous avons
établi pas à pas ce
que serait la reconstitution
d'un reptile géant de l'ère
secondaire, à supposer que
les généticiens
n'aient rien de
plus pressé
à faire...**

Film primaire pour animaux secondaires

Cette photo, extraite du film *Jurassic Park*, a été obtenue par animation et traitement d'images informatiques. Avec des trucages on peut tout faire, avec une éprouvette, c'est plus difficile.



du cinéma !

PAR PIERRE ROSSION

Ce n'est pas demain que les dinosaures piétineront nos bégonias. Disparus à l'ère secondaire, il y a 65 millions d'années, on ne voit pas comment, avec les techniques actuelles, et contrairement à ce que laisse croire le film *Jurassic Park*, on pourrait les ressusciter. Il ne nous en reste que des os fossilisés, où la matière organique a donc été remplacée par de la matière minérale. Certes, on connaît le mode d'emploi, tout à fait théorique, pour fabriquer un dinosaure, mais on ignore la manière de le mettre en œuvre.

La condition, nécessaire mais insuffisante, pour faire revivre un dinosaure, est de disposer des "plans" de la bête, c'est-à-dire d'au moins une molécule d'acide désoxyribonucléique (ADN), qui porte le code de fabrication de l'animal. Admettons que l'on trouve, dans le

fameux moustique figé dans l'ambre (voir notre article p. 52), de l'ADN de dinosaure. Admettons aussi que ce soit le bon, mystérieusement identifié, celui du monstre déterminé sur lequel on aurait jeté son dévolu. Admettons encore qu'on se résigne au fait qu'il sera disponible en très petites quantités, incomplet et vraisemblablement endommagé. Tant qu'à faire, admettons également que ces morceaux épars puissent reconstituer la séquence de quelques molécules complètes d'ADN. Il n'en demeurera pas moins que la quantité de ces molécules sera insuffisante pour des expériences qui en nécessiteront des stocks importants. Il va donc falloir multiplier ces fragments.

Deux cas de figure vont alors se présenter. Si l'ADN provient d'un ADN très abîmé, ils seront petits, de l'ordre de mille paires de bases environ ; ils seront alors multipliés par la technique de la PCR (*Polymerase Chain Reaction*, réaction de polymérisation en chaîne). Si l'ADN provient d'un ADN relativement en bon état, ils pourront avoir des longueurs beaucoup plus importantes, cent cinquante mille paires de bases environ ; ils seront alors clonés par la technique des YAC (*Yeast Artificial Chromosome*), dans une levure du type de celle utilisée en boulangerie (*Saccharomyces cerevisiae*).

La PCR permet de produire en quelques heures un milliard de copies d'un fragment d'ADN. Elle consiste à ajouter au fragment, d'abord une enzyme, la polymérase. Ensuite, plusieurs jeux des quatre types de nucléotides (¹), éléments qui permettront de reconstituer les nouveaux exemplaires à partir du morceau d'ADN servant de modèle. Enfin, deux sortes d'amorces, les unes complémentaires du début d'un des deux brins du modèle, les autres de la fin de l'autre brin. La préparation est agitée, puis chauffée à 95° C, afin de séparer les deux brins de l'ADN. A la suite de quoi elle est refroidie à 55° C, ce qui entraîne l'accrolement des amorces à l'extrémité du brin dont elles sont complémentaires. Pour comprendre cela, il faut se rappeler qu'une amorce est un morceau d'ADN (donc une suite de nucléotides) qui, lorsqu'il s'apparie à un brin d'ADN, le fait selon le principe de la complémentarité des bases (A avec T, et C avec G).

Le processus est alors enclenché : les bases des nucléotides libres s'accrochent successivement aux bases complémentaires des brins. Ce processus se fait sous l'influence de la polymérase, qui progresse

(¹) Les nucléotides diffèrent par la base qu'ils contiennent : adénine (A), cytosine (C), guanine (G) ou thymine (T).



suite de la page 59

le long des deux brins au fur et à mesure de l'accrochage de chaque nouveau nucléotide. On obtient ainsi deux nouveaux brins d'ADN qui sont la copie exacte de la molécule originale. Il suffit d'élever à nouveau la température pour que les brins nouvellement formés se séparent, et qu'à leur tour ils servent d'originaux pour un second cycle. La même opération sera effectuée avec chacun des autres petits fragments d'ADN extraits du morceau d'ambre.

La technique des YAC permet, elle aussi, d'obtenir un milliard de copies d'un fragment d'ADN, mais cette fois en plusieurs jours. Chaque fragment est d'abord légèrement "bricolé", afin de pouvoir être introduit dans l'ADN d'une levure de boulanger. Ce fragment est dès lors appelé YAC, du fait qu'on l'assimile à un chromosome artificiel de levure. Puis le micro-organisme est mis en culture et, au fur et à mesure qu'il se divise, il reproduit chaque YAC en une multitude d'exemplaires qui sont ensuite extraits de la levure.

L'avantage de cette technique sur la PCR est qu'elle permet de reconstituer le puzzle de l'ADN avec moins de fragments (plus d'un million avec la PCR, contre 7 000 environ avec les YAC). Ce qui facilite les choses. Encore faudra-t-il, pour l'appliquer, récupérer des fragments suffisamment longs, ce qui est loin d'être assuré...

Une grosse difficulté sur laquelle on

bute toujours aujourd'hui, même avec de l'ADN humain pourtant facile à manipuler, sera de remettre dans le bon ordre les fragments épars, afin de rétablir la séquence d'origine de la molécule de dinosaure. Même pour les machines les plus perfectionnées travaillant sur de l'ADN humain, c'est un casse-tête. Le puzzle reste incomplet, avec de grosses lacunes d'une part, et, de l'autre, des pièces qu'on ne sait pas où placer. A supposer qu'on parvienne un jour à résoudre le problème, il faudra encore éliminer les parties qui se chevauchent des fragments contigus, puis mettre ceux-ci bout à bout, de manière à obtenir une molécule entière et non plus sous forme de pièces rapportées. Or, on ne sait pas encore le faire.

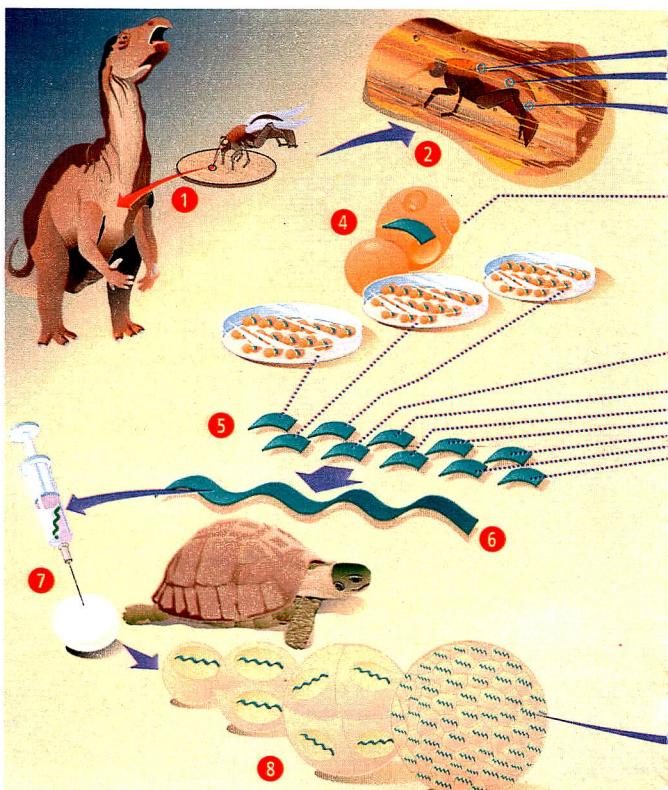
Supposons quand même que ces difficultés soient résolues. Munis d'une molécule d'ADN portant les plans, plus où moins fiables, d'un dinosaure du secondaire, les chercheurs vont devoir mettre ces plans à exécution. Encore une chance que les dinosaures n'aient pas été vivipares, comme les mammifères, sinon il eût fallu recourir à des mères porteuses, qu'on aurait été bien en peine de trouver. Ovipares comme tous les reptiles, ils se reproduisent en pondant des œufs. Les œufs de dinosaures étant tous fossiles, il va falloir se rabattre sur des

"œufs porteurs" appartenant à d'autres espèces de reptiles, par exemple la tortue. La technique consistera à prendre un œuf récemment fécondé et à en extraire l'ADN de tortue, qu'on remplacera par l'ADN de dinosaure.

Nouveau problème, lui aussi, non résolu : un ADN provenant d'une cellule adulte, comme ce sera le cas de l'ADN extrait d'un globule sanguin de dinosaure, a perdu les potentialités d'un ADN embryonnaire. S'ils les avaient conservées, comme chez les plantes qui se reproduisent par bouturage (le peuplier, par exemple), il y a longtemps qu'on aurait cloné un être humain ou un animal à partir

CLONAGE D'UN DINOSAURE :

- 1 Pour cloner aujourd'hui un dinosaure, par exemple un tyranosaure, il faut qu'un moustique ou autre insecte piqueur ait aspiré quelques gouttes du sang de l'animal.
- 2 Il faut aussi que, tout de suite après, l'insecte se soit englué dans de la résine de conifère qui, avec le temps, s'est transformée en ambre
- 3 où l'insecte s'est momifié.



d'un doigt ou d'une patte. Il eût suffi de prélever une cellule de peau, d'en extraire l'ADN, lequel serait ensuite introduit dans un ovule fécondé, en lieu et place de l'ADN d'origine. Enfin, l'ovule manipulé serait réintroduit dans la mère naturelle selon le procédé classique des bébés-éprouvettes, où il poursuivrait sa gestation jusqu'à son terme. L'expérience a d'ailleurs été tentée, et a échoué.

L'explication de l'échec réside dans la différenciation cellulaire. Au point de départ de la vie, dans la cellule-œuf résultant de la fécondation d'un ovule par un spermatozoïde, tous les gènes sont actifs, et les cellules qui naissent par divisions successives

de la cellule-œuf sont toutes identiques. On dit qu'elles sont totipotentes, parce que la totalité de leurs gènes s'y expriment, et indifférenciées, parce qu'elles sont toutes égales, aucune n'ayant une fonction particulière. Cependant, à un moment précis de la vie embryonnaire, un choix va se faire, dicté par des gènes dits architectes, appelés homéogènes, au nombre d'une soixantaine chez les mammifères.

Quelle que soit l'espèce animale, les homéogènes présentent dans leur partie centrale une séquence commune de 180 nucléotides, connue sous le nom d'homéobox. On pense que cet homéobox serait apparu dans la nuit des temps avec les premières espèces animales un peu plus complexes que la bactéries et qu'il a été ensuite transmis tel quel.

Il semblerait que l'homéobox produise l'ébauche grossière de l'individu (tête, tronc, queue, membres), tandis que les séquences génétiques situées de part et d'autre de l'homéobox, apparues au fur et à mesure que les espèces se sont différenciées, seraient chargées d'affiner l'ébauche.

Les homéogènes et les homéobox agissent, par l'intermédiaire des protéines (les homéoprotéines) qu'ils se fabriquent, sur des gènes précis de la molécule d'ADN. Dans un groupe de cellules données, destinées à former un organe ayant une forme et une fonction bien déterminées, les homéoprotéines mettent en sommeil toute une série de gènes et laissent les autres actifs ; dans un autre groupe, destiné à une autre fonction, c'est une autre série de gènes qui seront inhibés. N'ayant plus le même programmeur, ne produisant donc plus les mêmes protéines, les cellules vont se différencier et se spécialiser. Et elles conserveront leur spécialisation lors de leur multiplication.

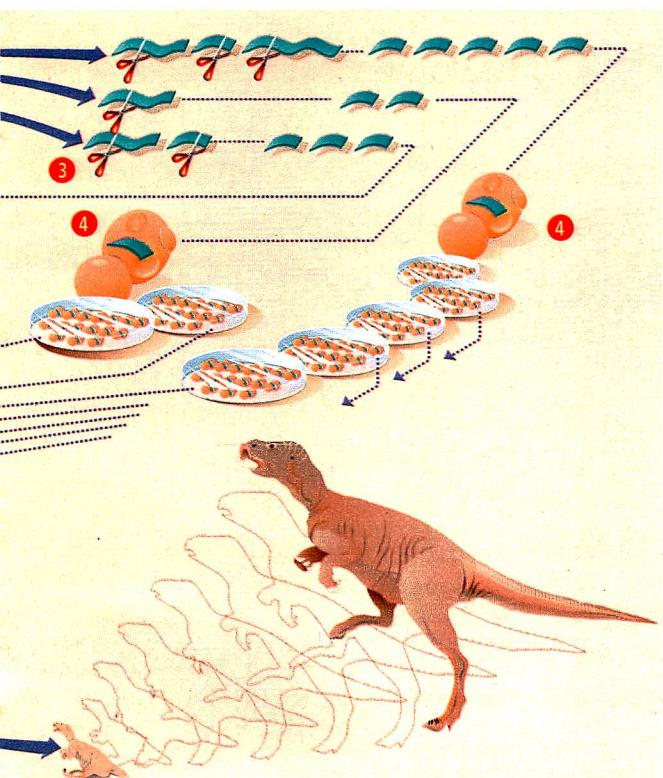
Le gros problème avec l'ADN de dinosaure sera de le ramener à la totipotence, c'est-à-dire de débloquer les gènes mis en sommeil lors de la spécialisation de la cellule en globule sanguin. Ce tour de force est pour le moment impensable. Et s'il devenait jamais possible, rien n'assure que l'ADN de dinosaure trouverait un milieu favorable à son développement au sein d'un œuf de tortue ou d'un quelconque reptile. A supposer, encore une fois, que le petit dinosaure vînt à éclore, il faudrait, pour qu'il se perpétue, recommencer le travail décrit plus haut avec un ADN de dinosaure de même espèce et de sexe opposé. Or, à ce jour on a répertorié plus de cinq cents espèces de dinosaures... C'est dire la faible chance de retrouver un ADN idoine dans un insecte piégé dans l'ambre.

Mais il ne faut jurer de rien. Au XIX^e siècle, *De la Terre à la Lune*, de Jules Verne, était de la science-fiction. Moins d'un siècle plus tard, Neil Armstrong posait le pied sur l'astre des nuits.

MODE D'EMPLOI

- ④ Chacun des fragments est introduit dans une levure de boulanger mise en culture.
- ⑤ La levure se multiplie, et on obtient ainsi de multiples exemplaires de chaque fragments.
- ⑥ Les divers fragments, mis bout à bout, permettent de reconstituer, quitte à se chevaucher, une molécule

- ⑦ La molécule est introduite dans un œuf de tortue fécondé duquel on a extrait son propre ADN.
- ⑧ L'œuf se divise en deux, quatre, huit, seize... cellules, pour finalement donner un bébé puis un adulte tyranosaure, copie conforme de celui de l'ère secondaire.



A. Meyer

Le guide de France des dinosaures

7 Iguanodon

1 Compsognathus

Jégou.

Depuis quelque temps, les dinosaures envahissent les écrans, les livres, la publicité, et surtout notre imaginaire. Qui sont ces "terribles lézards" qui ont foulé le sol aujourd'hui français ? Nous présentons ici les principaux, ainsi qu'une liste des musées et des expositions qui leur sont consacrées.

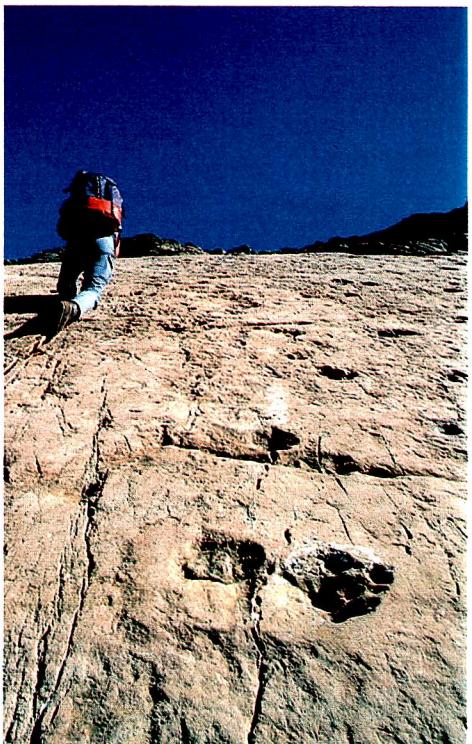


PAR MARC MENNESSIER

La France n'est pas épargnée par la "dinosauromanie" qui sévit dans le monde depuis quelques mois : entre décembre 1990 et avril 1991, bien avant la sortie du film *Jurassic Park*, l'exposition du Palais de la découverte consacrée aux "terribles lézards"

(étymologie du mot "dinosaur") avait déjà attiré 430 000 visiteurs, avec des pointes de 10 000 entrées par jour ! Or, dans les cinquante-six ans de son histoire, jamais une exposition au célèbre musée scientifique de l'avenue Franklin-Roosevelt, à Paris, n'avait connu pareille affluence...

Autre exemple, plus modeste mais non moins révélateur : à Esperaza, localité audoise



Henry / Alimage

Des empreintes de dinosaures à 2400 m d'altitude

Il y a 230 millions d'années, les Alpes n'existaient pas. La région était recouverte d'une mer au bord de laquelle vivaient des dinosaures très anciens, essentiellement herbivores (*Paratrisoraurus* et *Isochirotherium*, notamment), qui ont foulé le sable de la grève. A la faveur d'une alternance rapide de phénomènes d'humidification et de dessication, les empreintes de ces pas, d'une taille comprise entre 5 et 20 cm, sont restées intactes jusqu'à nos jours. Mais l'émergence des Alpes, il y a 80 millions d'années, a progressivement porté la dalle de grès (sable aggloméré) sur laquelle elles sont imprimées, à une altitude de 2 400 m. Le site, découvert en 1976 par le géologue français G. Bronner, se trouve sur la commune de Finhaut, en Suisse valaisanne, au-dessus du lac du barrage du Vieux-Emosson.

suite de la page 63

proche d'importants gisements d'hadrosaures et de titanosaures (voir carte page ci-contre), les murs du musée qui vient d'être consacré aux dinosaures se révèlent déjà trop étroits. Les concepteurs avaient escompté une fréquentation de 4 000 visiteurs par an. Depuis l'ouverture, en juillet 1992, il y en a eu plus de 40 000 !

CES SEPT DINOSAURES

❶ **Compsognathus : un gros lézard à pattes de poulet**

Faites-lui pousser des plumes, donnez-lui des ailes et vous croiriez voir un archéopteryx ! Les ressemblances entre le compsognathus et le célèbre ancêtre des oiseaux sont, en effet, nombreuses. Ce petit dinosaure bipède (60 à 90 cm de long) était carnivore et vivait au bord de grandes lagunes, il y a environ 140 millions d'années (Jurassique supérieur). Pour l'heure, seulement deux spécimens en ont été retrouvés : l'un en Bavière, l'autre, extraordinairement bien conservé, dans le Var... au camp militaire de Canjuers.

❷ **Hadrosaure : il a vu l'apocalypse !**

Ce grand dinosaure herbivore (4 à 14 m de long), reconnaissable à son bec de canard, a vécu en direct le cataclysme (vraisemblablement une météorite géante) qui a provoqué l'extinction brutale des dinosaures qui vivaient encore sur notre planète il y a 65 millions d'années. C'est en étudiant la couche géologique correspondant à cette époque, la limite C/T (entre le Crétacé et l'ère tertiaire), que Robert Rocchia, astrophysicien au CNRS, a découvert, en 1985, près du village de

Fontjoncouse (Aude), le premier gisement d'hadrosaures connu en France. Des fouilles importantes viennent d'y être entreprises.

❸ **Titanosaure : des gisements abondants**

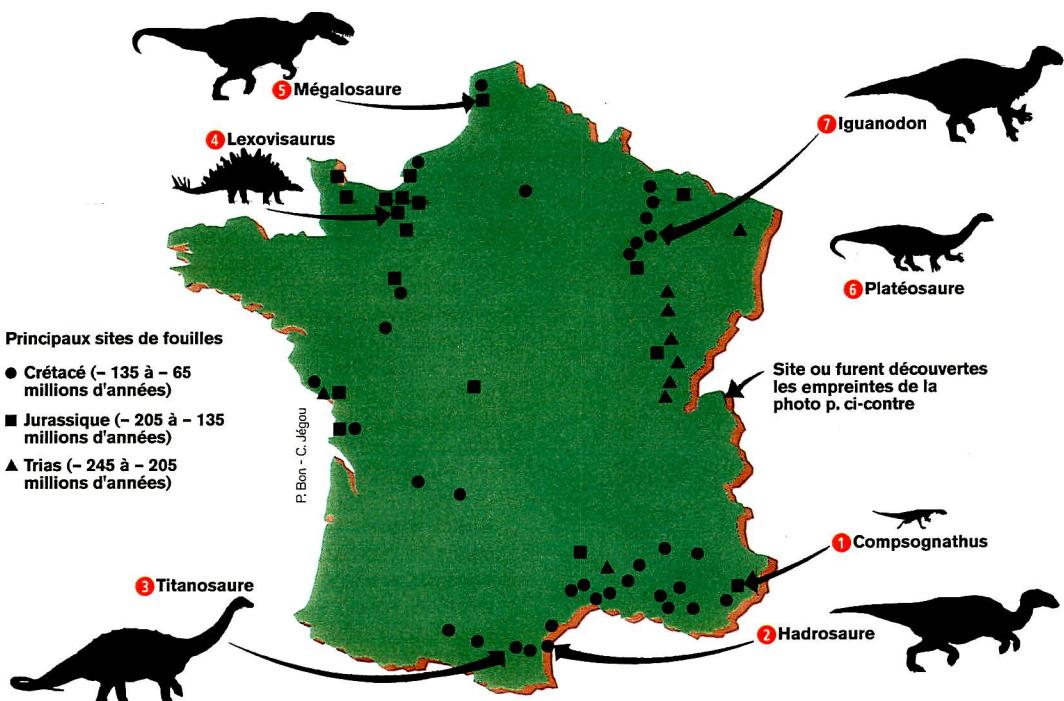
Cet herbivore de 9 à 20 m de long, qui rappelle le diplodocus en plus petit, est apparu au Jurassique supérieur, il y a environ 160 millions d'années. Des gisements importants de titanosaures, datant de 72 millions d'années et comprenant des os, des dents et des œufs, ont été fouillés récemment dans la haute vallée de l'Aude, notamment autour d'Esperaza. Un spécimen de grande taille a été reconstitué dans le Musée du dinosaure que cette localité a inauguré l'an passé.

❹ **Lexovisaurus : qui s'y frotte s'y pique !**

L'unique spécimen de ce dinosaure répertorié en France a été trouvé en 1955, dans une carrière d'argile à Argences (Calvados). Il est conservé au muséum du Havre. Long de 5 m et vieux d'environ 160 millions d'années, le lexovisaurus est proche du stégosaure, dont il se distingue par la double rangée d'épines qui hérissent son dos et ses épaules.

Les dinosaures envahissent aussi le monde de l'édition. Une revue intitulée *Dinosaures* se propose d'initier les jeunes lecteurs aux secrets de ces reptiles. Industries et services s'y mettent aussi. Depuis l'été, la firme Shell a fait de ces fossiles le thème d'une campagne publicitaire. Cet automne, les magasins Monoprix, les jouets Kenner et de nom-

ONT VÉCU SUR NOTRE TERRITOIRE



5 Mégalosaure : des dents de 10 cm de long !

Le mégalosaure fut, avec l'iguanodon (voir plus loin), l'un des premiers dinosaures décrits par le célèbre anatomiste anglais Richard Owen. Ce fut Owen qui inventa, en 1841, le terme "dinosaurie" à partir des mots grecs *deinos* (terrible) et *sauros* (lézard).

Ce fut également au siècle dernier qu'on trouva, en France, dans la région de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-

Calais), des os et surtout des dents tranchantes et crénelées d'une dizaine de centimètres de long ayant appartenu à ce reptile vieux de 140 millions d'années. Haut de 9 m et doté d'une pareille denture, le mégalosaure était un redoutable carnivore !

6 Platéosaure : le doyen

Apparu il y a 220 millions d'années, le platéosaure, ou "lézard plat", est de loin le plus vieux des dinosaures

recensés en France. Dans l'Est, de nombreux gisements en ont été découverts, dont celui de Lons-le-Saunier (Jura), qui vient d'être fouillé.

Cet herbivore, de 5 m de long environ, a survécu, lui, aux cataclysmes qui ont marqué la transition entre le Trias et le Jurassique, il y a 205 millions d'années. Mais il s'est mystérieusement éteint 15 millions d'années plus tard, avec l'ensemble de son groupe, les prosauropodes.

7 Iguanodon : herbivore et grégaire

L'iguanodon était très abondant en Europe occidentale au début du Crétacé (- 140 millions d'années), comme en témoignent les nombreux squelettes retrouvés en Angleterre, en Belgique et en Allemagne, mais aussi en France, dans la région de Saint-Dizier (Haute-Marne). Haut d'une dizaine de mètres, il pouvait se tenir debout sur ses pattes arrière. Herbivore, il vivait probablement en troupeaux.

breuses sociétés de produits alimentaires lui emboîteront le pas.

L'aspect médiatico-commercial n'explique pas, à lui seul, cet engouement. Si les dinosaures "font vendre", c'est d'abord parce que ces géants de l'ère secondaire, qui ont vécu entre - 230 et - 65 millions d'années, suscitent dans notre société, chez les jeunes et les moins

jeunes, un ténébreux mélange de curiosité et de peur. «La grande originalité des dinosaures réside dans le fait que ce sont des monstres qui ont réellement existé. A la différence des dragons, démons et autres chimères qu'ils incarnent et qu'ils ont progressivement remplacés dans l'imaginaire de l'homme moderne», explique Eric Buffetaut, paléontologue au



A. Heard / Muséum du Havre

Les œufs de la montagne Sainte-Victoire

Située au dessus d'Aix-en-Provence, la montagne Sainte-Victoire abrite l'un des plus importants gisements d'œufs de dinosaures du monde. Ce patrimoine extraordinaire a malheureusement été pillé par des "amateurs" mal avisés. Le 2 juillet 1992, l'un de ces spécimens était adjugé pour 5 550 dollars chez Christie's à Londres. De quoi susciter bien des convoitises. Comble d'infortune, en août 1989, un incendie ravageait le site, qui devrait être prochainement classé comme réserve naturelle. Mais n'est-ce pas déjà trop tard ?

suite de la page 65

CNRS et à l'université Paris VI, pour qui «la découverte des premiers fossiles de dinosaures, au XIX^e siècle, a coïncidé avec le déclin des anciennes croyances et légendes».

Les dinosaures ne font pas qu'exciter des peurs ancestrales. Selon Buffetaut, la mode tend aussi à les "anthropomorphiser", comme si, en cette fin de siècle, l'on cherchait à s'identifier à ces créatures dont le destin présente quelques analogies avec celui de l'espèce humaine : «Les dinosaures, comme les hommes, se sont répandus aux quatre coins de la Terre, dont ils ont réussi à coloniser tous les milieux. A leur manière, ils ont donc été, eux aussi, les maîtres du monde, avant de subir, il y a 65 millions d'années, l'apocalypse que beaucoup de nos contemporains redoutent aujourd'hui», poursuit Buffetaut.

La passion suscitée par ces animaux est

MUSÉES ET EXPOS À VISITER

Muséum d'histoire naturelle du Havre

Havre : à partir du mois d'octobre 1993, ouverture d'une nouvelle galerie de paléontologie, où les collections du musée seront exposées pour la première fois au public.

Signalons l'unique spécimen de *Lexovisaurus* connu au monde, des ossements d'ichtyosaure, le fameux reptile marin en forme de dauphin, et des œufs de dinosaures, dont certains ont la taille d'un gros ballon de rugby.

Musée du dinosaure, à Esperaza (Aude) : à 45 km de Carcassonne, reconstitution d'un titanosaure, moulages représentant une éclosion d'œufs de dinosaure, visite du laboratoire de paléontologie attenant au musée, etc.

Dinopub, à Pontarlier (Doubs) : du 24 septembre au 3 novembre, cette exposition itinérante, qui vient de "faire un malheur" au musée archéologique de Lons-le-

Saunier, avec 18 000 entrées (pour une ville de 20 000 habitants !), sera à Pontarlier. Thème majeur : les fouilles réalisées récemment dans les gisements de platirosaures de la région, les plus vieux dinosaures français.

Muséum d'histoire naturelle de Paris : la célèbre galerie de paléontologie de la capitale et son non moins célèbre squelette de diplodocus seront ouverts au public cet automne, avec, en prime, l'exposition *Diplodosaure* consacrée à l'œuvre de l'artiste Michelle Auboiron, centrée sur les fameux reptiles.

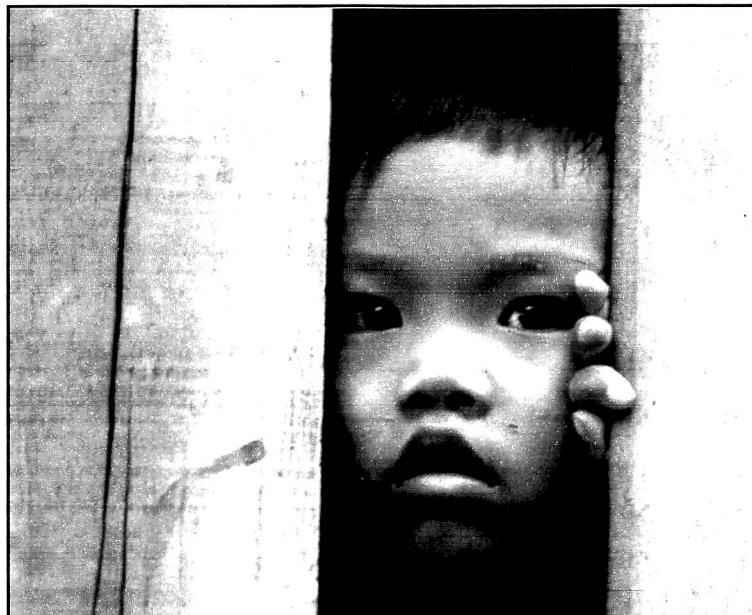
Par ailleurs, une émission sur les dinosaures, réalisée avec la participation de Philippe Taquet, directeur du laboratoire de paléontologie du Muséum, sera diffusée sur Arte le 19 octobre à 21h45, la veille de la sortie du film *Jurassic Park* en France.

aussi une bonne occasion de se documenter sur ce qu'ils étaient vraiment. En regard de l'Asie et de l'Amérique du Nord, la France est, toutefois, plutôt pauvre en fossiles. Sur les 600 à 700 espèces de dinosaures décrites à ce jour dans le monde, une trentaine seulement en ont été recensées sur notre sol. La carte de la page précédente indique les sept principales d'entre elles, les emplacements des gisements de fossiles les plus importants, et l'encadré ci-dessus vous donne les adresses des principaux musées et expositions à visiter.

A noter enfin, même si ce n'est pas en France mais en Suisse valaisanne, près de la frontière, les remarquables empreintes de dinosaures imprimées sur une dalle de grès, à 2 400 m d'altitude, dans le vallon du Vieux-Emosson (photo page 64). Le spectacle et la ballade valent largement le détour ! ■



PARRAINEZ UN ENFANT DE THAILANDE ET OFFREZ LUI UN AVENIR PLUS RADIEUX



© Photo : Pascal Deloche

Espace offert gracieusement par le support

"S'il te plaît, deviens mon parrain!"

En Thaïlande, les enfants sont souvent soumis à la mendicité ou la prostitution pour survivre. Leur espoir est celui de tous les enfants du monde : pouvoir aller à l'école, être soigné, avoir une maison et manger tous les jours. Aujourd'hui, avec Médecins du Monde, vous pouvez donner cette chance à un de ces enfants défavorisés pour seulement 120 F par mois.

Grâce à votre parrainage, cet enfant va pouvoir aller à l'école, mais aussi être habillé, nourri et soigné s'il est malade. Parrainer un enfant c'est un acte d'amour, c'est aussi lui assurer un avenir dont il vous sera reconnaissant toute sa vie.

En retour de votre parrainage, vous recevrez :

- la photocopie et le dossier personnel de votre filleul,
- des lettres et des dessins plusieurs fois par an,
- son carnet de note et son bulletin de santé,
- un reçu fiscal pour déduire vos dons de votre impôt.

Agissez vite en utilisant le bulletin réponse ci-dessous ou en téléphonant au Service Parrainage, au :

☎ (16-1) 49 29 14 04

BULLETIN DE PARRAINAGE

T52

A remplir et à retourner à :

MÉDECINS DU MONDE Parrainage - 67, Avenue de la République 75011 PARIS



OUI, je désire devenir PARRAIN ou MARRAINE DE FRANCE et je demande à recevoir un dossier d'explication sans engagement de ma part.

Nom :

Prénom :

Adresse :

.....

Code postal :

Ville :

Quand l'Afrique colonisait le Gers

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

Juillet 1993 a été un mois faste pour la paléontologie française. Dans une ancienne carrière désaffectée de Montréal-sur-Gers, dans l'Armagnac, on a découvert un crâne garni de défenses recourbées vers le bas. C'était celui d'un *Deinotherium*, ou dinothère, "grand-oncle" de notre éléphant. Age : 17 millions d'années.

C'est le plus vieux crâne de dinothère trouvé à ce jour, ce qui est déjà appréciable. Ce qui l'est plus encore, c'est que son âge correspond à peu près à l'arrivée en Europe de nombreux animaux venus d'Afrique, alors fraîchement reliée à la masse continentale de l'Eurasie.

Le site de Montréal, découvert il y a six ans, s'inscrit donc plus fortement encore parmi les grands gisements fossilifères de cette époque du Miocène : en six ans, on y a trouvé les ossements de plus de quarante espèces de mammifères préhistoriques différents, de reptiles et d'oiseaux datant de 17 à 18 millions d'années. L'étude de ces vestiges a montré que, dans leur nouvel environnement, ces animaux immigrés ont évolué rapidement.

A l'origine, le site de Montréal-sur-Gers était une carrière de calcaire. En mars 1987, les ouvriers atteignirent une poche bourrée d'os préhistoriques. L'exploitation cessa. Les paléontologues arrivèrent et, dès le mois d'août suivant, une équipe (1) dirigée par Francis Duranthon, conservateur-adjoint du muséum d'histoire naturelle de Toulouse, mit au jour une très grande variété d'ossements d'animaux, comme ceux de l'*Amphicyon giganteus*, prédateur plantigrade (apparenté à l'ours), de l'*Hemicyon stehlini*, carnassier plus petit, aux dents de broyeur d'os, de l'*Architherium aurelianense*, sorte de petit cheval

Les vestiges d'une cinquantaine d'animaux vieux de 17 millions d'années ont fait de Montréal-sur-Gers l'un des plus importants sites d'Europe pour l'étude de cette époque du Miocène.

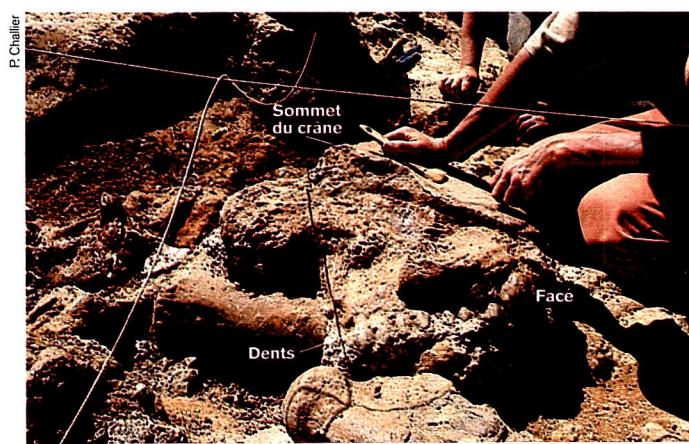
à trois doigts ; puis des restes de félidés (famille de prédateurs à la denture puissante et aux griffes rétractiles, comme le lion, le tigre, le chat domestique...), de rhinocéros, de suidés (famille du sanglier), de rongeurs, de reptiles – dont des petits crocodiles, des tortues, des serpents.

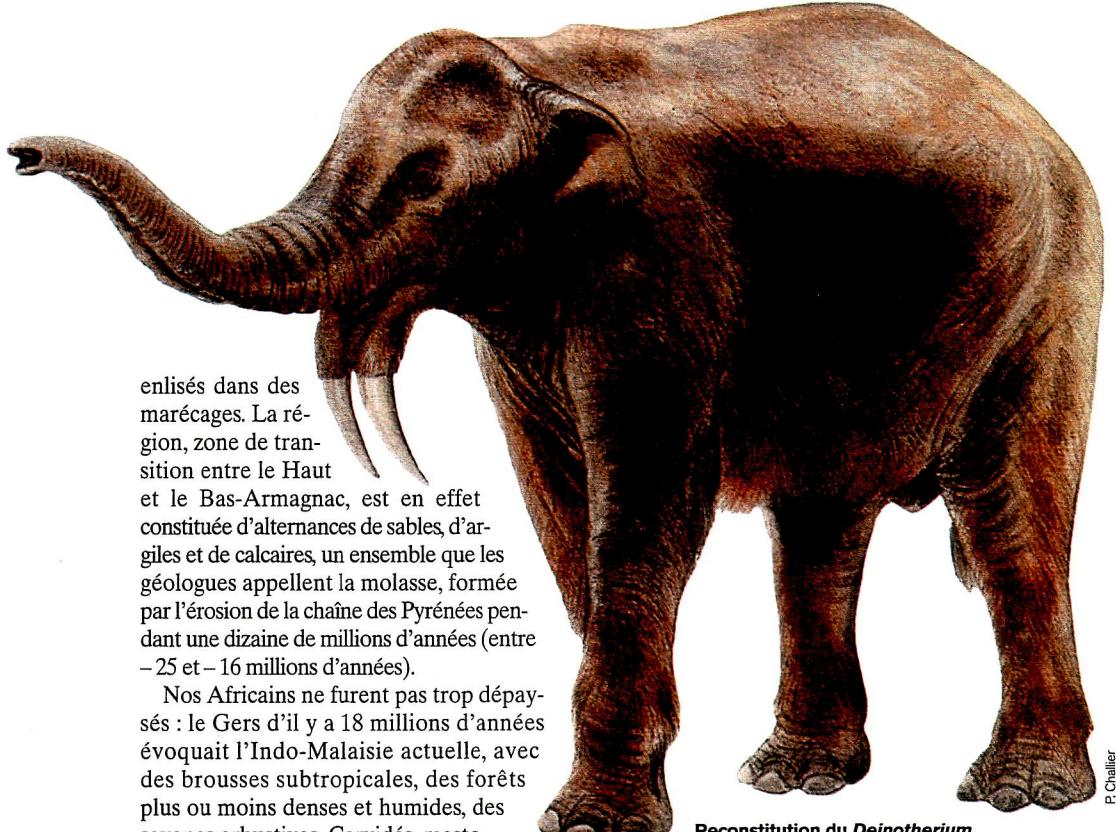
L'Afrique avait bien colonisé le Gers ! L'année dernière, le *Palaeomeryx lathanensis* rejoignait la liste. Animal problématique : on l'avait longtemps considéré comme un cervidé, puis on l'avait rangé dans les girafidés. En fin de compte, c'est bien un cervidé, malgré quelques similitudes avec la girafe.

Pour Duranthon, l'abondance des gisements suggère que de nombreux animaux se sont laissés surprendre par des crues rapides ou qu'ils se sont

L'ancêtre de l'éléphant

Le crâne du plus vieux *Deinotherium* (17 millions d'années), mis au jour à Montréal-sur-Gers.





P. Chailier

Reconstitution du *Deinotherium*.

enlisés dans des marécages. La région, zone de transition entre le Haut et le Bas-Armagnac, est en effet constituée d'alternances de sables, d'argiles et de calcaires, un ensemble que les géologues appellent la molasse, formée par l'érosion de la chaîne des Pyrénées pendant une dizaine de millions d'années (entre -25 et -16 millions d'années).

Nos Africains ne furent pas trop dépayrés : le Gers d'il y a 18 millions d'années évoquait l'Indo-Malaisie actuelle, avec des brousses subtropicales, des forêts plus ou moins denses et humides, des savanes arbustives. Cervidés, mastodontes et félidés vivaient sans doute dans des forêts ouvertes. Les marécages étaient hantés par le dinothère, mais aussi par le *Bra- chypotherium brachypus*, sorte de gros rhinocéros aux doigts étalés qui lui permettaient de se déplacer sur le sol mou, et par des petits carnivores, des grenouilles, des salamandres, proies des crocodiles. Vers les lisières sévissait le grand *Amphicyon*, le plus gros prédateur des parages.

Plus loin, la savane était le domaine

des rhinocéros coureurs et du petit cheval déjà cité. Les petits mammifères abondaient : cricétidés ancêtres du hamster, sciuridés précurseurs de l'écureuil, lagomorphes grands-parents du lapin, gliridés de la famille du loir y croisaient les éomynidés, rongeurs disparus, eux, sans descendance certaine. Certains écureuils, tels le *Miopetaurista albanensis*, faisaient du vol plané d'arbre en arbre grâce à une membrane qui unissait leurs pattes avant et arrière, comme certains écureuils volants actuels d'Asie ou d'Amérique.

Dans toute cette faune, le dinothère tient la vedette. D'abord parce que son crâne est presque complet, quoiqu'écrasé. Ensuite, parce qu'il est donc le plus ancien d'Europe, plus vieux de deux millions d'années que celui découvert en Allemagne il y a une quinzaine d'années (exposé au muséum d'histoire naturelle de Stuttgart). Or, le crâne est un vestige privilégié en paléontologie : car on

peut y observer de nombreux caractères évolutifs.

Justement, Pascal Tassy, paléontologue et maître de conférences à l'université Paris VI (Jussieu), s'intéressait à l'évolution des os du crâne et de l'oreille chez les proboscidiens, ordre caractérisé par une cavité nasale allongée en trompe préhensile. Il devient donc possible d'affiner la morphologie des premiers dinothères européens. En comparant ce crâne avec celui de ses contemporains africains et de ses descendants européens, on pourra suivre au long des millénaires l'évolution de ce groupe d'animaux dont les éléphants sont les seuls survivants.

Ces premiers dinothères étaient relativement petits : de 2 m à 2,5 m au garrot, 3 m de long, pour un poids de 3 à 4 tonnes. Leurs descendants sont plus grands : jusqu'à 5 m au garrot pour le *Deinotherium gigantissimum* européen, qui existera jusqu'au Pliocène (il y a de 7 à 2,5 millions d'années). Les derniers dinothères, selon Duranthon, ont pu croiser les premiers représentants de la lignée humaine, les australopithèques.

Le muséum de Toulouse poursuit les fouilles à Montréal-sur-Gers avec l'aide d'une équipe de jeunes bénévoles, qui ont réussi à obtenir le financement de leur séjour par le ministère de la Jeunesse et des Sports. Jusqu'ici, on n'a fouillé qu'une dizaine de mètres carrés. Il en reste dix fois autant à explorer. L'Armagnac, bien connu pour ses vieux alcools, va maintenant se faire de vieux os... ■

(1) François Duranthon, Fernand Crouzel, du laboratoire de paléontologie de l'Institut catholique de Toulouse, et Léonard Ginzburg, du Muséum d'histoire naturelle de Paris.

Démocratie sanglante chez les fourmis

Impitoyables, les fourmis de feu éliminent les reines qui veulent imposer leur descendance dans la colonie. Une façon de favoriser la diversité génétique et la pluralité politique.

PAR THIERRY PILOGE

Pas de pitié pour les ennemis de la diversité ! C'est la devise de la fourmi de feu, *Solenopsis invicta*, une espèce importée d'Amérique du Sud aux Etats-Unis entre les deux guerres mondiales, et que deux entomologues, Laurent Keller et Kenneth G. Ross, ont étudiée en Géorgie (1).

Ils ont constaté que, dans les colonies possédant plusieurs reines, les ouvrières éliminent implacablement celles qui risquaient d'imposer leur hégémonie.

Cette volonté farouche de vivre en "démocratie" ne se manifeste cependant que dans les cas où la "pluralité politique" existe déjà. Chez la fourmi de feu, en effet, il existe deux types de

colonies : des colonies monogynes, ne possédant qu'une seule reine reproductrice à la fois, et des colonies polygyynes, qui peuvent en compter jusqu'à une centaine.

Les reines peuvent être de types génétiques différents (les spécialistes parlent de génotypes).



L. Keller

(1) L. Keller (universités de Lausanne et de Berne) et K.G. Ross (université de Georgia à Athens), *Science*, vol. 260.



Trahiés par leur royale phéromone...

Dans les colonies comportant plusieurs reines (marquées à la peinture sur notre photo), les plus fécondes sont exécutées par les ouvrières, qui les repèrent à la très forte quantité de phéromones qu'elles émettent.

Ces différences reposent sur un gène particulier, appelé Pgm-3, qui commande la synthèse d'une enzyme intervenant dans le stockage de l'énergie à partir du glucose. Ce gène existe en deux variantes (ou allèles) : Pgm-3a et Pgm-3b. Comme les reines des fourmis sont diploïdes – c'est-

à-dire qu'elles possèdent, dans chacune de leurs cellules, deux jeux de chromosomes hérités, l'un de leur père, l'autre de leur mère –, elles disposent donc de deux gènes Pgm-3. Il y a ainsi trois génotypes possibles selon les allèles reçus des parents : Pgm-3a/-3a, Pgm-3a/-3b ou Pgm-3b/-3b. ►

suite de la page 71

Or, les reines de génotype Pgm-3a/-3a sont totalement absentes des colonies polygygynes, alors que ce sont les plus répandues dans les colonies monogynes. Comment cela se fait-il ?

Keller et Ross ont d'abord montré expérimentalement que, dans les fourmilières polygygynes, les reines de génotype Pgm-3a/-3a se font immanquablement attaquer et exécuter par les ouvrières au moment où elles commencent à pondre. Mais restait pour les chercheurs à comprendre comment les intruses se font repérer et, surtout, pourquoi elles sont éliminées.

Pour que les différents génotypes des reines soient identifiables par les ouvrières, il fallait que l'environnement leur permettent de s'exprimer de manière concrète⁽²⁾. Or, Keller et Ross se sont aperçus que les reines Pgm-3a/-3a sont sensiblement plus grosses que les autres, d'environ 13 % (le poids d'une reine de cette espèce est en moyenne de 11 mg), et qu'elles pondent à un rythme beaucoup plus soutenu (à peu près treize fois plus rapide).

L'état reproductif d'une reine conditionne très fortement sa production de phéromones, ces substances clés de la communication chez les insectes (et de nombreux autres animaux). L'intense activité reproductrice des reines Pgm-3a/-3a leur fait produire une forte quantité de phéromone "royale", qui les trahit. Les ouvrières peuvent alors les repérer... et les exécuter.

Mais l'histoire ne s'arrête pas là, puisque, bien que "mortel" dans les colonies polygygynes, le génotype Pgm-3a/-3a est le plus répandu dans les colonies monogynes. Il est facile d'admettre qu'une colonie a intérêt à posséder la reine la plus productive possible, surtout quand elle n'en a qu'une. Il est en revanche beaucoup moins aisé de comprendre comment le même génotype peut susciter un comportement régicide dans les colonies polygygynes et être dominant dans les colonies monogynes...

L'hypothèse de Keller et Ross est que, pour se traduire par une différence de taille et de performances reproductrices, le génotype Pgm-3a/-3a a besoin de se trouver dans l'environnement social des fourmilières polygygynes. Placées à la tête de colonies monogynes, les reines de ce génotype ne sont ni plus grandes ni meilleures pondeuses que les autres. C'est donc seulement dans les fourmilières polygygynes que la quantité de phéromone royale accumulée par les reines serait suffisante pour permettre l'expression du génotype Pgm-3a/-3a.

A l'appui de cette hypothèse, le fait que la

phéromone royale semble agir sur le phénotype des ouvrières : celles-ci sont systématiquement plus petites dans les colonies polygygynes que dans les colonies monogynes, sans doute parce que la forte concentration de phéromone dans les nids polygygynes inhibe leur croissance et leur développement.

Reste la seconde interrogation : pourquoi les colonies polygygynes éliminent-elles les reines ayant le plus fort potentiel reproductif (soit 25 % des reines, puisqu'une sur quatre possède le génotype Pgm-3a/-3a) ?

Paradoxalement, il pourrait s'agir d'un mécanisme favorisant le maintien d'un grand nombre de reines dans la colonie. L'exécution des reines Pgm-3a/-3a par les ouvrières éviterait en effet que ces reproductrices trop fécondes imposent rapidement leur descendance, monopolisant la nourriture et réduisant ainsi les chances de survie des autres reines ; ce qui conduirait progressivement à la monogynie.

Mais quel "intérêt" les fourmis ouvrières peuvent-elles avoir à favoriser la polygynie ? Plusieurs hypothèses (dont aucune n'a pour l'instant été testée) sont avancées. Certains suggèrent qu'il pourrait s'agir d'une stratégie de résistance aux parasites : dans une colonie génétiquement diversifiée, donc dotée de plusieurs reines n'ayant pas de lien de parenté, les risques d'extinction seraient sensiblement réduits. Des individus partageant un même héritage génétique ont en effet plus de chances d'être tous sensibles à un même parasite.

Une augmentation du nombre de fourmilières dans un biotope donné pourrait constituer une autre explication, les reines en surnombre ayant fort peu de chances de trouver des endroits encore libres et favorables à la fondation d'une nouvelle colonie. L'avantage des reines rejoindrait alors celui des ouvrières pour maintenir la polygynie dans la fourmilière. Ce phénomène paraît démontré : chez *Solenopsis invicta*, la densité en colonies s'est accrue considérablement au cours des vingt dernières années. Parallèlement, les fourmilières polygygynes deviennent de plus en plus nombreuses.

Quoi qu'il en soit, la régulation du nombre de reines Pgm-3a/-3a par les ouvrières est en conflit avec les intérêts de ces reines, qui ont chacune, du point de vue "égoïste" de la transmission des gènes, avantage à régner seules sur la colonie. Finalement, tout se passe comme si, face à la surpopulation, les ouvrières étaient prêtes à héberger de nombreuses reines et à maintenir par la force cette cohabitation.

(2) Par le biais du phénotype, résultat de l'interaction du génotype (patrimoine génétique de l'individu) avec l'environnement.



BREITLING
1884



LE TEMPS DES PROFESSIONNELS

*Oui, oui, les gars,
Breitling a gagné le grand prix APPM !
Allez pour fêter ça,
on va se rafraîchir un peu !*

APPM

BREITLING GRAND PRIX DE L'APPM 1992. POUR LA 8^e ANNÉE CONSÉCUTIVE, L'ASSOCIATION POUR LA PROMOTION DE LA PRESSE MAGAZINE, REGROUANT 102 TITRES, VIENT D'ATTRIBUER SON GRAND PRIX. IL A ÉTÉ REMPORTÉ CETTE ANNÉE PAR LA CAMPAGNE BREITLING, RÉALISÉE PAR L'AGENCE DDB NEEDHAM. CE QUI PROUVE SI BESOIN ÉTAIT, QU'UN PEU D'HUMOUR N'EST JAMAIS CHOSE SUPERFLUE, MEME ET SURTOUT EN CES TEMPS MOROSES. DEPUIS 1988, DATE À LAQUELLE BREITLING A CONFÉI SON BUDGET PUBLICITAIRE À DDB NEEDHAM, LA MARQUE S'EST HISSEÉE AUX TOUTS 1^{er} RANGS DU MARCHÉ, PRINCIPALEMENT, AVEC DES CAMPAGNES EN PRESSE MAGAZINE. CE QUI AURAIT TENDANCE À PROUVER QU'UNE BONNE CAMPAGNE POUR UN BON PRODUIT PASSANT DANS UN BON MEDIUM A TOUTES LES CHANCES DE MENER DROIT AU SUCCÈS.

Assassinat de Kennedy: Oswald était bien seul

Trente ans après la mort du président Kennedy, une nouvelle enquête confirme qu'un seul homme, Lee Harvey Oswald, a tiré les trois coups de feu. Coup dur pour les thèses de complot à plusieurs tireurs.

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI



Cadre 225 : la première balle

Film d'amateur, photo floue : mais on distingue bien le mouvement du bras droit de Kennedy, après la première balle, et l'attitude inquiète de sa femme.

Le 22 novembre 1963, à 12 h 30, la voiture de John Kennedy passe devant le bureau du shérif sur Houston Street, à Dallas. John F. et Jacqueline Kennedy sont sur le siège arrière de la voiture décapotée, le gouverneur John Connally et son épouse devant eux sur des strapontins. La voiture tourne à gauche sur Elm Street, devant le bâtiment du Texas School Book Repository, librairie et entrepôt. Au cinquième étage du bâtiment, Lee Harvey Oswald, un employé de vingt-quatre ans, est à la fenêtre, avec un Mannlicher-Carcano (fusil militaire italien à répétition) vieux de vingt-trois ans, de calibre 6,5 mm, muni d'une lunette de visée. Dans le magasin, quatre cartouches de type militaire, donc avec balle chemisée (le noyau de plomb est enfermé dans une enveloppe de laiton). Plusieurs témoins ont aperçu Oswald et l'ont pris pour un agent secret.

Dehors, Abe Zapruder, un spectateur muni d'une caméra 8 mm avec zoom, a commencé à filmer la voiture présidentielle. Son film sera un élément clé de l'enquête, notamment pour connaître la chronologie de l'assassinat. L'appareil prend 18 clichés par seconde, et l'exposition de chaque cliché dure 1/30^e de seconde, le temps pour une balle tirée d'un Mannlicher-Carcano de parcourir une vingtaine de mètres (elle sort du canon à 600 m/s environ).

Oswald appuie sur la détente alors que la voiture

présidentielle est au niveau du Book Depository, à une cinquantaine de mètres du cinquième étage où il se trouve. La balle, sans doute détournée par les branches d'un arbre, n'atteint personne, mais fait gicler des particules de sable et de pierre que plusieurs spectateurs remarquent. Le moment où ce premier coup de feu est tiré peut être déterminé d'après le film de Zapruder. Au cadre 160, plusieurs personnes tournent la tête pour regarder en direction de la fenêtre où se trouve Oswald. Connally entend le coup de feu et se tourne vers la droite pour tenter de voir Kennedy par-dessus son épaule. Ne pouvant le voir ainsi, il commence à se tourner du côté gauche.

En cinq secondes, Oswald a éjecté la douille tirée, réarmé son fusil et repris la visée. Il tire, alors que Kennedy se penche vers Connally. Cette deuxième balle fait mouche, elle atteint Kennedy de dos, à la base du cou, du côté droit, au niveau des vertèbres cervicales C6 et C7, laissant une trace de brûlure due à la chaleur dégagée par l'impact. Cette balle ne rencontre aucun obstacle osseux et ressort à la base du cou, à une vitesse de l'ordre de 400-450 m/s, déchiquetant un bout du nœud de sa cravate. On voit sur le cadre 225 du film un mouvement vers le haut du bras droit de Kennedy, mouvement réflexe résultant de la stimulation du nerf axillaire, observé lors de blessures similaires.

(1) Expert de la faculté de médecine de l'université Columbia (New York), premier enquêteur médical indépendant autorisé à étudier les dossiers de l'autopsie de Kennedy.



Zapruder Collection/Cosmos

La petite taille de l'orifice de sortie, 5 mm de diamètre, pouvait ressembler à une blessure d'entrée, ce qui renforça la thèse d'un deuxième tireur embusqué face au convoi. En effet, une balle de fusil, quand elle ne se déforme pas ni ne bascule pendant son passage dans les tissus mous, laisse souvent un petit orifice de sortie. En outre, plusieurs experts soulignent que le cou de Kennedy était maintenu par la double couche de tissu formant le col de la chemise, qui a empêché un éclatement de la peau.

Cette balle avait sans doute lésé le nerf vague et les nerfs phréniques, ce qui pouvait mener à une paralysie respiratoire et des troubles cardiaques. Si Kennedy avait survécu, il aurait été quadriplégique.

Après ce parcours, la balle n'était sans doute que très peu déformée, mais déviée. Connally sentit comme un coup de poing dans le dos du côté droit. La balle suivit la courbure des côtes, en brisa une au passage, sans pénétrer dans les poumons, ressortit sous le sein droit à quelque 400 m/s et frappa, à plat, le poignet de Connally. La pression de l'impact expulsa par l'orifice à l'arrière de la balle une partie du plomb enfermé dans la chemise, et des fragments furent par la suite retrouvés dans la blessure. La balle termina sa course dans la cuisse du gouverneur, à faible profondeur.

Le projectile fut retrouvé sous une civière, à l'hôpital où les deux hommes furent emmenés. Il était loin d'être intact, comme l'avaient dit certains partisans de la théorie du complot, ironisant sur son parcours il est vrai exceptionnel. La photographie montre une balle aplatie et tordue. Par la suite, des simulations menées par le Dr John K. Lattimer (1) ont donné lieu à des déformations très semblables. De plus, en 1978, l'analyse par activation de neutrons (technique permettant l'identification chimique de certains éléments activés lorsqu'ils sont bombardés par des neutrons) a montré que les fragments recueillis dans les blessures de Connally provenaient bien de la balle retrouvée plus tard, et l'analyse balistique a prouvé que cette balle avait bien été tirée par Oswald.

Cinq secondes plus tard, Oswald appuyait de nouveau sur la détente. Sa cible était alors distante d'environ 80 m. Cette fois, il atteignit Kennedy à l'arrière de la tête. Cette troisième balle a elle aussi donné lieu à des controverses. Les partisans de la théorie du complot avec tireurs multiples maintiennent que pas une, mais deux balles ont simultanément atteint la tête, l'une à l'arrière, l'autre à l'avant ou du côté droit.

Le cadre 313 du film correspond au moment où la balle a non seulement pénétré dans la tête mais en est sortie. Zapruder n'a pas cessé de filmer, et ce cadre fut donc impressionné cinq secondes après le cadre 223, qui enregistrait l'impact du second coup

de feu. Sur l'image 313, on voit des fragments osseux déjà éjectés à environ deux mètres. L'image n'enregistre pas ce qui s'est produit dans la fraction de seconde précédente, et que décrit le Dr Robert R. Atwohl (2): «Une blessure explosive à la tête comme celle dont a été victime le président Kennedy résulte du transfert de l'énergie cinétique de la balle à une cavité de pression temporaire qui est produite lorsque la balle décélère en traversant le crâne.» Une cavité se forme derrière la balle, et la pression engendrée peut être énorme : de 45 à 93 kg/cm². Le crâne étant une boîte close, non extensible, elle ne peut qu'exploser sous cette pression. Les radiographies de l'autopsie montrent des fractures crâniennes bilatérales typiques d'une telle explosion.

Le rapport même décrit, à l'arrière du crâne, à 2,5 cm à droite et légèrement au-dessus de la protubérance occipitale externe, une blessure elliptique de 15 mm de long et de 6 mm de large, témoignant de l'entrée du projectile. Il décrit aussi une grande ouverture, reconstituée grâce aux fragments osseux, dans la région temporo-pariétale droite où la balle s'est fragmentée après avoir traversé la tête. Deux petits fragments de balle (1 mm x 3 mm et 2 mm x 7 mm) furent retrouvés dans la tête. Les fractures étaient telles qu'il ne fut pas nécessaire d'utiliser une scie pour atteindre et extraire le cerveau. Il manquait les deux tiers de l'hémisphère droit.

Ce n'est que deux cadres plus loin (donc 1/10 s plus tard) que le film de Zapruder montre un rejet de la tête vers l'arrière. Certains avancent que ce mouvement aurait été provoqué par une seconde balle, tirée de l'avant du cortège. Mais pour Lattimer, déjà cité, qui se double d'un balistique, le premier mouvement de la tête après l'impact fut vers l'avant. Ensuite, l'éjection de substance cérébrale lourde (vers l'avant) et de fragments du crâne (vers l'avant et la droite) eurent un effet comparable à celui d'un moteur à réaction, propulsant la tête vers l'arrière et la gauche. La reconstitution de ce coup de feu sur un mannequin donne le même résultat. L'explosion forma autour de la tête un nuage de sang et de matière cervicale (cadre 313 du film).

Le rejet vers l'arrière du torse du président a sans doute été accentué par la contraction des muscles spinaux (des gouttières vertébrales), stimulés par une salve d'impulsions provoquées par l'atteinte massive du cerveau. En outre, rappelle Lattimer, si le président avait été atteint d'une seconde balle venant de face, les radiographies auraient montré les traces de sa sortie à l'arrière. Ce n'est pas le cas.

Certes, on ne peut exclure qu'un groupe de conspirateurs ait influencé, manipulé ou payé Oswald. Mais lui seul a appuyé sur la détente. ■

(2) Expert du service d'urgences de l'Union Memorial Hospital de Baltimore (Maryland). Rapports publiés dans le *Journal of the American Association (JAMA)*, revue médicale professionnelle qui a pris l'initiative de réunir plusieurs médecins qui ont participé aux premiers soins et à l'autopsie de Kennedy il y a 30 ans.

Comment le sommeil vous

PAR JEAN-MICHEL BADER

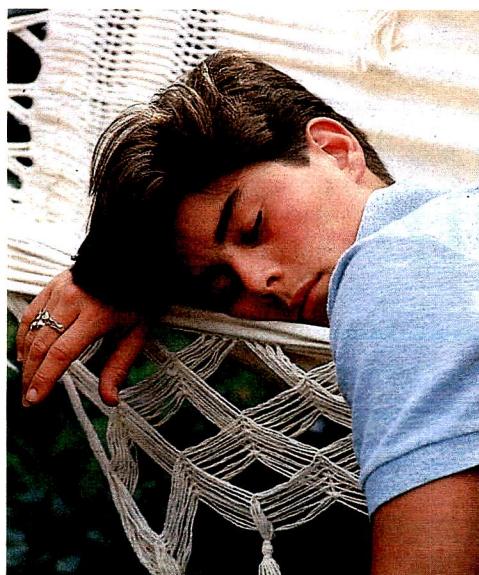
La sagesse des nations, qui est le nom pompeux de l'expérience, l'avait pressenti : le sommeil est bien réparateur. Mais il est plus que cela. Depuis le début du siècle, on cherche les centres ou les agents du sommeil. On ne les a pas vraiment trouvés. Or, la piste la plus "chaude" à l'heure actuelle est celle des molécules du système immunitaire. Car elles sont indubitablement sommifères.

On trouve, en effet, dans le cerveau et dans les organes et les cellules de défense du corps, les mêmes familles de molécules ; il existe des récepteurs de cytokines de l'immunité dans le cerveau. Celles-ci sont des protéines messagères qui, non seulement commandent la division et la différenciation des cellules, mais encore enclenchent la réaction immunitaire de l'organisme, à commencer par les globules blancs ou lymphocytes. Leur famille comprend les lymphokines, les monokines et les interleukines. De plus, on a trouvé que le cerveau produit l'ARN qui commande la synthèse de certaines interleukines.

Le sommeil réparateur serait donc aussi défenseur. Indices cliniques bien connus : le bachelier qui passe deux nuits sans dormir pour réviser ses examens, ou le journaliste qui doit rendre sa copie à l'heure dite, qui "font un rhume" aussitôt après l'échéance. Mais aussi l'infirmière de nuit qui passe dans l'équipe de jour, bouleverse son cycle de sommeil et s'en trouve grippée ; l'opéré de l'appendicite dont le sommeil est troublé par les quatre visites nocturnes et réglementaires de l'infirmière "pour la température", et qui ne commence à se réalimenter et à cicatriser qu'une fois à la maison, après une bonne nuit.

Et encore, les nombreux sidéens qui souffrent de troubles du sommeil et d'une fatigue diurne très importante. Et les patients séropositifs asymptomatiques qui, eux, ont un excès de sommeil à ondes

On savait depuis longtemps, d'instinct, que le sommeil est anti-infectieux. On a appris beaucoup plus récemment que certaines substances anti-infectieuses induisent elles-mêmes le sommeil. Une grande voie s'ouvre ainsi dans la compréhension tant du sommeil que de l'immunité.



T. De Waele / Reporters

soigne



**Privée de sommeil,
cette souris va mourir de
septicémie silencieuse**

Elle se gorgé de nourriture, mais meurt à vue
d'œil et meurt d'épuisement. A la fin,
des bactéries l'envahissent sans que son
organisme ne se défende.

P. Plailly / Eurelios

lentes. Les infections opportunistes à répétition sont-elles suffisantes pour expliquer cet épuisement ? «Très clairement, nous a expliqué le Dr Pierre Galanaud (1), le sida s'accompagne d'un déficit de production des cytokines.»

Pour approfondir les rapports entre sommeil et infection, il faudrait savoir ce qui caractérise le cerveau pendant le sommeil. Or, l'ensemble des données sur le fonctionnement du cerveau et le sommeil sont encore purement descriptives. On

connaît le plan, mais on ne sait pas comment ça marche. Il existe bien une "architecture" fonctionnelle du sommeil, selon le Dr J.-L. Lalatx (2), avec quatre niveaux de régulation : l'horloge biologique interne, les substances hypnotogènes, le réseau de production des signes du sommeil, et un réseau nerveux qui autorise le corps à dormir. Mais la recherche des "molécules du sommeil" est décevante ; c'était jusqu'à présent un fourre-tout disparate d'hormones, de neuromédiateurs et ►

(1) Directeur de recherches à l'unité 131 INSERM, à Clamart.

(2) Chercheur au laboratoire de médecine expérimentale de l'université de Lyon.

suite de la page 77

d'autres messagers chimiques. C'est justement ce qui change.

On rouvre donc un dossier ancien, presque vide : les rapports du sommeil et de l'infection. On y introduit une donnée nouvelle, qui de prime abord n'intéresse pas le sommeil : les cellules auxquelles s'attaque le virus du sida, par exemple, les lymphocytes T4 et les macrophages, sont des producteurs "professionnels" des hormones du système immunitaire ; lorsque le virus s'installe dans les cellules T4, celles-ci ne sécrètent plus d'interleukine-1, ni d'interleukine 3 et 4. Mais les macrophages, eux, sécrètent des quantités énormes de GCSF (un facteur de croissance cellulaire), probablement par un mécanisme de compensation. Par ailleurs, les T4 et les macrophages, s'ils ne produisent plus de cytokines, fabriquent en revanche de grosses quantités d'interféron (IFN) gamma, en réponse à l'agression virale. On verra là, un premier lien avec le sommeil : l'IFN est hypnogène.

Les lymphomes du sida, ces cancers des organes lymphoïdes où vivent les lymphocytes, produisent, eux aussi, massivement des facteurs de croissance et des interleukines 6 et 10. Cet orage hormonal est probablement impliqué lui aussi dans les troubles du sommeil des sidéens.

Observation du Dr Galanaud : «Si réellement il existe un rythme nycthéméral [différent entre le jour et la nuit] de production des cytokines, chez les malades atteints par le VIH et qui n'ont pas de complications graves, on s'attendrait plutôt à ce que ce rythme soit gommé. Tout se passe, en effet, dans le sida comme s'il y avait une réponse immunitaire permanente non contrôlée.» Ces cytokines

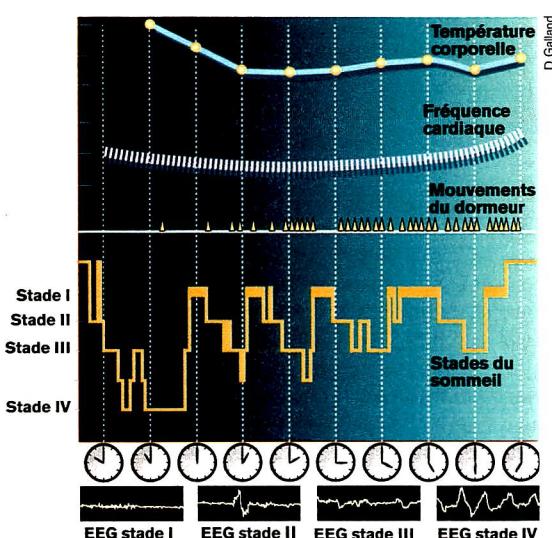
produites massivement, selon des rythmes et dans des proportions différentes de la normale, auraient alors pour effet de modifier l'équilibre délicat de la régulation du sommeil.

Le dossier n'est pas neuf ; il y a longtemps qu'on sait que les maladies infectieuses troublent le sommeil et que le syndrome de fatigue chronique est lié à des maladies virales. En 1913 déjà, René Piéron et Henri Legendre publiaient, dans les *Annales de physiologie*, leurs "Recherches sur le besoin de sommeil consécutif à une veille prolongée". Pour eux, tout serait dû à une "hypnotoxine", qu'ils ne parviennent d'ailleurs pas à mettre en évidence. Lorsqu'un chien est privé de sommeil, écrivent-ils, et qu'on injecte son liquide céphalo-rachidien (qui baigne le cerveau) à des chiens normaux, ce liquide provoque chez ceux-ci un long et profond sommeil. C'est donc qu'une substance inconnue s'y est accumulée, et ce serait la "molécule du sommeil". Quatre ans plus tôt, le Japonais Kashima Ishimori avait cru découvrir lui aussi une substance hypnogène dans le cerveau d'animaux privés de sommeil. Hélas, 80 ans plus tard cette substance semble nous échapper encore.

On trouve dans le même dossier

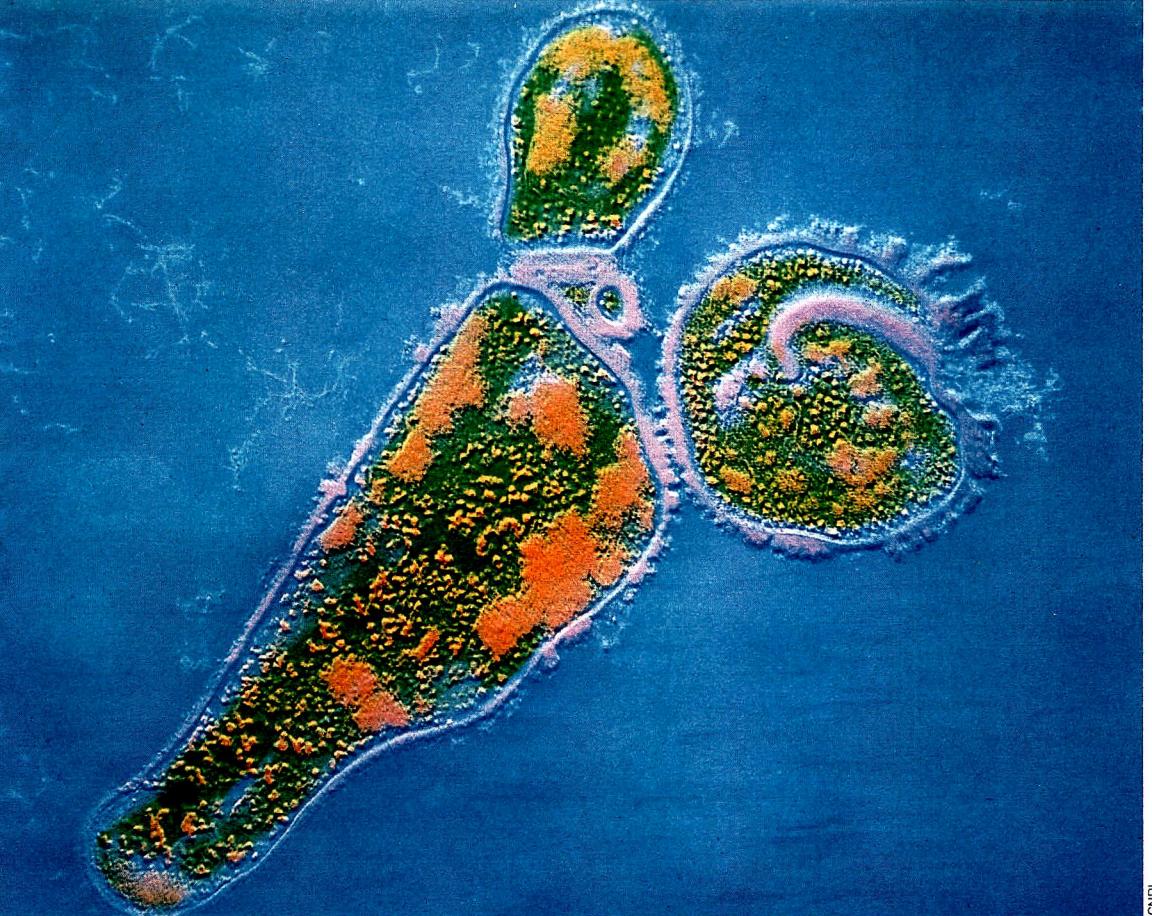
une autre donnée. En 1929, l'Allemand Constantin Alexander von Economo, un des pionniers de la neurologie moderne, décrivait l'encéphalite léthargique qui porte son nom (et qui a mystérieusement disparu depuis 1925). Lorsque l'hypothalamus antérieur est touché par le virus de von Economo, qui était peut-être apparenté à celui de l'herpès, le malade est insomniaque : le baron aviateur fut le premier à penser que cet hypothalamus pût être un centre important du sommeil. Pour lui, le sommeil est un processus actif médié par des régions spécifiques du cerveau, et ces régions sont sensibles à des somnifères endogènes.

On en était là quand, en 1975, deux chercheurs de la Harvard Medical School, John Pappenheimer et James Krueger, isolèrent dans le cerveau, le sang et l'urine de rats privés de sommeil une substance



Les trois rythmes de la nuit

- 1 La nuit, la température du corps chute. Elle passe de 37° à 36° au cours des deux premières phases de sommeil lent et profond (stade IV). Elle reste stable pendant les accès de sommeil paradoxal (stade I), et remonte lentement au petit matin. Mais, dans le cerveau, les cytokines provoquent au contraire de la fièvre.
- 2 Le rythme du cœur ralentit beaucoup au début (sommeil profond), puis reste stable pendant l'alternance sommeil paradoxal - sommeil lent.
- 3 Les mouvements corporels sont surtout présents au cours de la deuxième partie de la nuit, en phase de sommeil alterné.



CNRI

Pourquoi les infections font dormir

Le gonocoque (*Neisseria gonorrhoeae*), ci-contre, et l'agent de la coqueluche (*Bordetella pertussis*), ci-dessus, provoquent des infections qui font beaucoup dormir. C'est que la paroi de ces bactéries contient un immunoадjuvant, une molécule capable de déclencher la sécrétion d'IL-1, qui agit sur le sommeil.

puissamment somnifère. C'était une protéine, le *Muramyl Peptide* (MP). Serait-ce l'"hypnotoxine" cherchée jadis en vain par Piéron, Legendre et Ishimori ? Pas vraiment, mais c'est une molécule bien connue, et des immunologistes justement. Et voilà un nouveau lien du sommeil et de l'immunité naturelle.

Le MP est ce qu'on appelle un immunoадjuvant, substance capable d'aider un antigène étranger à déclencher une réaction de défense de l'organisme, en l'occurrence la production d'interleukine IL-1, la première et la plus importante cytokine. Le MP entre en compétition avec la sérotonine (un neurotransmetteur cérébral) au niveau de récepteurs spécifiques sur les cellules du cerveau et sur les cellules immunes. Un mécanisme moléculaire commun expliquerait les effets somnifères et immunostimulants du MP. Détail significatif : le MP est aussi un composant



CNRI

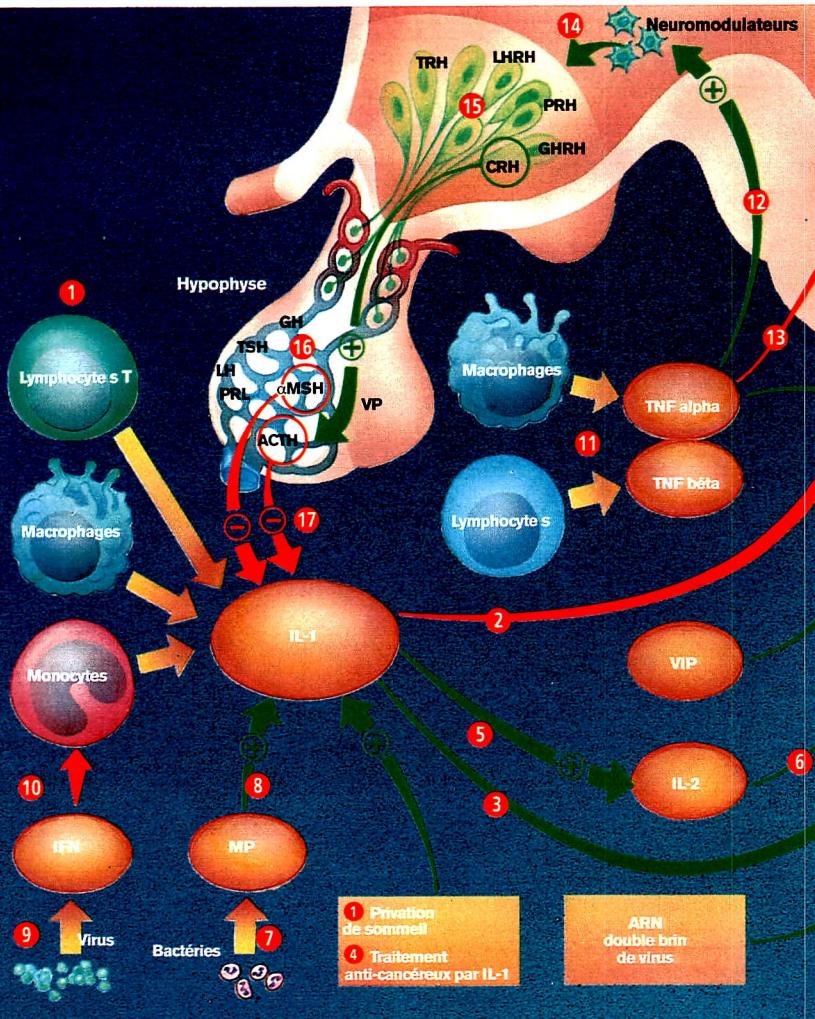
de la paroi du gonocoque (*Neisseria gonorrhoeae*) et de celle de l'agent de la coqueluche (*Bordetella pertussis*), et les deux maladies infectieuses provoquées par ces bactéries sont particulièrement somnifères.

Krueger travaille depuis vingt ans sur les molécules du sommeil, et ses découvertes ont été souvent faites en collaboration avec le Pr Michel Jouvet, le grand spécialiste français du sommeil, et le Pr Louis Chédid, spécialiste des cytokines à l'Institut Pasteur. A l'université du Tennessee, à Memphis, Krueger a une théorie du sommeil : il pense

Sommeil et**molécules****de l'immunité**

• La privation de sommeil mobilise les cellules de défense de l'organisme 1 : les lymphocytes T, les macrophages, les monocytes augmentent leur production d'IL-1. Celle-ci agit sur le générateur cérébral de l'activité électrique ponto genouillée occipitale (PGO) et le *Locus coeruleus* pour supprimer le sommeil paradoxal (REM) et favoriser le sommeil lent (NREM) – 2 et 3. Un traitement anti-cancéreux 4 par l'IL-1 a d'ailleurs les mêmes effets somnifères. Enfin, l'IL-1 stimulate en cascade 5 la sécrétion d'une autre cytokine, l'IL-2, par les cellules du cerveau et les cellules immunes. L'IL-2, par une voie encore inconnue, augmente l'activité de sommeil paradoxal 6.

• Lors des maladies infectieuses, une protéine de la paroi des agents microbien responsables de l'infection 7, le *Muramyl Peptide*, a une activité somnifère propre, mais surtout, déclenche la sécrétion d'IL-1 qui agit sur le cerveau 8. Lors d'infections virales 9, la réponse antivirale du corps est double. Une production d'interféron 10, qui déclenche dans les cellules immunitaires la sécrétion d'IL-1. Et une production accrue d'autres cytokines, les *Tumor Necrosis Factors* (TNF) ; le TNF alpha par les macrophages, et le TNF beta par les lymphocytes 11. Ces deux molécules agissent directement



sur les neurones modulateurs de l'hypothalamus 12. Ceux-ci, agissent, d'une part, sur les centres du sommeil 13, et d'autre part, aussi sur les

noyaux hypothalamiques de production des facteurs de libération des hormones hypothalamiques 14.

• Le cerveau "hormonal" agit

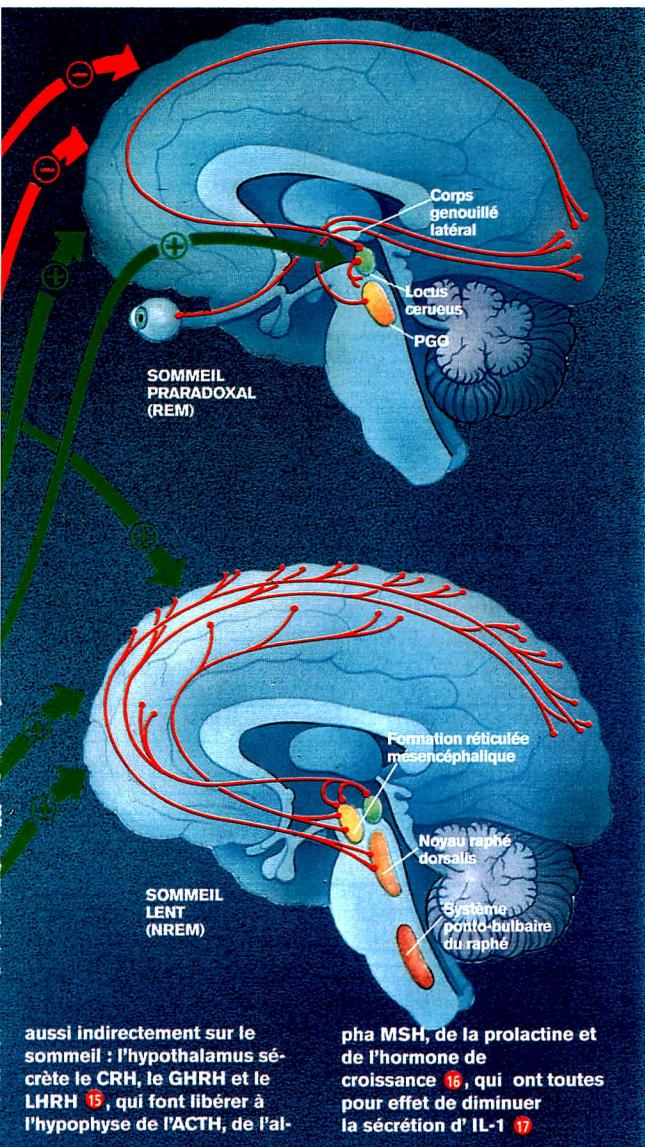
suite de la page 79

que des facteurs somnifères s'accumulent dans le sang pendant la journée ; quand une concentration seuil est atteinte, les sujets ont sommeil. D'autres facteurs hynogènes, comme pour le sida, sont sécrétées lors de certaines infections virales et bactériennes et entrent à leur tour dans le cerveau pour favoriser le sommeil.

En 1984, Krueger publie avec Chedid les résultats des premières expériences avec l'IL-1 sur l'effet hypnotogène de cette cytokine sur le cerveau : des lapins reçoivent des injections intracérébrales ou intraveineuses de doses croissantes d'IL-1 ; ces injections bouleversent le sommeil des rongeurs, aug-

mentant la part du sommeil de base (NREM) et diminuant celle du sommeil paradoxal (REM). Les critiques pleuvent sur ce travail : la cytokine utilisée provoque, quand elle est injectée dans le cerveau, une réponse fébrile de l'animal ; or, la fièvre fait dormir, ce qui explique le résultat. Pour les détracteurs, donc, l'IL-1 n'a aucune action somnifère en propre. Krueger répond à ces critiques en recommençant l'expérience, mais après avoir administré aux animaux des médicaments anti-fièvre (antipyritiques) ; et quand il injecte l'IL-1, celle-ci reste bel et bien somnifère.

Subtilité supplémentaire, Krueger et ses colla-



NREM ; à l'inverse, des hormones inhibant la sécrétion ou l'action de l'IL-1 (le CRH, la MSH, ou les glucocorticoïdes) empêchent le sommeil.

Et chez l'homme ? La privation expérimentale de sommeil accumule dans le sang des concentrations intenses d'IL-1, qui atteignent un pic coïncidant avec le début du sommeil NREM (objectivé sur l'électroencéphalogramme). D'ailleurs, les quelques malades qui ont reçu un traitement anti-cancéreux à base d'IL-1 ont une fatigabilité très importante. Ce qu'on ne peut pas encore dire, c'est si l'absence de sommeil enclenche une production accrue de substances somnigènes, l'IL-1 donc, ou bien si l'IL-1 est sécrétée en grandes quantités parce qu'un organisme privé de sommeil est plus vulnérable à l'infection.

Tout ce qu'on peut dire, c'est qu'au niveau moléculaire, la preuve de l'action somnigène d'IL-1 est faite : si l'on bloque l'action de cette cytokine en verrouillant les récepteurs sur les cellules-cible, on empêche le sommeil. De même, si l'on administre à des lapins traités par cette cytokine des anticorps anti-IL-1, on bloque aussi leur sommeil. En d'autres termes, bloquez l'action de cette substance immunitaire et vous bloquez le sommeil. Tout se passe comme si, normalement, l'IL-1 avait besoin de l'ombre propice du sommeil pour agir contre l'infection.

Et cette cytokine est bien fabriquée dans le cerveau : le matériel génétique qui commande sa fabrication est présent à l'état naturel dans le cerveau de rats ; des récepteurs cellulaires spécifiques de l'IL-1 ont été identifiés dans le cerveau de souris et de rats ; et les cellules nerveuses, convenablement stimulées, savent produire de l'IL-1. Autre preuve que le cerveau est bien le théâtre de l'interdépendance sommeil-immunité : l'hypothalamus sécrète une hormone, le CRF (*Cortical Releasing Factor*), qui agit sur l'hypophyse pour lui faire fabriquer l'ACTH, hormone du stress. Or, CRF et ACTH diminuent la production et les effets de l'IL-1. Krueger, toujours lui, a prouvé en 1989 qu'un dixième de microgramme de CRF injecté dans le cerveau de lapins préalablement endormis par de l'IL-1 les fait se réveiller et les maintient dans un état de vigilance. Le CRF agirait sur les deux phases du sommeil (ondes lentes et ondes rapides) et serait un régulateur de l'action de l'IL-1 sur le sommeil.

Un pédiatre de Seattle, aux Etats-Unis, le Dr William Guntheroth, a même lié le rôle de l'IL-1 dans le sommeil au syndrome de mort subite du nouveau-né. Les infections respiratoires, fréquentes dans ce syndrome, aggravent les interruptions de respiration, ou apnées. Ce serait dû, selon

borateurs montrent que la réponse à l'IL-1 se déroule en deux phases : pendant 12 heures, le sommeil NREM augmente, puis il diminue 24 heures après l'injection. C'est que le cerveau a ses propres rythmes circadiens, qui le rendent réceptif ou non à ces substances. Ainsi, chez le rat, l'IL-1 donnée à faible dose pendant la journée (la période où les rats dorment le plus) augmente la période de sommeil NREM. A partir d'une certaine dose, les rats dorment moins longtemps et plus profondément. Ce n'est pas tout : les substances qui augmentent la production d'IL-1 (les toxines de certaines bactéries et le MP) augmentent également le sommeil

C. Heimann

suite de la page 81

ce médecin, à une production de MP par les bactéries infectantes. Ce MP déclenchant la production d'IL-1 somnifère, l'enfant, au lieu de se réveiller, ce qui redéclencherait sa respiration (son mécanisme respiratoire n'est pas encore mature), continuerait à dormir, succombant alors à un déficit mortel en oxygène. Chez l'adulte, le sommeil associé à une fièvre infectieuse fait partie du processus normal de guérison, mais chez le nouveau-né, les apnées dangereuses seraient aggravées par le MP et l'IL-1.

Ce n'est là qu'un premier pas, et les liens entre sommeil et immunité ne sont sans doute pas assurés par la seule IL-1. On étudie l'action d'autres molécules de l'immunité sur le sommeil : l'interleukine-6, le *Tumor Necrosis Factor* (TNF), le *Delta Sleep Inducing Peptide* (DSIP), le facteur S, le *Muramyl Peptide* déjà cité, l'interféron alpha, les prostaglandines.

Ces données ressortissent essentiellement à la neurochimie. Mais en neurologie fonctionnelle, on dispose aussi de pistes. Il existe ainsi une donnée bien plus tragique que la vulnérabilité à l'infection d'un sujet privé de sommeil : sa mort. Si l'on prive un animal de sommeil, il finira par mourir, dans un déconcertant mélange d'épuisement et d'accélération de ses dépenses d'énergie. On sait, depuis les années 1970, qu'aucun rat ne survit plus de 21 jours à une privation de sommeil. La température de l'animal commence par augmenter, puis elle baisse, il se gorge de nourriture, allant jusqu'à consommer le quadruple de sa ration normale. Mais en dépit de cet apport énergétique énorme, la bête maigrira et perd jusqu'à 11% de son poids normal. Puis son épiderme s'altérera. Les sécrétions de cortisol, d'adrénaline, de noradrénaline, de prolactine, d'ACTH, de CRF, d'hormone antidurétique augmentent, signes spécifiques du stress. Mais quand l'animal meurt, ses organes sont parfaitement normaux. Aucune inflammation, aucun déséquilibre, même infime, dans le sang ni les urines.

Mieux : les neurotransmetteurs cé

rébraux et leurs récepteurs sont présents en quantités normales dans les tissus nerveux des animaux testés. L'expression de deux gènes des cellules cérébrales, c-Fos et Egr-1, témoins habituels et immédiats d'une suractivité des neurones, n'est pas significativement différente chez les rats qui dorment et chez ceux qui sont privés de sommeil. Seules des variations subtiles de la production de prostaglandines, à la base du cerveau, ont été relevées. Selon le Dr Allan Rechtshaffen, de l'université de Chicago, elles expliqueraient les variations de température cérébrale et de température corpo-



R. Cespuglio

La souris déglinguée

La mort par privation de sommeil chez l'animal est restée longtemps inexpliquée. Aucun organe ne semble atteint, les mesures biologiques et électriques sont normales. La mort surviendrait par septicémie due à une absence de réaction du système immunitaire.

relle relevées pendant la privation de sommeil. Ce chercheur et sa collaboratrice Carol Everson étaient donc aussi perplexes que le reste des neurologues : on ne savait absolument pas ce qui tue un animal privé de sommeil.

Puis Everson supposa qu'une toxine s'accumulerait progressivement dans l'organisme épaisse par le manque de sommeil et qu'elle ne tuerait l'animal qu'après une longue incubation. Elle effectua des dosages sanguins, et le sang mis en culture livra son secret : la présence massive de bactéries. Les rats étaient morts d'une septicémie silencieuse.

Les bactéries en cause sont des espèces auxquelles les rats sont accoutumés ; on les dit "commensales", et elles sont habituellement inoffensives. Mais alors qu'une infection s'accompagne de fièvre, d'accélération du pouls et d'élevation de la pression artérielle, aucun de ces signes n'est apparu chez les rats de laboratoire : leurs cellules immunitaires, lymphocytes et macrophages, n'avaient pas réagi, et aucun des messages de guerre qu'échangent ces cellules en cas d'infection n'a été décelé dans leur sang. Leur système immunitaire était comme sidéré, paralysé par le manque de sommeil.

Interrogée par nous, Everson reconnaît notre ignorance : «Pourquoi le manque de sommeil serait-il dangereux pour l'immunité ? Quel est le circuit qui part du cerveau pour agir sur les effecteurs cellulaires ? On n'en sait rien !» Mais la sagesse des nations évoquée au début de ces lignes est confirmée par des études récentes, sur l'homme cette fois-ci. Ainsi, les étudiants de médecine qui préparent les concours, les amis ou les conjoints de sujets alzheimériens, les membres d'une famille en deuil, tous ont ceci de commun : un compte bien plus faible de lymphocytes T et B. Comme si le manque de sommeil qui accompagne souvent la crise affectait le système immunitaire.

Pour approfondir la question, le Dr David Dinges, de l'université de Philadelphie, prive de sommeil des volontaires sains. Au bout d'une semaine sans sommeil (le record mondial est de 11 jours), il obtient des résultats différents : les lymphocytes T et B des sujets sont toujours en nombre normal ; en revanche, trois autres types de cellules qui participent à la réponse non spécifique à une agression – les monocytes, les macrophages et les Natural Killers – ont atteint un plafond inouï, comme si les sujets étaient victimes d'une infection. La concentration de l'IL-1, cytokine déjà familière, est aussi très élevée.

Des expériences aussi cruciales sont évidemment reprises plusieurs fois, avec des résultats quelque peu différents (on voit ainsi qu'une privation de sommeil de 40 heures augmente la production, non seulement d'IL-1, mais aussi d'IL-2).

Tous ces résultats n'empêchent pas la critique : on objecte, en effet, que le cerveau éveillé ordonne à l'hypothalamus, à l'hypophyse et enfin aux glandes endocrines de produire toutes les hormones du stress chronique. Ce que les chercheurs croiraient reconnaître comme étant les effets du manque de sommeil ne seraient que le produit du syndrome général d'adaptation (stress).

Ces objections sont salutaires ; il est toujours nécessaire de passer au peigne fin des travaux et encore plus leurs interprétations. Exemple extrême : si on coupe la queue d'un chat, il présente des troubles du sommeil. Cela ne signifie certes pas que l'organe du sommeil est la queue du chat ! Mais ces objections négligent un point essentiel : les signes du manque de sommeil et ceux du stress sont différents. Prenons le cortisol, par exemple ; c'est une hormone du stress. Or, sa concentration dans le plasma n'est pas modifiée par la privation de sommeil. Et les chercheurs sont assez avisés

pour identifier les écueils tels que celui-ci.

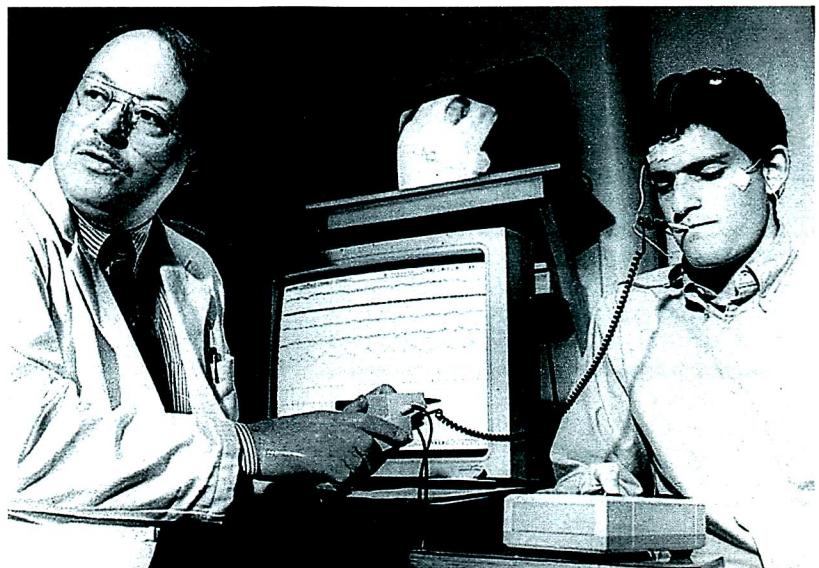
Voilà donc un premier grand axe du dossier : le sommeil est nécessaire à l'immunité. On mettra sans doute quelque temps avant de l'admettre de façon absolue, mais les indices qui vont dans le sens d'un rapport entre sommeil et immunité s'accumulent. Toutefois, ils vont aussi dans le sens inverse : si le sommeil joue bien un rôle dans l'immunité, celle-ci exerce également une influence sur le sommeil. Vu de haut, cet axe-là ne surprendrait sans doute pas beaucoup : les systèmes de régulation physiologique de la réponse immune, ceux de la fièvre et ceux de la température centrale empruntent les mêmes voies.

Mais les faits récents, eux, introduisent des nuances bien plus importantes. Ainsi, Kyo Yamasu, chercheur à l'université Teikyo, près de la ville de Kawasaki, au Japon, trouve que le système immunitaire n'a pas la défense de l'organisme comme seule fonction : il participe aussi au maintien de la température centrale, c'est-à-dire à l'homéostasie. En 1992, il trouvait de grandes quantités d'une substance naturelle qui, normalement, détruit les tumeurs, le *Tumor Necrosis Factor* ou TNF, déjà cité, dans les cerveaux de souriceaux nouveau-nés.

Bizarre : le TNF jouerait-il un autre rôle que celui qu'on lui connaît ? Peut-être, suppose Yamasu, jouerait-il un rôle dans la formation des réseaux de neurones dans le cerveau en développement. Il soumet donc des souris à cinq types de stress : privation de sommeil, de nourriture, d'eau, puis à la natation constante et à l'entravement. Or, seule la privation de sommeil déclenche la production de TNF dans le sang et les ganglions des animaux. Tout se passe comme si l'organisme compensait une lacune dans la production de cellules immunitaires causée par le manque de sommeil, en ➤

L'homme halluciné

Des expériences de privation de sommeil sont pratiquées sur des volontaires humains. La réaction immunitaire observée est "généraliste", de premier niveau : surproduction d'interleukines 1 et 2, augmentation du nombre de monocytes, de macrophages et de natural killers. Mais lymphocytes T et B, qui représentent le gros des troupes, restent à la normale, comme si la privation de sommeil était une infection ne réclamant pas leur concours.



B.Cramer / New York Times

suite de la page 83

accentuant sa production de TNF.

Nouvelle critique, émanant cette fois de John Allan Hobson, du laboratoire de neurophysiologie du département de psychiatrie de l'université Harvard. Toutes ces études, observe-t-il, portent sur la spécificité et les rôles des diverses molécules somnifères du corps. Or, aucune d'elles n'est présente chez l'animal en quantités efficaces. En poussant la critique à l'extrême, selon lui, on pourrait dire que leurs variations peuvent être considérées comme des phénomènes secondaires, des artefacts sans signification. Elles augmentent la durée du sommeil de base, mais elles ne changent rien à la durée du sommeil paradoxal, celui durant lequel on rêve et qui est, lui, le vrai sommeil réparateur (voir, dessin p. 80). De toute façon, objecte Hobson, la barrière sang-cerveau est normalement imperméable, sauf en de rares points ou lors de troubles également rares ; elle ne laisse pas passer les cytokines du système immunitaire.

La réfutation est brutale. Mais, une fois de plus, les critiques portent leurs fruits : d'autres chercheurs ont donc, au lieu de les injecter directement dans le cerveau, fait renifler à des lapins des bactéries du type *Pasteurelles multocida*, pour simuler l'infection naturelle : ils ont constaté les mêmes modifications du sommeil. Ces troubles du sommeil, dus aux molécules de la paroi bactérienne, apparaissent avec un certain retard, et elles durent plus longtemps que ceux dus au même microbe quand il est injecté par voie intraveineuse. La thèse de l'influence somnigène des protéines immunitaires en sort renforcée.

Peut-on, en fin de compte, ébaucher une synthèse de ces données, et surtout une interprétation des rapports sommeil-immunité ? Oui : Krueger est persuadé de détenir, avec les molécules de l'immunité, une des voies majeures de déclenchement du sommeil. Il a bien voulu résumer pour *Science & Vie* sa théorie, publiée en mars dernier dans le *Journal of Sleep Research* : elle est fondée sur la théorie des groupes neuronaux de Gerald Edelman. Les groupes neuronaux rivalisent entre eux dans le cortex ; ils cherchent à survivre en établissant des connexions synaptiques toujours plus solides avec les neurones des groupes voisins. L'environnement, pendant la journée, choisit dans le cerveau les meilleurs neurones, les meilleurs circuits, ceux qui amplifient le signal et le transmettent bien et rapidement. Chaque fois qu'un même signal venu de l'extérieur pénètre le cerveau, un apprentissage progressif de ces circuits de neurones s'opère. Finalement, à force de sélection, nous nous débarrasserions des neurones et des circuits neuronaux les moins performants.

Le cerveau sauvegarderait l'"inutile"

Ce modèle théorique du sommeil, à quatre types de neurones suit le modèle darwinien du fonctionnement du cerveau, selon lequel l'environnement, par ses stimuli, sélectionne les meilleurs groupes de neurones et fait mourir les connexions inadaptées ou inutiles.

L'éveil stimule les neurones de type ① qui excitent les neurones de type ②, favorisant les connexions synaptiques A. Pendant le sommeil, les neurones de type ② du circuit stimulent les neurones de type ④ qui produisent les molécules du sommeil (IL-1 et IL-1 RA). Celles-ci inhibent les synapses A et stimulent les synapses B, qui sont ainsi, avec les neurones de type ③ sauvegées d'une mort certaine. Le cerveau se ménagerait de la

C. Heilmann

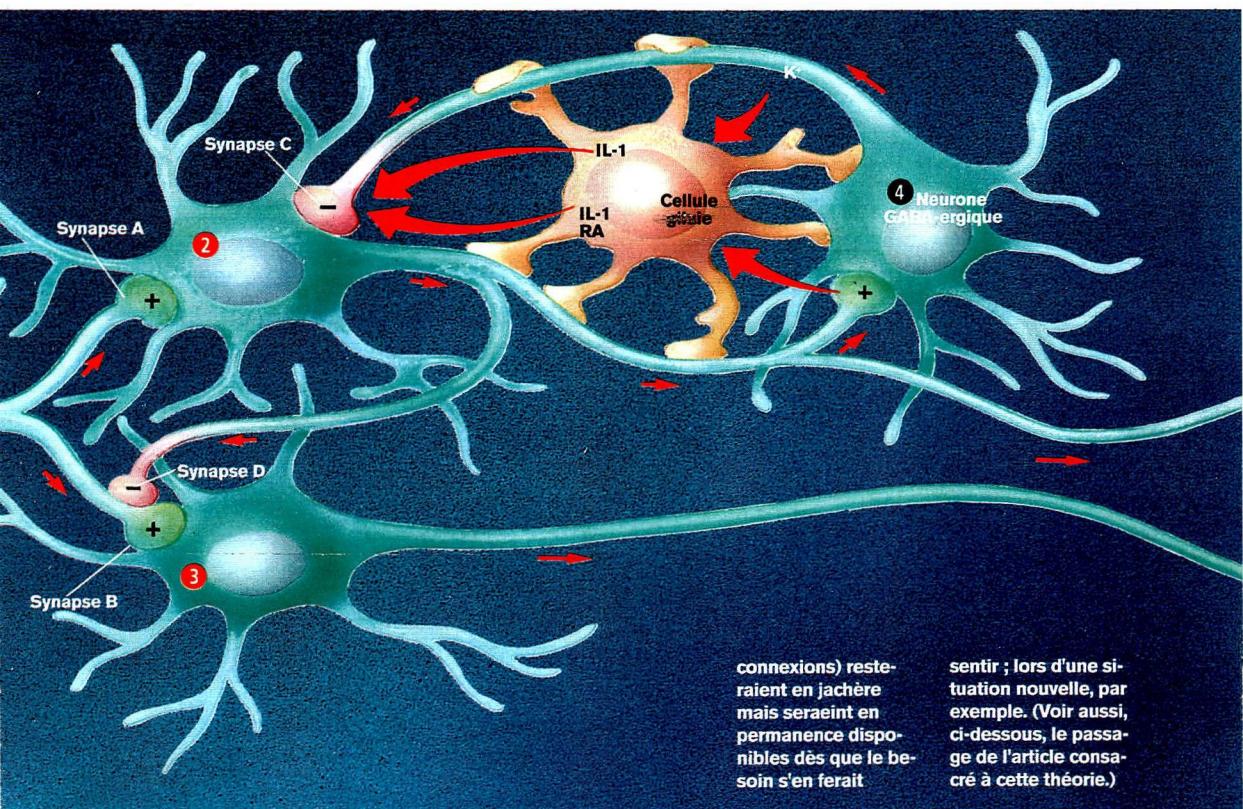


sorte une réserve optimale de connexions neuronales, dont certaines (représentées par le neurone ③ et ses

Le sommeil servirait à maintenir le cerveau en forme, au sens littéral du terme. Explications : les neurones, pour se "parler", poussent des arbres dendritiques touffus terminés par des milliers de synapses. Une synapse est d'autant plus efficace qu'elle est bien placée dans le réseau, qu'elle est plus souvent stimulée, et que les stimulations qui lui parviennent se font dans un ordre hiérarchique précis.

Selon Krueger, le sommeil tempérerait le darwinisme neuronal, celui de la sélection des meilleurs, postulé par Edelman : les synapses non stimulées pendant l'éveil, et donc vouées à la mort, seraient en fait repêchées. Krueger estime, en effet, que le cerveau ne peut s'adapter que s'il dispose d'une réserve, c'est-à-dire si les éléments de sa superstructure ne travaillent pas tous pendant l'éveil. La communication, qui est le produit des connexions, est indispensable pour créer les nouveaux circuits réclamés par des changements d'environnement. Et, pour qu'il y ait ces connexions, il faut des synapses.

Le sommeil commencerait lorsque des facteurs somnifères, comme l'IL-1, viendraient modifier localement l'équilibre entrées-sorties des influx nerveux de quelques neurones ou



groupes de neurones. Il y aurait alors rupture de la communication ; les neurones "disjoints" fabriqueraient sur place certaines molécules ou bien ouvriraient certains canaux ioniques indispensables pour stimuler les synapses qui ne sont pas habituellement stimulées. Cette rupture, qui se produirait dans le cerveau de façon aléatoire, se transmettrait de proche en proche, de manière quasi-infectieuse, jusqu'au seuil du sommeil proprement.

Pour affiner sa démonstration, Krueger offre en modèle un groupe de quatre neurones liés par des synapses (voir dessin ci-dessus). Le neurone 1 envoie des influx au neurone 2 par l'intermédiaire d'une synapse de type A, et au neurone 3 par une synapse de type B. Le groupe appartient donc à la fois aux groupes neuronaux A et B. Le neurone 2 stimule un troisième neurone, un neurone GABA, qui inhibe le neurone 2 par une synapse de type C ; ce même neurone 2 envoie également un prolongement qui, par la synapse D, inhibe la synapse B. Ainsi, la stimulation du neurone 2 par le neurone 1 réduit la stimulation du neurone 3.

Dans ce système, l'interleukine 1 et son antago-

connexions) resteraient en jachère mais seraient en permanence disponibles dès que le besoin s'en ferait

sentir ; lors d'une situation nouvelle, par exemple. (Voir aussi, ci-dessous, le passage de l'article consacré à cette théorie.)

niste IL-1 RA, produits par les cellules gliales, agissent sur le neurone 2. Voici comment : l'activation du neurone GABA-ergique provoque la sécrétion de neurotransmetteurs et de potassium ; ces substances se diffusent vers leurs cibles, les cellules gliales, qui, à leur tour, fabriquent et relâchent dans le milieu de l'IL-1. Celle-ci réduit l'excitabilité du neurone 2, ce qui améliore la transmission nerveuse à destination du neurone 3 (à cause de la diminution de l'inhibition de la synapse B). L'antagoniste IL-1 RA est sécrété avec un certain retard par rapport à l'IL-1, et il se diffuse alors vers la synapse C, où il vient contrarier l'effet de l'IL-1 sur le neurone 2. Ce qui a pour effet d'amplifier les oscillations nerveuses dans le circuit de neurones. Il se trouve que l'IL-1 modifie aussi le métabolisme du NO₂, ce gaz auquel on prête une fonction neurotransmettrice. Or, quand on bloque la synthèse de NO₂, le sommeil est inhibé. Une autre piste à suivre.

Le modèle que voilà a le mérite d'établir une ébauche de cohérence dans le lien entre sommeil et immunité. Il est évidemment provisoire ; reste à le vérifier et à l'enrichir. Krueger, en bon théoricien, propose lui-même, d'ailleurs, des pistes de recherche permettant de vérifier ou de détruire sa théorie. Souhaitons lui de nombreux détracteurs. ■

ERS-1:



"Grandes eaux" se fâche

Les Indiens chippewa l'avaient déjà appelé "Grandes Eaux", les colons blancs ont cru le domestiquer. Mais en juillet dernier, le Mississippi a inondé une partie du Middle West, provoquant 11 milliards de dollars de dégâts. En superposant les images d'*ERS-1* à celles de *Spot*, la NASA a tracé la cartographie de la zone inondée autour de la ville de Saint Louis (ci-dessus, en bleu clair) afin d'organiser les secours.

“œil de lynx” voit tout

Utilisées aussi bien pour organiser l'évacuation des personnes sinistrées par les inondations du Mississippi que pour étudier les tremblements de terre ou le devenir du climat, les performances du satellite européen *ERS-1* dépassent les espérances des scientifiques.

Voyage guidé d'un périple de 750 jours autour de la planète.

PAR DIDIER DUBRANA

Après huit mois de pluie, la majorité des fleuves du centre des Etats-Unis ont atteint des débits records pour, finalement, aboutir à la rupture des nombreuses digues domestiquant ces monstres. Le Mississippi (3 776 km) et son affluent le Missouri (3 969 km) ont malheureusement retrouvé leur “véritable domaine”, inondant huit Etats américains et provoquant l'évacuation de 50 000 personnes. L'organisation des secours nécessita les services du satellite européen *ERS-1* pour évaluer l'étendue de l'inondation, et au premier chef celle de la ville de Saint Louis, au confluent du Mississippi, du Missouri et de l'Illinois.

En effet, cette région était recouverte d'une masse nuageuse qui empêchait les satellites “classiques” (*Spot* ou *Landsat*), équipés de moyens optiques, de scruter le sol. En revanche,

le radar du système SAR (*Synthetic-Aperture Radar*) dont est équipé *ERS-1* (*European Remote Sensing Satellite*) a cartographié la zone inondée sans aucune difficulté. Le SAR fonctionne comme un radar conventionnel, avec quelques améliorations du traitement informatique qui font la particularité de ce joyau technologique mis en orbite voilà plus de deux ans, le 27 juillet 1991. Comme sur tout radar, un train d'ondes d'hyperfréquence de courte durée est émis. Puis l'antenne de traitement attend son retour après réflexion sur la surface terrestre, ou sur un objet. En mesurant le temps écoulé entre l'émission et la réception, il est facile d'en déduire la distance du point de réflexion. De même, l'amplitude du signal récupéré et l'écart de fréquence avec celui d'origine renseignent le satellite sur la nature de l'objet et de son mouvement éventuel.

Jusqu'ici, rien de nouveau par rapport à un radar classique. Mais si, tout au long de sa course, le SAR émet en permanence des impulsions et capte l'écho, au lieu de traiter immédiatement les informations renvoyées du sol, il les mémorise pour les comparer les unes aux autres. Résultat : connaissant les déplacements du satellite, l'ordinateur reconstitue donc parfaitement une grande antenne synthétique selon une technique proche de celle utilisée par les radiotélescopes terrestres.

Autre particularité : *ERS-1* émet deux faisceaux radars vers le sol. Le premier est orienté à la verticale du satellite, et le second vers l'avant. Ainsi, la parallaxe que forment ces deux faisceaux procure une vision en relief. Le satellite distingue alors parfaitement les échos renvoyés par les nuages de ceux réfléchis par le sol : l'image restituée à partir de ces deux sources présente des différences de position par rapport à la surface provenant de l'écart d'altitude des points observés. De plus, la réflexion sur les nuages du faisceau radar n'étant que partielle, l'écho renvoyé est plus faible, ce qui permet de “gommer” artificiellement la couche nuageuse au profit du relief terrestre. *ERS-1* s'est donc affranchi des mauvaises conditions météorologiques régnant sur Saint Louis. Du coup, en superposant l'image d'*ERS-1* (14 juillet 1993) à celle de *Spot* (prise dans la même région en 1988), le centre de télédétection spatiale de la NASA a établi la cartographie de la zone inondée (photo page ci-contre).

Cette catastrophe naturelle a mis en

suite de la page 87

évidence l'une des "qualités visuelles" d'*ERS-1*, surnommé "œil de lynx" par les ingénieurs de l'Agence spatiale européenne. Deux ans après son lancement, l'ESA publie une série de clichés permettant d'apprécier les nombreuses autres facettes technologiques de ce bolide de deux tonnes qui boucle un tour de la Terre en un peu moins de deux heures (100 minutes) à 780 km d'altitude.

Pour juger de la qualité des images produites par le SAR, il suffit de comparer deux photographies du même endroit, l'une prise par ce système, qui équipe *ERS-1*, l'autre par les caméras optiques de *Landsat* (voir photos ci-contre). Comme dans le cas du Mississippi, le regard du satellite a percé les nuages.

De plus, *ERS-1* produit une quantité impressionnante de clichés exploitables. Plus de 330 000 images (400 à 500 images/j) ont été prises depuis son lancement. La productivité d'*ERS-1* est unique dans les annales de la technique spatiale. En effet, en règle générale, dans la majeure partie de l'Europe, les hasards de la météo font qu'une seule image sur dix est exploitable, car prise par temps clair. Résultat : on réussit une seule bonne photo d'un point donné tous les six mois. *ERS-1*, lui, en fournit plusieurs à intervalle de 3 à 15 jours. Ce qui facilite l'étude systématique de l'état de l'environnement de notre planète : la mission première de ce satellite

ERS-1 surveille les océans pour comprendre leur influence sur les climats. C'est là une autre de ses tâches. D'énormes quantités d'énergie sont en effet échangées à l'interface océan/atmosphère, et le terrain privilégié de tels transferts se rencontre au niveau des grands courants "tourbillonnaires" marins comme le Gulf Stream. C'est au système ATSR (*Along-track Scanning Radiometer*) d'*ERS-1* que revient ce rôle d'observateur de la variation des températures. Il s'agit d'un radiomètre infrarouge de très haute précision. Chaque image couvre une zone de 500 km de côté, divisée en pixels (points de base) de 1 km de côté. La précision est impressionnante : l'erreur absolue reste inférieure 1 °C, et l'écart déteclable entre deux pixels adjacents est de 0,1 °C. Résultat : le parcours du Gulf Stream (voir photo page ci-contre) apparaît comme des jets de flammes crachées par un dragon ; arrivant de la Floride, elles vont s'éteindre au large de Terre-Neuve. Là, la perte de chaleur est maximale, puisque le courant chaud (28 °C) rencontre les eaux froides (4 °C) venant du pôle, via le courant du Labrador.

Cette étude des mouvements océaniques se-



Effacés, les nuages

Ces deux vues de la région de Waterford, en Irlande, ont été prises le 9 août 1991, l'une par *Landsat* ①, l'autre par *ERS-1* ②. Le ciel était très nuageux. Alors que pour *Landsat*, la côte irlandaise est à peine visible, les ondes du radar d'*ERS-1* n'ont été nullement gênées ; elles ont "vu" le sol comme par ciel clair.

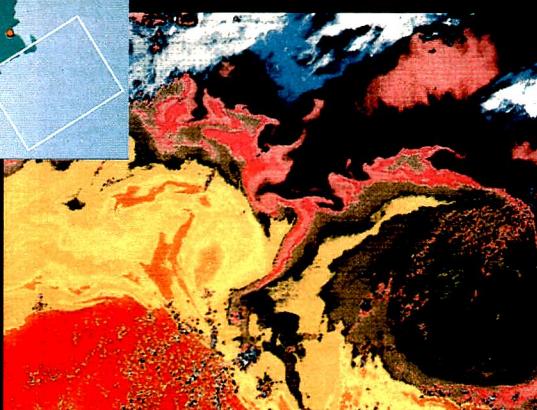
rait incomplète sans une vision globale de la hauteur des vagues, qui sont autant de points d'échange d'énergie entre l'eau et l'air. Le radar du SAR est alors utilisé comme un altimètre extrêmement précis. Il détecte des écarts d'altitude de 10 cm, alors que *Spot* ou *Météosat* ne donnent qu'une grossière idée du relief. En distinguant dans l'écho reçu le signal réfléchi par les crêtes des vagues de celui renvoyé par les creux, l'altimètre permet d'obtenir une carte de la hauteur des vagues sur tout le globe (voir photo page ci-contre).

Enfin, l'équipe de Didier Massonnet, du CNES de Toulouse, vient de mettre au point une nouvelle méthode permettant de suivre les mouvements du sol engendrés par les tremblements de terre à partir du fonctionnement du SAR⁽¹⁾. Comme nous l'avons expliqué au début de cet article, le radar embarqué sur le satellite envoie des hyperfréquences à la surface de la Terre, et

(1) "The Displacement Field of the Landers Earthquake mapped by Radar Interferometry", *Nature*, vol. 364, 8 juillet 1993.



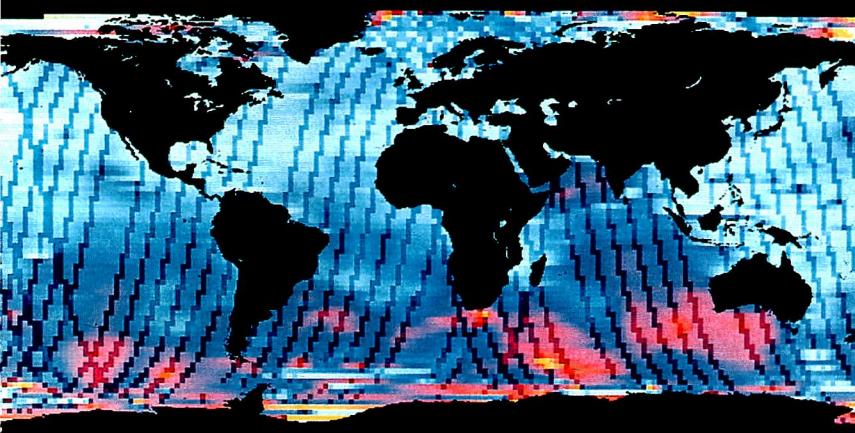
SERC/IRAF/ESA/ERS-1



ERS-1, thermomètre des courants marins

Cette image infrarouge fournie par le radiomètre d'ERS-1 constitue une carte des températures de l'Atlantique, au large de la côte nord-est des Etats-Unis. Les couleurs correspondent à une gamme d'environ 7 °C. Le Gulf Stream, qui s'écoule vers l'est (en orange foncé, au bas de l'image ci-contre, qui correspond au rectangle blanc du cartouche), rencontre le courant froid du Labrador qui descend le long de la côte. De la confrontation naît un tourbillon chaud géant (en vert sombre). La distribution des températures à la surface, là où les masses chaudes et froides se rencontrent et s'interpénètrent, est très détaillée. Ce type de données est capital pour mieux comprendre les changements climatiques.

Une carte du monde de la hauteur des vagues



ESA/ERS-1

...C'est ce que fournit l'altimètre radar d'ERS-1. Le bleu correspond à des vagues de 1 à 2 m, le rouge à des vagues de 5 m, et le jaune à des vagues de 12 m ou plus. Dans l'hémisphère nord, la mer est calme (l'image couvre la période du 1^{er} au 3 août 1991). Dans l'hémisphère sud, les "Quarantièmes rugissants" apparaissent clairement au bas de la carte (rouge et jaune). Enfin, une très forte tempête est visible au large de l'Afrique du Sud.

en traite les échos pour produire une image du sol. Chaque élément de l'image contient une information sur la phase et l'amplitude de l'onde radar. Les images traditionnelles de radar considèrent seulement l'amplitude, et témoignent surtout de la réflectivité de la surface à la longueur d'onde utilisée.

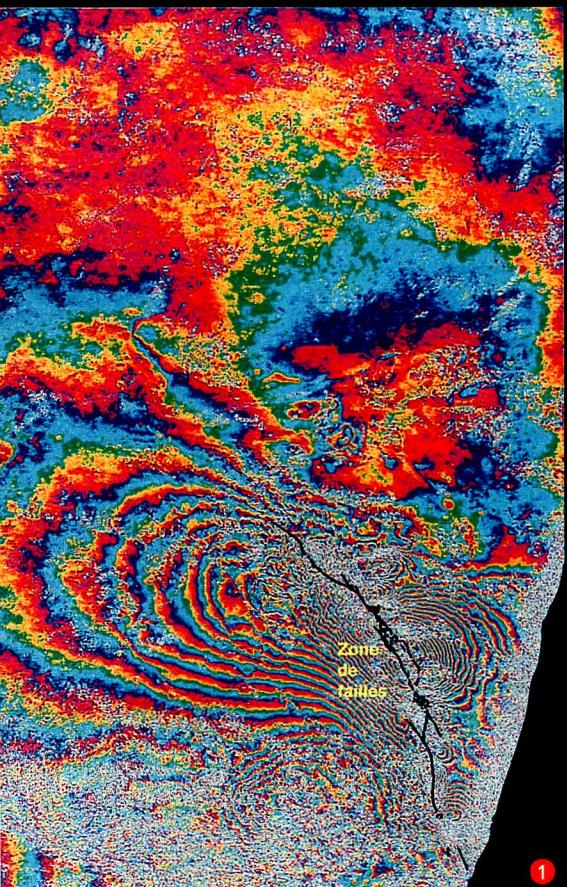
A la fin des années soixante, les chercheurs commencèrent à réaliser que la phase de l'onde contenait, elle aussi, une information intéressante : ce fut la naissance de l'interférométrie radar. Un de ses domaines d'application est la topographie. Le principe est le suivant : le satellite photographie un point précis du terrain. La phase de l'écho est caractéristique du point observé. Au passage suivant, le satellite a changé légèrement d'orbite et photographie le même point. Connaissant la distance qui sépare les deux orbites, il est facile d'en déduire "la phase théorique" que doit renvoyer le point

observé. Si cette phase est conforme au calcul, c'est que le point n'a pas bougé. Dans le cas contraire, le point s'est déplacé.

Pour observer le mouvement des tremblements de terre, par exemple, il suffit de comparer des images prises avant et après le séisme, et de reporter ces différences de phase entre les deux images pour chaque pixel. Le tremblement de terre qui a secoué le désert de Mojave, en Californie, le 28 juin 1992, a pu être cartographié de la sorte par l'équipe toulousaine (voir photo page suivante).

Cette première mondiale confirme que le SAR d'ERS-1 est l'un des outils les plus spectaculaires des sciences du solide terrestre. D'autant que l'équipe de Massonnet a pu confirmer la validité de la carte ainsi obtenue en la comparant à un modèle mathématique établi par des géophysiciens du laboratoire Midi-Pyrénées et capable de simuler la déformation du terrain après

Un satellite qui "voit" les ondes sismiques



Le 24 avril 1992, le satellite *ERS-1* survole le désert de Mojave, dans la région de Landers. Le 7 août 1992, le satellite repasse au même endroit et reprend un cliché. Entre ces deux passages, la région a subi, le 28 juin 1992, un séisme d'une magnitude de 7,3 qui a sévi sur 85 km le long d'une zone de failles comprenant Johnson Valley, Homestead Valley, Emerson et les failles de Camps Rock. Comment le satellite peut-il "voir" un séisme ? Lorsque, pour un même point au sol, le temps mis par l'onde radar à faire un aller-retour entre le satellite et le sol a varié entre deux images, c'est que le sol a bougé. En calculant cette différence entre les deux clichés, on obtient une troisième image, qui décrit le déplacement en forme d'ondes provoqué par le séisme ①. Le modèle mathématique ② confirme en tout point les données satellite.



suite de la page 89

le séisme californien. L'interférométrie servira également à dépister les éruptions volcaniques, en détectant les déformations du cône qui précèdent le début du phénomène.

Au mois de janvier 1994, *ERS-1* changera de cycle orbital. Le globe terrestre sera couvert en quarante-trois orbites, sur une durée de trois jours. Le cycle qu'il exécute actuellement doit durer trente-cinq jours, au bout desquels il aura effectué cinq cents révolutions (2). Au cours du nouveau cycle, l'altimètre et le SAR seront mis à contribution pour observer l'évolution de la calotte glaciaire. Ces données seront comparées à celles de la première campagne polaire d'*ERS-1* (1991), afin d'affiner les programmes de recherche sur l'interaction glace-océan-atmosphère, facteur important mais encore mal compris de la modélisation des climats.

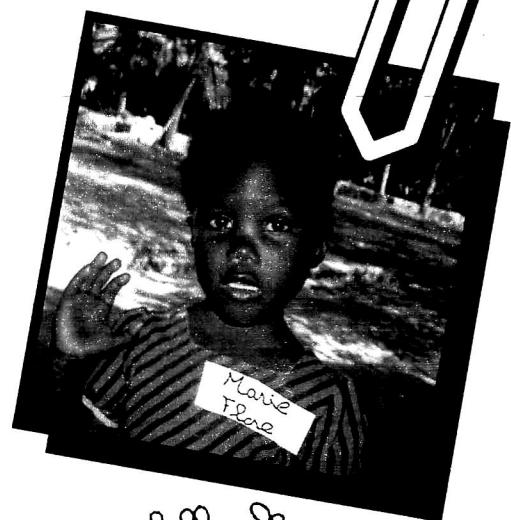
Puis, au mois d'avril 1994, *ERS-1* changera de nouveau son cycle (cent soixante seize jours

pour deux mille cinq cents orbites) afin d'entamer une nouvelle observation de la topographie des océans.

En effet, contrairement à ce l'on croit, et aussi étrange que cela puisse paraître, la surface des océans est loin d'être plate. Elle présente une succession de "collines" et de "vallées" de faible dénivelé qui reflètent l'inégalé répartition du relief des fonds sous-marins. Car la forme de la surface de la mer dépend de son plancher. Les dorsales, les fosses océaniques ou les zones de fracture créent des écarts de masse d'eau, donc de gravité, qui entraînent des variations de hauteur d'eau atteignant près de 200 mètres ! Cette "topographie statique", comme la définissent les scientifiques, influence aussi le devenir des climats de notre planète. A l'instar du satellite franco-américain *Topex-Poseidon*, lancé par la fusée *Ariane* le 10 août 1992, *ERS-1* percera les secrets du climat.

(2) Le nombre de révolutions nécessaires pour un cycle donné dépend de la précision exigée par le type de mesures à effectuer.

TU VEUX BIEN ETRE MON PARRAIN ?



je m'appelle Marie-Flore, j'ai 8 ans, j'habite Haïti et j'aimerais être ta filleule. Actuellement, je ne peux pas aller à l'école comme les autres enfants... Si tu acceptes d'être mon parrain je pourrai y aller. je sais que tu dois donner 125F par mois et que ça te privera un peu, mais tu sais avec tes 125F j'irai à l'école normalement et en plus j'aurai un déjeuner tous les jours...

Ma maîtresse t'enviera mon bulletin et moi je t'écrirai si tu veux, des lettres pour te donner de mes nouvelles.

À bientôt

Marie-Flore



ENFANTS SANS FRONTIERES
CCP 1234.56 X PARIS

Parrainer la scolarité d'un enfant, c'est un geste que vous pouvez faire! Tout comme Marie-Flore, 10 000 autres enfants d'Haïti attendent votre aide pour avoir enfin une scolarité normale.

Les aider, dès aujourd'hui, c'est leur assurer un avenir demain. Pour recevoir le dossier et la photo de l'enfant que vous acceptez de parrainer (125 F par mois), découpez le bon ci-dessous et renvoyez-le à "SOS Enfants sans Frontières".

BON A DECOUPER ET A RENVOYER A
"SOS ENFANTS SANS FRONTIERES" - 56, RUE DE TOCQUEVILLE 75017 PARIS - TEL : 43.80.80.80. - FAX : 43.80.80.00.

J'accepte de parrainer un enfant d'Haïti et désire recevoir le dossier complet de mon filleul.

Je joins un chèque de 125 F pour le 1^{er} mois de parrainage (ou mon premier chèque annuel) à l'ordre de "SOS Enfants sans Frontières".

Envoyez-moi une brochure sur "SOS Enfants sans Frontières".

Actuellement, je ne peux m'engager à parrainer un enfant mais je vous joins un don de : 150 F 300 F 500 F ou plus.

Un an après
les inondations
de Vaison :

le "bouchon" qui embarrasse les experts

**L'analyse des films vidéo
et les récits de témoins semblent
indiquer que la crue
du 22 septembre 1992 a été
aggravée par l'obstruction partielle
du pont romain de Vaison-la-Romaine,
par les arbres et les débris charriés
par l'Ouvèze. Cette thèse du "bouchon",
rejetée par les experts officiels, met
en cause le mauvais entretien
et l'urbanisation anarchique des cours
d'eau de la région.**

PAR MARC MENNESSIER



M. Mennessier



Chardon-Martin/Gamma

L'eau s'est-elle écoulée normalement sous le pont romain de Vaison-la-Romaine, ou bien a-t-elle été freinée par un embâcle, c'est-à-dire un bouchon formé par le nombre impressionnant d'arbres, de carcasses de véhicules, de citernes, de toitures et de déchets de toute sorte charriés par l'Ouvèze ? Ce phénomène a-t-il aggravé le bilan matériel et surtout humain des inondations du 22 septembre 1992 qui ont fait officiellement 41 morts et disparus dans le département du Vaucluse, dont 36 dans la seule ville de Vaison ? L'issue de ce débat, qui divise les experts un an après le drame, engage des responsabilités administratives. Si la nature est seule en cause, on ne peut s'en prendre qu'à la fatalité. Si le désastre a été amplifié par l'addition de multiples défaillances "humaines", l'affaire pourrait avoir des prolongements judiciaires.

Dans le premier cas, le pont romain, situé au milieu du goulet d'étranglement très étroit que forme la vallée dans la traversée de la ville (voir photo ci-contre et carte p. 94), a joué un rôle comparable à celui d'un barrage. Sa capacité d'évacuation étant bien inférieure au débit de la rivière au plus fort de la crue, l'eau s'est accumulée (un peu comme dans un lavabo dans lequel on fait couler plus d'eau que la vidange ne peut en évacuer) et a fini par inonder la vallée située en amont, notamment le camping du "Moulin de César", où l'on a déploré onze morts.

Tel n'est pas l'avis de Francis Poullallion, ancien chef de la division "hydrologie" de la Direction régionale de l'environnement (Diren) à Aix-en-Provence, partisan de la thèse de l'embâcle (pour reprendre l'image précédente, la vidange du lavabo aurait été ralentie par un bouchon de débris). Selon cet ingénieur, l'obstruction partielle du pont romain a accru de 250 m³/s le débit maximal de la crue au droit du pont romain. Soit, environ 700 m³/s au lieu de 450 m³/s si l'écoulement avait été "naturel". Ce qui signifie que si les lits de l'Ouvèze et des multiples ruisseaux qui ont débordé ce jour-là avaient été entretenus, s'ils n'avaient pas été encombrés de

La faute à "pas de chance" ?

La crue qui a ravagé Vaison l'an passé était exceptionnelle, mais la nature n'est pas seule en cause. Si on persiste à installer des habitations en zones inondables et à négliger l'entretien des cours d'eau, des catastrophes aussi meurtrières se reproduiront ailleurs. En particulier dans le sud de la France, sujet à des épisodes météorologiques violents. 52 villes, parmi lesquelles Apt, Nice, Cannes et Antibes, sont concernées.

suite de la page 93

décharges et d'habitations implantées en zones inondables, le pont aurait absorbé la crue sans problème. Même exceptionnelle, la crue n'aurait alors pas causé de tragédie.

Cette thèse, "séduisante" selon l'un des membres de la commission d'enquête qui a remis un rapport sur la catastrophe aux ministres de l'Équipement et de l'Environnement le 20 novembre 1992 (1), s'appuie sur l'analyse des films réalisés par des vidéo-amateurs, les récits de témoins et... nos propres observations sur le terrain.

A 15 h, alors que l'inondation du bassin d'amont et du camping a commencé depuis environ 13 h 30, le passage de l'eau sous l'arche du pont romain est normal, comme en témoigne la photo ① ci-contre : la différence de hauteur d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage est faible et suit tout bonnement la pente naturelle de la rivière. La photo ②, prise une demi-heure plus tard, donne un aperçu de l'immense étendue d'eau qui submerge le camping et de la densité de matériaux charriés par la rivière. On distingue une caravane et des arbres, en particulier des peupliers de 20 à 30 m de long. A 15 h 50, l'eau déverse par-dessus le parapet, qu'elle finira d'ailleurs par emporter (photo ③) et, dans un fracas assourdissant, plonge dans le vide sur une hauteur de 10 à 12 m : à preuve, on devine, sous les embruns, le parement rocheux situé en rive droite du pont (photo ④, flèche).

Cette différence très importante entre les niveaux d'eau à l'amont et à l'aval de l'ouvrage s'explique mal autrement que par la présence d'un embâcle. Si le débouché avait été entièrement libre, cet écart n'aurait pas dépassé 3 à 4 m... Par ailleurs, la chute d'eau qui a déferlé pendant 35 minutes a creusé au pied du pont, en raison de la violence de son impact, une fosse de 6 à 7 m de profondeur dans le lit de la rivière, comme l'attestent les mesures effectuées dès le lendemain du drame. Or, malgré la

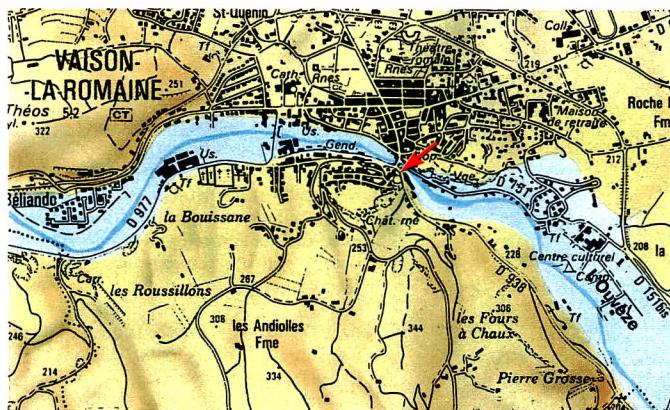
présence de cet énorme trou qui a sensiblement accru la section de l'arche du pont, et donc sa capacité d'écoulement, le niveau d'eau à l'amont est toujours resté horizontal (photo ④) ! Preuve, semble-t-il, que l'eau était bien, en partie, retenue par quelque chose... Vers 16 h 23, du fait de la montée en charge (plus la hauteur d'eau est élevée plus la pression est forte), le bouchon aurait fini par être sapé à sa base et se résorber. Ce qui a déclenché aussitôt la vidange rapide du plan d'eau en amont. D'après les estimations de Poulallion, un débit de 700 m³/s passe, à cet instant, sous l'arche du pont. Et le fort courant provoqué par ce lâcher d'eau entraîne irrésistiblement tout ce qui flottait sur la retenue. A 16 h 35, en effet, des caravanes s'écrasent contre le tablier (photo ⑤), soit trois quarts d'heure après le début de la submersion du pont.

(1) Voir S & V n° 904, "Vaison : les silences des experts".

Pourquoi ces véhicules ont-ils mis

tant de temps pour franchir quelques centaines de mètres de rivière ? Les documents vidéo ne permettent pas de dire si la caravane qu'on voit sur la photo ② à 15 h 31 est passée sous le pont quelques minutes après, ou si elle a stationné avec d'autres pendant près d'une heure dans le goulet d'étranglement avant de venir percuter le pont à 16 h 35 (photo ⑤). Dans le premier cas, l'écoulement sous le pont était normal. Dans le second, en revanche, l'eau a bel et bien été ralentie par une obstruction partielle de l'ouvrage avant que le courant s'accélère brutalement quand le bouchon a cédu.

Le récit de Jacqueline Richard, ancienne directrice du camping (aujourd'hui fermé par arrêté municipal) et vice-présidente de l'Association de défense des sinistrés de Vaison, accrédite plutôt la seconde hypothèse. Surprise par l'inondation avec une quinzaine d'autres campeurs qu'elle tentait de secourir, elle est restée prisonnière de l'Ouvèze pendant quatre heures avant qu'un bateau vienne



Le verrou de Vaison

Le pont romain de Vaison (flèche) est situé au milieu d'un goulet d'étranglement très étroit vers lequel converge tout le bassin versant de l'Ouvèze. L'effet entonnoir dû à cette topographie provoque, en cas de fortes précipitations, une montée importante du niveau de l'eau. Que le pont se trouve bouché par les débris charriés par la rivière, et il se transforme en un véritable barrage. Résultat : inondation aggravée en amont et, une fois le bouchon évacué, libération d'une vague torrentielle vers l'aval.

Le témoignage de la vidéo

Ces images, prises par des amateurs et diffusées sur *France 2* et *France 3*, sont précieuses parce que datées à la minute près. Leur analyse, détaillée dans l'article en page ci-contre, renforce la thèse selon laquelle le pont romain de Vaison a été partiellement bouché, ce qui a eu pour conséquence d'alourdir le bilan matériel et, surtout, humain de la crue.

la repêcher. Elle situe le début de la vidange du bassin autour de 16 h 15. Ce qui correspond à l'horaire indiqué sur le film. «Au moment où l'eau a commencé à baisser, le courant s'est brusquement accéléré. La caravane dans laquelle je m'étais réfugiée avec quatre personnes était comme aspirée.»

Mme Richard a noté qu'auparavant l'eau était montée brutalement à trois reprises : une première fois vers 13 h 30, une deuxième vers 14 h 30 et une troisième vers 15 h 15. «Chaque fois, le niveau s'est subitement élevé de 1,50 m en quelques minutes, un peu à la manière des oueds africains. La première vague s'est produite lorsque le Lauzon a dévalé et s'est engouffré dans l'Ouvèze. Le choc a été terrible et comme le camping se trouvait à proximité du confluent, nous étions pris dans une souricière.»

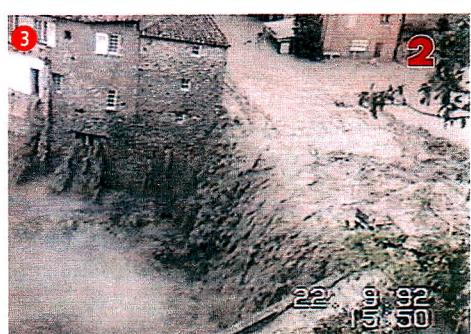
Ces brusques arrivées d'eau ont été provoquées par la rupture de plusieurs ponts bouchés eux aussi par des embâcles sur le Lauzon, le Groseau (notamment près du village du Crestet), l'Eygemarre et d'autres petits affluents de l'Ouvèze (2).

Les cours d'eau de la région étaient si mal entretenus que des centaines d'arbres et de souches charriés par la crue se sont empilés sur 20 m de hauteur derrière le pont de Saint-Romain-en-Viennois, qui a pourtant résisté (voir photo p. 96) ! A la différence de celui qui est situé juste en aval, dont le tablier a été emporté. Autre exemple de l'absence totale d'entretien des cours d'eau : le lit mineur du Toulourenc, un affluent de l'Ouvèze épargné par la crue, est si encombré d'arbres qu'on a du mal à distinguer l'eau à travers le feuillage !

Le débat porte aussi sur l'estimation du débit maximal de la crue au droit du pont romain. La fourchette donnée par la commission d'enquête varie entre 700 et 1 100 m³/s. Le lendemain de la catastrophe, certains experts et le ministre de l'Environnement de l'époque parlèrent de 2 000 et même de 3 000 m³/s ! Mais même un débit de 1 100 m³/s paraît excessif.

En fait, les hydrauliciens du Centre d'études techniques de l'équipement (CETE) d'Aix-en-Provence, qui avancent ce chiffre, ont utilisé des modèles mathématiques applicables à des rivières canalisées, dont on maîtrise la plupart des paramètres... Mais en période d'inondation, où le lit est bouleversé et où le débit solide (sable, terre,

(2) Voir S & V n° 902, p. 96, «Vaison : un torrent de négligences».



suite de la page 95

gravier) est important, les débits calculés au moyen de ce type de formule peuvent atteindre le double de ce qui est effectivement mesuré !

En outre, les hydrologues du CETE ont calculé cette valeur de 1 100 m³/s en reconstituant la ligne d'eau à partir des repères de crue relevés à l'amont et à l'aval du pont romain. Ces repères matérialisent la trace laissée par l'eau sur les maisons ou les terrains inondés à la cote maximale de la rivière. En joignant ces repères, on obtient une estimation du débit maximal de la crue. Mais le 22 septembre 1992, du fait des embâcles et du resserrement de la vallée à l'entrée de Vaison, l'eau a été retenue temporairement et n'a donc pu atteindre partout en même temps sa cote maximale. Conclusion : la ligne d'eau reconstituée par le CETE est purement imaginaire et surestime le débit... En réalité, si l'on se base sur les chiffres de Météo-France (de 150 à 200 mm d'eau pendant 3 heures en amont de Vaison sur environ 150 km²), et si l'on établit le coefficient le plus plausible de ruissellement (la part de l'eau qui ne s'infiltra pas dans le sol), l'estimation du débit chute de 1 100 à 500 m³/s (3).

Seul un modèle physique, c'est-à-dire une maquette de la vallée de l'Ouvèze où l'on simulera la crue, permettrait de valider les résultats des calculs et de trancher entre les deux thèses : phénomène purement naturel ou phénomène naturel "aggravé". Mais, curieusement, cette pos-

sibilité n'a pas été envisagée pour le moment...

Grossir les débits permet, il est vrai, de surdimensionner les travaux de réaménagement prévus pour lutter contre la prochaine crue. Pour remédier à ses caprices, il est prévu d'élargir à 30 m le lit de l'Ouvèze et d'enrocher ses berges sur près de 1 km en aval du pont romain. Coût de cette opération "poudre aux yeux" : 5,5 millions de francs, dont 400 000 francs de rémunérations accessoires pour les ingénieurs (4)... Il serait plus judicieux de consacrer cet argent à l'entretien de la rivière.

L'Ouvèze et ses affluents étant des cours d'eau non domaniaux, cette charge incombe aux riverains. Quand la végétation des berges offrait bois de chauffage et fourrage, ces derniers s'acquittaient de leur tâche. Mais, depuis un bon demi-siècle, les poêles à mazout ont supprimé la corvée de bois, tandis que l'exode rural a diminué le nombre de bras... Si bien que les cours d'eau se sont recouverts d'une jungle impénétrable, composée surtout de peupliers facilement arrachés en cas de crue, du fait de leur grande taille et de leur enracinement superficiel. L'article 175 du Code rural autorise les communes et les services de l'Etat à se substituer aux propriétaires et à réaliser les travaux à leurs frais. Certes l'entretien requiert des compétences et de l'argent. Mais, depuis des décennies, personne n'a osé attaquer le problème de front...

En revanche, se retrancher derrière le caractère "exceptionnel" de l'événement permet d'innocenter toutes ces petites négligences qui, mises bout à bout, ont peut-être transformé une grosse crue centennale en une crue... millénale. Sans parler des morts causées par des permis de construire accordés en zones notoirement inondables !

Si les négligences étaient démontrées, les assurances, qui viennent de se mettre d'accord avec l'Etat sur la répartition des 43 millions de francs destinés à aider les personnes sinistrées à se reloger dans des zones exemptes de risques, pourraient se rétracter... Surtout quand on sait que, l'automne dernier, la première version du rapport de la commission d'enquête a été "remaniée" par le cabinet du ministre de l'Environnement de l'époque : on y avait gommé tout élément, et en particulier les responsabilités administratives, susceptible de donner aux assureurs le prétexte pour ne pas remplir leurs obligations. Par ailleurs, une plainte contre X pour homicide involontaire et non-assistance à personne en danger a été déposée en janvier dernier par l'Association des sinistrés de Vaison.

Dans ce contexte, l'Etat et les collectivités locales ont tout intérêt à laisser accréditer la thèse selon laquelle il ne s'est rien produit d'anormal derrière le pont romain, le 22 septembre 1992... ■

(3) Les statistiques révèlent que ce coefficient de ruissellement n'a jamais dépassé 0,36 sur le bassin de l'Ouvèze, même lors de la crue de novembre 1951. Or, pour la crue du 22 septembre 1992, les experts ont retenu la valeur de 0,66 !

(4) Voir S & V n° 898, "Après nous le déluge".

Une preuve du manque d'entretien

Pour dégager le pont de Saint-Romain-en-Viennois, sur le Lauzon, un affluent de l'Ouvèze, il a fallu descendre un bulldozer au moyen d'une grue. Cette dernière a failli se renverser lorsque le machiniste a voulu retirer un grand pin dont la cime dépassait de l'embâcle formé par les dizaines de souches et de troncs qui se sont accumulés sur près de 20 m de haut. Rescapé de la crue, cet arbre avait encore les racines bien en place. Au fil des ans, il avait tranquillement poussé dans le lit du ruisseau, adossé à l'une des piles du pont !



Einstein

Pour enfin comprendre la relativité.

Newton, pardonne-moi. Tu as trouvé la seule voie qui, à ton époque était possible pour un homme doué de la pensée et de la créativité les plus élevées. Les concepts que tu as inventés guident aujourd'hui encore le cheminement de notre pensée à travers la physique, bien que nous sachions maintenant qu'il faudra, pour parvenir à une compréhension plus profonde des relations entre les choses, leur substituer d'autres notions plus éloignées de la sphère de l'expérience immédiate. Albert Einstein.

Les "autres notions" apparaissent en 1905 dans une série d'articles publiés par le jeune Einstein. La voie vertigineuse de la relativité est ouverte. Les Cahiers de Science & Vie vous racontent l'histoire d'un homme sincère et malicieux, affectueux et vulnérable, bavard et enthousiaste. Un homme du XXe siècle attentif aux grandes questions du monde, ardent défenseur de la liberté et de la paix.

Einstein est aujourd'hui une légende. Pourquoi cet engouement populaire du monde entier pour un savant qui établit des théories trop complexes pour être comprises du grand public de l'époque ? C'est une des énigmes que tente de résoudre ce numéro des Cahiers de Science & Vie, tout en expliquant pourquoi Newton devait être relativisé...

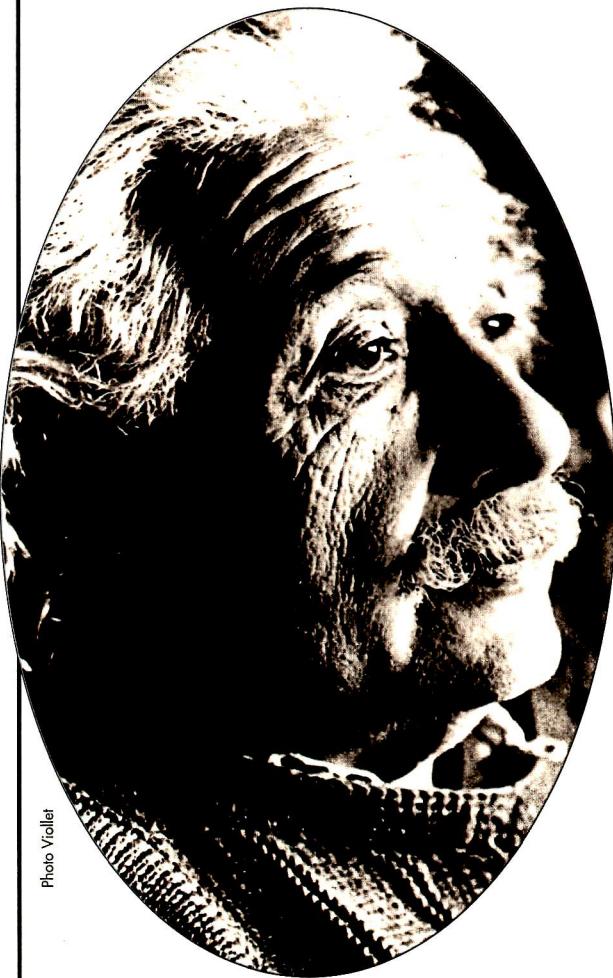
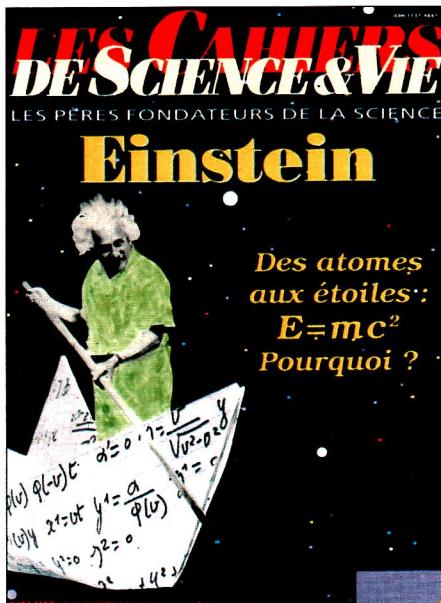


Photo Viollet



EN VENTE PARTOUT

DES HISTOIRES RICHES EN DÉCOUVERTES

Les orchidées sauvées des eaux

PAR ROGER BELLONE

Construit sur le fleuve Sinnamary à 40 km de son embouchure, et également à 40 km du Centre spatial guyanais de Kourou auquel il doit fournir une partie de son électricité, ce barrage nourrit, depuis de nombreux mois, une polémique entre, d'un côté, EDF et, de l'autre, le maire de la commune de Sinnamary, des organisations écologistes et l'Union internationale de conservation de la nature (UICN). Ces derniers reprochent à EDF d'être un pollueur de cette zone française de la grande forêt sud-américaine, tout particulièrement en procédant, d'ici à deux mois, à une mise en eau sans déboisement. Ce qui, précisent-ils, risque de compromettre la circulation hydraulique dans le bassin, puis, par décomposition lente des végétaux noyés, d'empoisonner l'atmosphère environnante et les eaux sortant du barrage, contribuant ainsi à étendre les nuisances sur la faune et la flore. Ce déboisement, EDF l'a refusé pour réduire de moitié le coût de l'ouvrage (environ 2,5 milliards de francs au lieu de 5 milliards).

Etant donné les risques encourus, des experts de l'UICN et d'un bureau d'études spécialisé dans l'écologie ont proposé un plan de déboisement partiel à mettre en œuvre sur trois ans, parallèlement à la mise en eau, et qui devrait remédier, en partie, aux nuisances. Ce plan sera-t-il accepté ? A l'heure où nous écrivons ces lignes, nous l'ignorons encore.

Les naturalistes et l'ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement

Trois cents kilomètres carrés de forêt guyanaise vont disparaître sous les eaux du barrage hydro-électrique de Petit Saut. Avec l'appui de *Science & Vie*, des botanistes vont tenter de sauver un certain nombre d'orchidées.

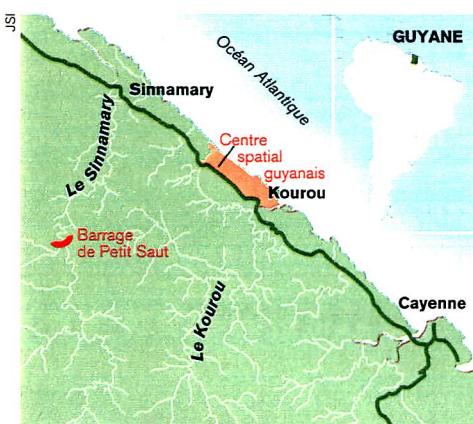
en coopération), par ailleurs, reprochent à EDF le côté dérisoire d'une opération de sauvetage des animaux condamnés sur le site. Réduite à une récupération au moyen de quelques bateaux et de filets, elle sera à peu près sans effet sur la mort des dizaines de milliers de spécimens de la faune peuplant la vallée du Sinnamary. Quant à la flore tropicale, fort riche dans la région et comptant très probablement des milliers d'espèces encore inconnues, il semble que personne n'ait engagé le moindre programme de collecte sur le site menacé.

C'est à la vue de ces faits que l'Association française culture et protection des orchidées (AFCPO), déjà connue des lecteurs (voir *Science & Vie* n° 907, p. 86), conçut début 1993 le projet d'intervenir sur le terrain qui est le sien, celui de la sauvegarde des orchidées. Car, dans ce fabuleux bassin du Sinnamary, elles sont nombreuses (principalement sous forme épiphyte). Parmi elles, quelques espèces sont encore mal connues, comme *Eriopsis spectrum*, et d'autres, très probablement, ne le sont pas du tout.

Présenté au début de l'été à *Science & Vie*, le projet nous a séduit et nous lui avons apporté notre

La forêt tropicale ne meurt pas seulement au Brésil

Pour fournir de l'électricité au Centre spatial guyanais, le barrage construit sur le Sinnamary va noyer dans ses eaux un pan de forêt inexploré. Le prix d'Ariane 5...





Sera-t-elle parmi les rescapées de Petit Saut ?

L'orchidée des cascades, *Paphinia cristata*, a besoin du voisinage de l'eau pour que s'épanouissent ses fleurs somptueuses, longues de 5 à 6 centimètres.

(1) Une seconde période de collecte, début 1994, devrait permettre de compléter la mission.

Mais l'AFCPO, qui supporte déjà la charge de la première campagne, recherche, pour assurer cette collecte, un complément de sponsoring de quelque 100 000 F.

soutien. Mis sur pied en quelques mois, le programme comporte une phase de recensement et de collecte de plantes et une phase de conservation. Le projet a été élaboré en tenant compte des conseils de scientifiques et d'experts de plusieurs organismes (conservatoires et jardins botaniques, Muséum, ORSTOM, ministère de l'Environnement...), ainsi qu'avec le concours de correspondants guyanais, comme la Société guyanaise d'orchidées – qui participera d'ailleurs au projet. EDF a par ailleurs accepté d'apporter son soutien logistique sur place.

La collecte (1) se fera dans des conditions scientifiques, c'est-à-dire que chaque plante sera numérotée, étiquetée, avec description de son biotope et repérage sur la carte. Chaque fois que cela sera possible, plusieurs spécimens d'une même espèce (connue ou inconnue) seront recueillis afin de permettre des multiplications ultérieures dans des conditions plus favorables à sa conservation.

La seconde phase, beaucoup plus complexe, devrait permettre la création du premier réseau français de conservation associant des conservatoires et jardins botaniques à des amateurs équipés pour assurer la culture des spécimens récoltés, et ce dans

des conditions conformes aux conclusions du 3^e Congrès international des jardins botaniques pour la conservation, qui a eu lieu en octobre 1992 à Rio de Janeiro. Il s'agira donc, pour les acteurs de ce réseau (plusieurs ont déjà donné leur accord) d'assurer un suivi rigoureux des conditions de vie *ex situ* des orchidées recueillies, dont on sait qu'elles figurent sur la liste des plantes en péril (toutes les orchidées sauvages, rappelons-le, sont protégées par la Convention de Washington concernant l'interdiction du commerce international des espèces menacées de la faune et de la flore sauvages). De même, les graines collectées (identifiées par le même numéro que celui de la plante qui lui a donné naissance) seront mises à la disposition des scientifiques et utilisées en culture *in vitro* dans le cadre d'un programme de multiplication d'espèces.

L'AFCPO se propose de coordonner ce réseau, notamment en centralisant annuellement les résultats, en les publiant et en assurant une liaison avec le BGCI (l'organisme international des jardins botaniques pour la conservation, dont le siège est à Kew Gardens, à Londres).

C'est finalement un projet ambitieux et de longue haleine auquel s'est attelé l'AFCPO. A l'heure où ces lignes seront publiées, son équipe et le représentant de *Science & Vie* arriveront à Sinnamary pour la première collecte. Nous ne manquerons pas d'en rendre compte dans un prochain numéro, ainsi que des conditions de répartition des plantes et de mise en place du réseau de conservation.

La fusée de Tintin

PAR GERMAIN CHAMBOST

Rien à voir avec le programme lunaire américain où une fusée Saturne, qui pesait 2 700 tonnes au décollage, plaçait un complexe de 120 tonnes en orbite autour de la Terre, d'où était envoyé vers la Lune un vaisseau Apollo, duquel se détachait enfin le LEM (Lunar Excursion Module) avec deux hommes à bord. Une partie du LEM était abandonnée sur le sol lunaire lorsque les astronautes regagnaient Apollo, qui les attendait en orbite pour les ramener vers nous. En fin de compte, c'était seulement une capsule de quelques tonnes qui amerrissait, suspendue à d'énormes parachutes. Tout le reste était perdu.

On en est encore très loin aujourd'hui de la fusée de Tintin, avec les lanceurs utilisés pour placer des satellites en orbite. Eux aussi sont sacrifiés à chaque tir. Une sorte de gigantesque gaspillage, si l'on raisonne en termes économiques. Mais un gaspillage qui tient aux lois de la physique. Pour atteindre la vitesse de satellisation (8 km/s), il faut disposer de quantités considérables d'ergols (carburant et comburant) contenus dans d'imposants réservoirs et utilisant des moteurs et des structures qui pèsent lourd.

C'est pour réduire cette "masse inerte" (réservoirs, structures et moteurs) que l'on construit des fusées à plusieurs étages – jusqu'à trois ou quatre –, chacun étant largué dès qu'il a rempli sa mission : communiquer à la fusée une vitesse suffisante. Le dernier étage se charge de placer le satellite en orbite. Les missiles militaires, eux, sont propulsés par des propergols solides, ce qui permet d'utiliser des structures en fibres composites, beaucoup plus légères. Leur indice constructif, c'est-à-dire le ratio entre la masse inerte et la masse des propergols, atteint cependant encore de 7 à 8 %. D'où le désir de le réduire encore. De ramener cette masse inerte à presque rien. Comme sur la fusée de Tintin.

Une idée que les Américains tentent aujourd'hui de concrétiser avec le programme *DC-X* (*Delta Clipper Experimental*) de la firme McDonnell Douglas. Il s'agit d'une fusée à étage unique capable de décoller à la verticale, de monter jusqu'à l'altitude de satellisation, de placer un satellite en orbite et de revenir se poser à la verticale, freinée par ses moteurs.

Les premiers essais, qui se déroulent depuis le

Les Américains sont peut-être en train de réaliser le rêve de Hergé. Ce rêve d'une fusée qui part de la Terre, va se poser sur la Lune et revient sur notre planète. Le tout sans rien abandonner en route.

début du mois d'août, semblent indiquer que les ingénieurs de McDonnell Douglas sont sur la bonne voie. Le *DC-X*, un modèle réduit au tiers de la future fusée opérationnelle, pèse 18,9 t au décollage et est propulsé par quatre moteurs cryotechniques (à hydrogène et oxygène liquides) qui développent environ 24,7 t de poussée. La particularité de ces moteurs, dérivés de ceux qui équipent la fusée – classique celle-là – *Atlas-Centaur*, est d'être à poussée modulable.

Grâce à la poussée modulable, on peut décoller à pleine puissance, faire du vol stationnaire à altitude constante – la poussée équilibrant la masse de la fusée –, puis revenir se poser en réglant au plus juste le taux de descente, autrement dit la vitesse verticale de l'engin. L'orientation variable des tuyères de chaque moteur permet, en outre, de contrôler la position de la fusée, de la maintenir parfaitement verticale, par exemple lors de l'atterrissement, ou de la faire basculer, lorsqu'elle effectuera, dans le futur, des missions orbitales. Quatre petites gouvernes aérodynamiques, des espèces de volets, comme sur un avion, sont conçues pour jouer le même rôle quand l'engin se trouve dans l'atmosphère.

Mais la véritable innovation du *Delta Clipper Experimental* réside dans sa structure allégée : elle est fabriquée en fibre de graphite et résine époxy, alors que, pour la structure des fusées classiques, on fait appel au métal, généralement des alliages d'aluminium ou de titane. Cela étant, le fuselage du *DC-X* ainsi réalisé est assez fragile. Lors du premier essai, le 18 août dernier, une partie du cône su-





Saut de puce

Le 18 août dernier, la fusée *Delta Clipper Experimental*, haute de 12,60 m, s'est élevée à 45 m, puis s'est déplacée latéralement de 105 m, avant de se poser à la verticale. Le vol a duré moins de soixante secondes. «Il a permis de démontrer que les systèmes de guidage et de pilotage fonctionnaient correctement», a déclaré Paul Klevatt, directeur du programme chez *McDonnell Douglas*.

ment infiniment plus bas que ceux des fusées classiques. Il convient donc de prendre ces calculs pour ce qu'ils sont : des estimations destinées à souligner l'intérêt qu'il y aurait à développer des lanceurs de ce type. Et d'attendre les essais ultérieurs.

Car les Américains demeurent très discrets sur la suite du programme, tout comme sur les caractéristiques exactes du lanceur qui succédera au *DC-X*. Ainsi, le retour sur terre, après mise en orbite d'un satellite, suppose que la nouvelle fusée rentre dans l'atmosphère. Le fera-t-elle en utilisant ses moteurs comme des rétrofusées fonctionnant en permanence depuis l'orbite, afin de ne pas avoir à se freiner par frottement avec les couches de l'atmosphère ? Cela supposerait qu'elle dispose d'une énorme quantité d'ergols, oxygène et hydrogène liquides, ce qui augmenterait d'autant sa masse au décollage. Si, au contraire, c'est la solution du freinage par frottement sur les couches denses de l'atmosphère qui est retenue, le *DC-X* devra être muni d'un bouclier thermique, comme une capsule *Apollo* ou *Soyouz*. D'où, là encore, augmentation substantielle de la masse. Car, on l'a vu lors du premier essai, la structure allégée est extrêmement fragile.

Seuls les vols orbitaux, s'ils ont lieu, apporteront une réponse aux problèmes de structure. Ce qui prendra du temps et de l'argent : au moins cinq ans, et deux milliards de dollars. Si, du moins, la *Ballistic Missile Defense Organisation* (ex-*Strategic Defense Initiative Organisation* chargée, en son temps, de mettre au point la «guerre des étoiles») obtient les crédits nécessaires, puisque c'est elle qui soutient le projet. Montrant bien ainsi, d'ailleurs, que ce sont d'abord les militaires qui s'y intéressent.

Il est également curieux de voir les responsables du programme justifier ce dernier non pas par son intérêt stratégique mais par des arguments économiques, qu'ils estiment sans doute plus à même de séduire les parlementaires américains. Ces arguments, en tout cas, ne paraissent guère convaincants aux industriels français de l'espace. Pour eux, les essais du *DC-X* effectués près du sol relèvent, pour l'instant, du simple gadget. Ce qui ne signifie pas pour autant qu'ils méconnaissent les enseignements et l'expérience ainsi acquis par les ingénieurs de *McDonnell Douglas*.

périeur a été endommagé, brûlé par de l'hydrogène enflammé. Toute la surface doit donc être recouverte d'un produit anti-feu. Car, lors des manœuvres d'atterrissement, le flux des moteurs ricoche sur le sol et enveloppe carrément l'engin.

Dans sa version définitive, le *DC-X* sera capable de mettre en orbite des charges de 9 t, au prix moyen, ont calculé des experts, de 1 100 à 2 200 dollars le kilogramme. Chiffres à mettre en balance avec ceux de la navette spatiale américaine, qui peut placer 25 tonnes en orbite, mais au prix moyen de 22 000 dollars au kilogramme (¹). Cela étant, il faut se souvenir qu'au moment du lancement du programme de la navette, des études économiques montraient que celle-ci aurait des coûts de lance-

(1) Prix comparable à celui d'Ariane : 100 millions de dollars pour mettre en orbite géostationnaire un satellite de 4,5 t.

L'avion du
au ras

A. Belaiev

PAR GERMAIN CHAMBOST

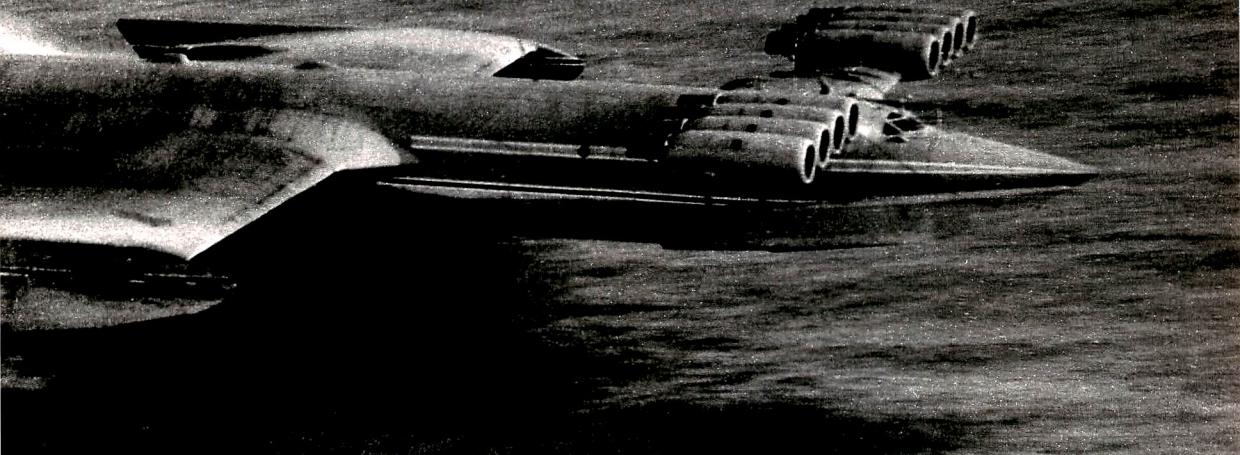
Les spécialistes des services de renseignements occidentaux l'avaient surnommé le "Monstre de la Caspienne". Les photographies prises par les avions-espions ou les satellites montraient, en effet, une sorte de mastodonte qui, vu de dessus, avait l'aspect d'un avion volant au ras de l'eau ou du sol, propulsé par huit réacteurs disposés à l'avant du fuselage. Personne n'avait encore rien observé de semblable. Mais aujourd'hui, avec la fin de la guerre froide et la dissolution de l'ex-URSS, les Russes lèvent le voile sur leurs recherches et leurs réalisations en ma-

tière de ce que l'on désigne sous le terme de "véhicule à effet de sol ou de surface", *ekranoplane* en russe. Un domaine dans lequel ils possèdent une avance incontestable sur les autres pays, et qu'ils aimeraient bien monnayer en mettant sur pied des *joint ventures* (des sociétés à risques partagés) pour construire ces fameux engins.

Pour comprendre comment fonctionne un véhicule à effet de sol, il faut se rappeler de quelle manière un avion vole, porté par ses ailes. Schématiquement, celles-ci ont un profil dissymétrique : bombé sur le dessus (que l'on appelle l'extrados), et plat sur le dessous (l'intrados). L'air qui s'écoule autour du profil doit donc parcourir une distance plus importante sur l'extrados que sur l'intrados ; sa vitesse est donc plus importante sur le dessus de l'aile. Or, selon un principe bien connu en mécanique des fluides,

XXI^e siècle volera de l'eau

Dans leur isolement, les Russes ont développé depuis une cinquantaine d'années des avions à effet de sol, explorant une voie technologique délaissée en Occident. Ils proposent maintenant leurs réalisations sur le marché mondial.



Le "Monstre de la Caspienne"

D'une masse de quelque 500 t, soit 2,5 fois plus qu'un Boeing 747, l'ekranoplane KM (ci-dessus) était propulsé par huit réacteurs disposés à l'avant et assez haut, à l'abri des embruns. Il a servi, quinze ans durant, de banc d'essai volant pour la mise au point de diverses technologies de conception et de construction d'une nombreuse famille d'avions à effet de sol.

quand la vitesse augmente, la pression diminue. Il se crée ainsi une dépression à l'extrados, qui "aspire" en quelque sorte l'aile vers le haut. Dans le même temps, une surpression se crée sur l'intrados, car le profil de l'aile n'est pas tout à fait parallèle au flux d'air, mais présente par rapport à celui-ci un petit angle, l'angle d'incidence ou l'angle d'attaque. C'est la combinaison de ces deux phénomènes, dépression

et surpression, qui fournit la portance.

Malheureusement, si l'aile "porte" l'avion, elle est également soumise aussi à une traînée qui la freine. Cette traînée provient, entre autres, du frottement de l'air sur le profil, ou encore des tourbillons qui se forment aux extrémités des ailes et qui ont pour effet de ralentir la progression. En effet, la surpression de l'intrados, en bout d'aile, provoque un reflux de l'air vers le haut, vers la dépression de l'extrados. C'est notamment pour lutter contre cette traînée que des ailettes appelées cloisons (en anglais *winglets*) sont parfois disposées au bout des ailes (comme sur les ailes de l'A 320). Mais le remède est très partiel.

Lorsqu'un avion vole très près du sol, ces tourbillons n'ont pas la place suffisante pour se former, ils sont inhibés. Cette cause de traînée disparaît donc. De plus, comme l'a vu, ►

suite de la page 103

vole avec un certain angle d'incidence, l'espace entre le sol et le bord de fuite (partie arrière de l'aile) est plus restreint qu'entre le sol et le bord d'attaque, à l'avant de l'aile. L'air dispose donc de moins d'espace pour s'écouler, il se "tasse" entre l'aile et le sol, augmentant la surpression à l'intrados. Pour fixer les idées, disons que l'effet de sol est tel qu'à masse totale égale, un véhicule qui utilise ce phénomène réclame pour voler cinq fois moins de puissance qu'un avion classique. Un gain énorme.

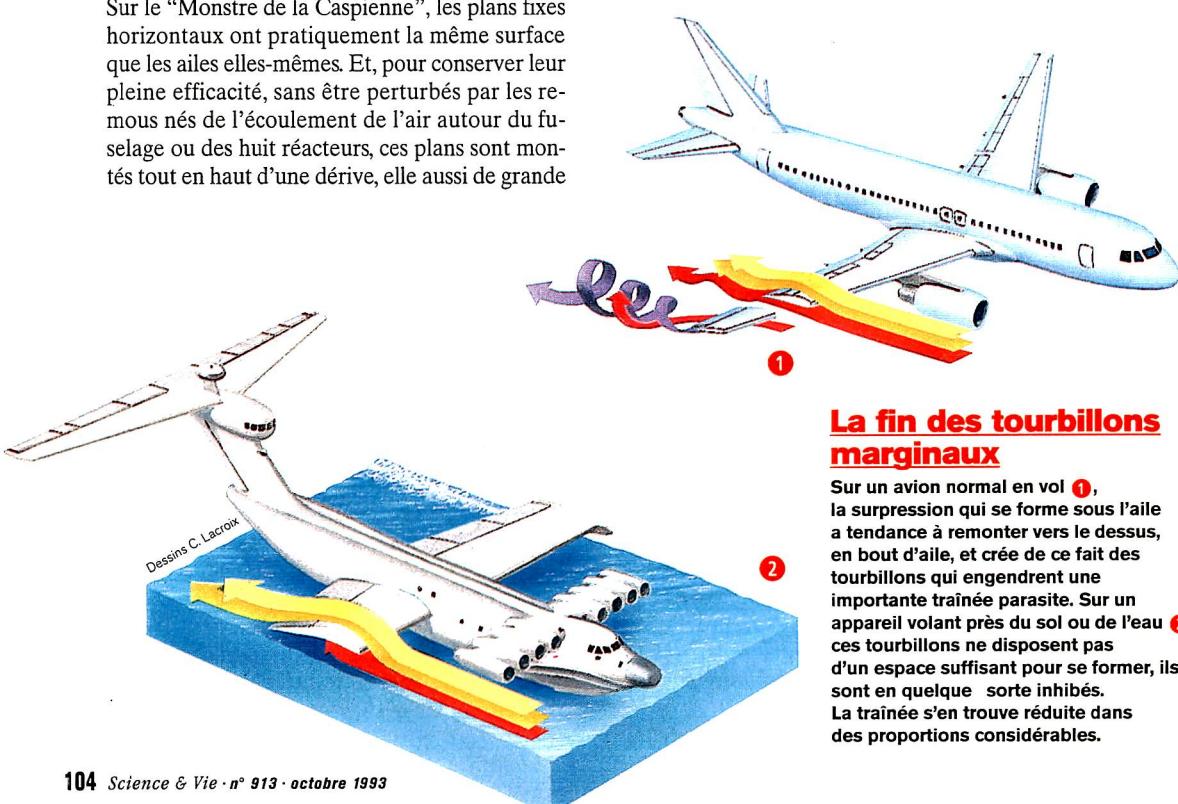
Le principe est séduisant, mais la réalisation se révèle difficile. Se pose tout d'abord un problème de stabilité de l'aile. Avec le "tassemement" qui se produit sous l'intrados, en effet de sol, le centre de poussée (point d'application de la portance sur une aile) a tendance à se décaler vers l'arrière (la surpression est, en effet, plus importante au fur et à mesure que l'on se rapproche du bord de fuite). L'aile présente donc une propension à "piquer du nez", alors que ce phénomène ne se manifeste absolument pas sur une aile en vol libre, hors effet de sol. Il faut donc compenser ce recul du centre de poussée. Par exemple, en disposant à l'arrière du véhicule des plans fixes horizontaux de grande dimension. Il s'agit de véritables petites ailes qui permettent de contrôler la stabilité longitudinale du véhicule. Sur le "Monstre de la Caspienne", les plans fixes horizontaux ont pratiquement la même surface que les ailes elles-mêmes. Et, pour conserver leur pleine efficacité, sans être perturbés par les remous nés de l'écoulement de l'air autour du fuselage ou des huit réacteurs, ces plans sont montés tout en haut d'une dérive, elle aussi de grande

dimension, qui assure la stabilité en direction. Une position qui a, en outre, l'avantage de mettre les plans horizontaux à l'abri des embruns.

Reste à faire décoller l'ensemble. La solution la plus simple, étant donné que l'engin était destiné surtout à se déplacer au-dessus de l'eau, consistait à adopter une coque d'hydravion. Un train d'atterrissement aurait constitué un poids inutile. Tel quel, l'*ekranoplane* que les Occidentaux avaient surnommé le "Monstre de la Caspienne", devait peser dans les 350 à 400 tonnes, selon leurs estimations (plus de 500 tonnes en fait...).

D'autres modèles, moins lourds, ont cependant vu le jour, mettant en application des innovations technologiques qui constituent le véritable savoir-faire des Russes. L'Orlionok (petit aigle) en est le meilleur exemple. Il s'agit, cette fois, d'un véhicule de 140 tonnes, propulsé par une turbine de 15 000 chevaux entraînant deux hélices contrarotatives (qui tournent en sens inverse l'une de l'autre). Cet ensemble propulsif est installé au sommet de la dérive, là encore à l'abri des embruns. Ou de la poussière si le véhicule se déplace au-dessus du sol.

Mais l'Orlionok est doté, en plus, de deux réacteurs placés dans le nez du véhicule et développant chacun plus de 10 tonnes de poussée. Leurs



La fin des tourbillons marginaux

Sur un avion normal en vol ①, la surpression qui se forme sous l'aile a tendance à remonter vers le dessus, en bout d'aile, et crée de ce fait des tourbillons qui engendrent une importante traînée parasite. Sur un appareil volant près du sol ou de l'eau ②, ces tourbillons ne disposent pas d'un espace suffisant pour se former, ils sont en quelque sorte inhibés. La traînée s'en trouve réduite dans des proportions considérables.



A. Belaev

Orlionok, la vedette

A ce jour, la réussite la plus achevée, semble-t-il, des véhicules à effet de sol réalisés par les Russes. L'Orlionok (petit aigle) incorpore en effet la technologie des réacteurs "souffleurs" à l'avant. Disposés de chaque côté du nez, ces réacteurs dirigent le flux des tuyères sous l'aile du véhicule, produisant une surpression qui provoque un décollage très rapide, d'autant qu'ils participent aussi à la propulsion. En régime de croisière, celle-ci n'est plus assurée que par le turbopropulseur à hélices contrarotatives placé au sommet de la dérive, la traînée étant très réduite en effet de sol (dessin ci-contre).

tuyères débouchent en avant des ailes. Pour le décollage, le flux d'air fourni par les réacteurs s'écoulant entre les ailes et la surface de l'eau, il fournit ainsi une sorte de coussin d'air qui aide le véhicule à se soulever de manière quasi immédiate. La formule est d'autant plus intéressante que la poussée des deux réacteurs participe à la propulsion. Les experts estiment, en effet, que 80 % de cette poussée se transforment en force propulsive qui s'additionne à celle fournie par les deux hélices contrarotatives. Lorsque l'Orlionok a atteint sa vitesse de croisière, les réacteurs peuvent être coupés, et le véhicule qui se déplace dans l'effet de sol n'est plus propulsé que

par les hélices. Pour l'atterrissement, ou plutôt l'amerrissage, on adopte la séquence inverse.

On l'a souligné, l'Orlionok marque une sorte d'achèvement dans la mise au point des véhicules à effet de sol par les Russes, ou plus exactement par les Soviétiques. Les considérations militaires ont été prépondérantes dans la conduite de ce genre de recherches. Et les études ont été financées, autant qu'on le sache, sur des crédits de la Défense, qui avait, dans la période soviétique, une priorité absolue. N'oublions pas non plus l'intérêt que présente ce type de véhicule pour le vaste pays de lacs, de rivières et de marais qu'est la Russie. Pour le Bureau central de construction de véhicules hydroplanes, sous la direction de Rostislav Evgenievich Alekseev, puis, à partir de 1980, après la mort de ce dernier, par Viktor Vasilievich Sokolov, il s'agissait d'abord de répondre aux demandes de la marine de guerre soviétique. Celle-ci réclamait, en effet, des engins de transport amphibiens capables d'emporter de lourdes charges, hommes, fret ou matériels, à des vitesses nettement supérieures à celles des bateaux.

En théorie, les solutions ne manquaient pas. Il existe, d'abord, les hydroptères, véhicules montés sur des sortes d'ailes immergées qui assurent la portance en glissant sur l'eau, l'ensemble de la coque restant hors de l'eau. Le gain de vitesse, étant donné que la traînée est

suite de la page 105

moindre par rapport à celle d'une coque immergée, se révèle intéressant. Mais on bute vite sur le phénomène de cavitation : au-delà de 55,60 noeuds (100 km/h), des bulles d'air se forment autour des profils "d'ailes" dans l'eau et diminuent le rendement de celles-ci ; il faut alors disposer de puissances très importantes pour vaincre la résistance de l'eau.

Existent aussi les véhicules à coussin d'air, où la sustentation au-dessus de la surface de l'eau est assurée par de l'air fourni au moyen de ventilateurs et dirigé vers le bas. Ces engins peuvent atteindre jusqu'à 100 noeuds (185 km/h), mais guère davantage, sous peine de mettre en péril leur stabilité : les effets combinés de la poussée vers le bas et de la vitesse d'avancement en rendent le contrôle très délicat. C'est pour éviter tous ces problèmes que les Soviétiques se sont tournés vers les véhicules à effet de sol.

L'effet de sol (ou de surface) avait été déjà présent, pourrait-on dire, par le Suédois Swadenberg il y a deux cent cinquante ans. Il préconisait de l'utiliser sur les bateaux. Ce n'est pourtant qu'en 1935 qu'un ingénieur finlandais, T. Karrio, parvint à réaliser la première aile à effet de sol. Il travailla sur le projet jusqu'à sa mort, en 1964. En Union soviétique, Sarabrijski, Bijachuev et Grokhovsky procédèrent à de nombreuses études théoriques durant la période de l'entre-deux-guerres. Mais c'est Alekseev qui, à partir des années soixante, allait enfin déboucher sur des réalisations concrètes. Non sans aléas ni accidents. Et l'idée d'un véhicule capable de se déplacer dans l'effet de sol, puis de voler normalement comme un avion, finit par se révéler irréalisable. On en revint donc à une conception plus simple et, au cours des années soixante-dix, une dizaine de véhicules expérimentaux furent construits, de plus

en plus gros et de plus en plus lourds. Jusqu'à 540 t de masse totale, pour une longueur supérieure à 100 m et une envergure d'aile de quelque 40 m pour le modèle baptisé KM. Celui-ci fut utilisé, quinze années durant, comme banc d'essai volant pour la mise au point de diverses technologies de conception et de construction. Avec, entre autres, la réalisation de l'Orlionok, mentionné plus haut, capable de transporter quelque 20 t de fret (la partie avant s'ouvre pour faciliter le chargement de la soute), à 215 noeuds (400 km/h) de vitesse de croisière et sur des distances de 1 500 km.

De plus, les essais ont montré que l'Orlionok s'accommodait parfaitement d'une mer agitée et opérait normalement avec des creux de deux mètres. Et qu'il était capable d'être mis en œuvre à partir de l'eau ou du sol (pourvu que ce dernier fût assez plat), caractéristique qui satisfaisait les militaires, lesquels réclamaient, on s'en souvient, un engin amphibie pour leurs opérations. L'Orlionok était d'ailleurs équipé de tourelles de mitrailleuses.

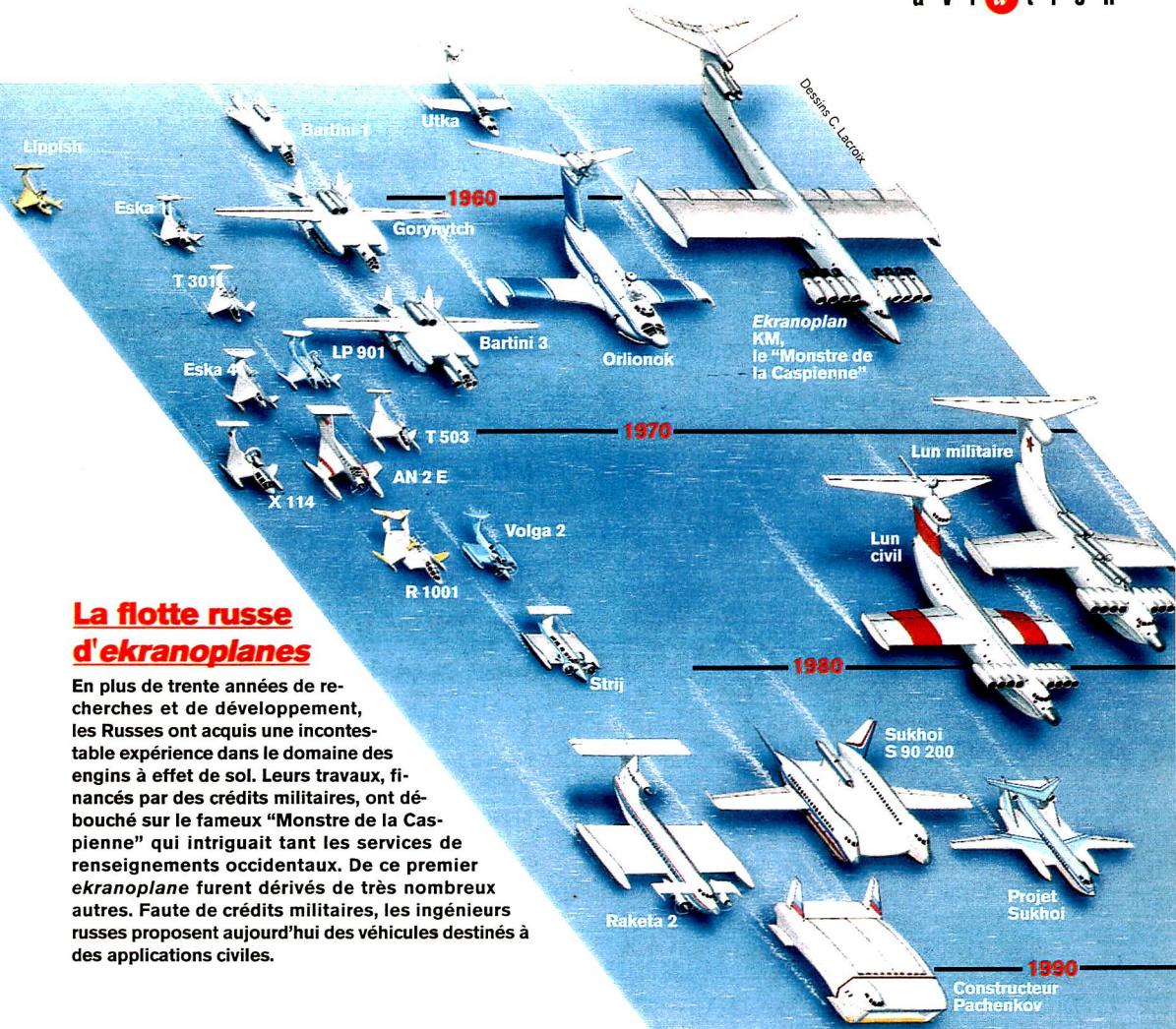
On le sait aujourd'hui, les Russes travaillent actuellement à la réalisation d'un nouvel engin dans l'usine de montage appartenant au Bureau central de construction de véhicules hydroplanes, à Nijni Novgorod. Il s'agit d'un appareil d'une masse totale au décollage de 400 t, propulsé par huit réacteurs. Destiné initialement à la marine soviétique, qui n'en veut plus, il cherche maintenant preneur. Selon les services secrets américains, le Lun, c'est son nom, était destiné à des missions côtières antinavires. Il peut emporter six missiles montés verticalement dans le fuselage. Mais le constructeur le verrait bien reconvertis dans le transport de passagers. Dans sa version civile, il est susceptible de transporter 400 personnes à une vitesse de croi-



Volga 2 : avion d'affaires ou de tourisme

D'une masse de 2,5 t, ce véhicule peut transporter neuf personnes. Mais certains modèles étudiés pourraient en transporter vingt-cinq. Particularité : le système de propulsion, composé de deux hélices au carénage muni de persiennes (volets orientables). En orientant le flux d'air créé par les hélices vers le dessous de l'aile, ces persiennes permettent de créer une surpression qui assure la sustentation du véhicule en même temps que sa propulsion.

A. Jigajev / TASS



La flotte russe d'ekranoplanes

En plus de trente années de recherches et de développement, les Russes ont acquis une incontestable expérience dans le domaine des engins à effet de sol. Leurs travaux, financés par des crédits militaires, ont débouché sur le fameux "Monstre de la Caspienne" qui intriguait tant les services de renseignements occidentaux. De ce premier *ekranoplane* furent dérivés de très nombreux autres. Faute de crédits militaires, les ingénieurs russes proposent aujourd'hui des véhicules destinés à des applications civiles.

sière avoisinant les 500 km/h, avec une distance franchissable de 3 000 km. Selon les responsables du Bureau central, lorsqu'il utilise l'effet de sol, le Lun croise au-dessus des flots à une "altitude" comprise entre un et quatre mètres.

La révélation de telles caractéristiques par les responsables russes vise évidemment à séduire et intéresser les Occidentaux, qui ne disposent pas des mêmes compétences en ce domaine. Compétences qui risquent d'être perdues si elles ne trouvent pas à se concrétiser, par exemple grâce à des capitaux étrangers. Aux Etats-Unis, une association s'est créée dans ce but. Implantée en Virginie, la Russian American Science Inc. tente de mettre en rapport les techniciens, les scientifiques et les commerciaux des deux pays pour promouvoir la technologie russe à l'Ouest. Des représentants de l'ARPA (Advanced Research Projects Agency) américaine se sont d'ailleurs

rendus récemment en Russie pour visiter les installations et se faire présenter les projets du Bureau central. Outre le Lun et l'Orlionok, ils verront, entre autres, une version réduite de ce dernier, baptisée Utka (canard), capable de transporter une vingtaine de passagers, ou encore le PE 201, version civile bi-place d'un appareil d'entraînement militaire.

Jusqu'au célèbre Sukhoi, concepteur des avions de combat bien connus, qui se lance lui aussi dans l'aventure des véhicules à effet de sol, avec son S-90-200. Cette fois, il s'agit d'un appareil prévu dès le départ pour une utilisation civile, avec une capacité d'emport de 210 ou 400 passagers, selon la configuration en plusieurs classes ou en classe unique. Comme le disent les Russes avec quelque fierté : «Le monde entier le reconnaît : nous possédons là les bases pour des véhicules de transport du XXI^e siècle...»

Un matériau qui supporte 10 000 °C

PAR ATTA OLOUMI

Inventeur amateur, Maurice Ward, sujet britannique, soixante et un ans, s'est trouvé propulsé au premier rang de l'actualité technologique en juillet dernier. Depuis 1985, ému par les 54 victimes d'un incendie à bord d'un avion charter à l'aéroport de Manchester, il recherchait un plastique présentant une bonne tenue au feu. Les morts de Manchester avaient été, en effet, causés par l'incendie des plastiques de l'avion. Quatre ans plus tard, en 1989, il mettait au point un produit résistant à la flamme d'un chalumeau sans dégager de fumée.

Ward annonce alors sa découverte, qu'il baptise Starlite (lumière d'étoile). Mais la nouvelle n'émeut pas grand monde, du moins au début. Difficile de prendre au sérieux un individu qui déclare avoir mis à peine trois mois pour réaliser un matériau que les meilleurs chimistes du monde n'ont jamais réussi à obtenir... Difficile, aussi, de l'accuser d'avoir plagié les acquis d'un quelconque laboratoire : Ward est un ancien garçon coiffeur. Ses allégations suscitent donc plutôt la méfiance. D'autant qu'il est extrêmement avare de précisions : son produit, se contente-t-il d'affirmer, est constitué d'un mélange de plastiques, de céramiques et de divers additifs.

Dans sa prudence jalouse, l'homme ne dépose même aucun brevet, car il lui faudrait alors divulguer la composition du produit. En effet, les dossiers des brevets étant accessibles au public, un copiste pourrait en mettre au point une variante en changeant quelques ingrédients. Pour plus de sécurité, il ne confie d'échantillon du matériau qu'à la stricte condition d'être présent en permanence et de récupérer son bien sitôt les expériences terminées.

Mais un composé qui résiste si bien au feu ne pouvait rester indéfiniment ignoré, surtout que les tests de vérification sont faciles à faire. Les militaires sont au premier rang des recherches qui portent, en particulier, sur le comportement des matériaux soumis aux lasers. C'est ainsi que l'Atomic Weapons Establishment, de Foulness, en Grande-

Stupeur des chimistes

spécialistes des polymères :

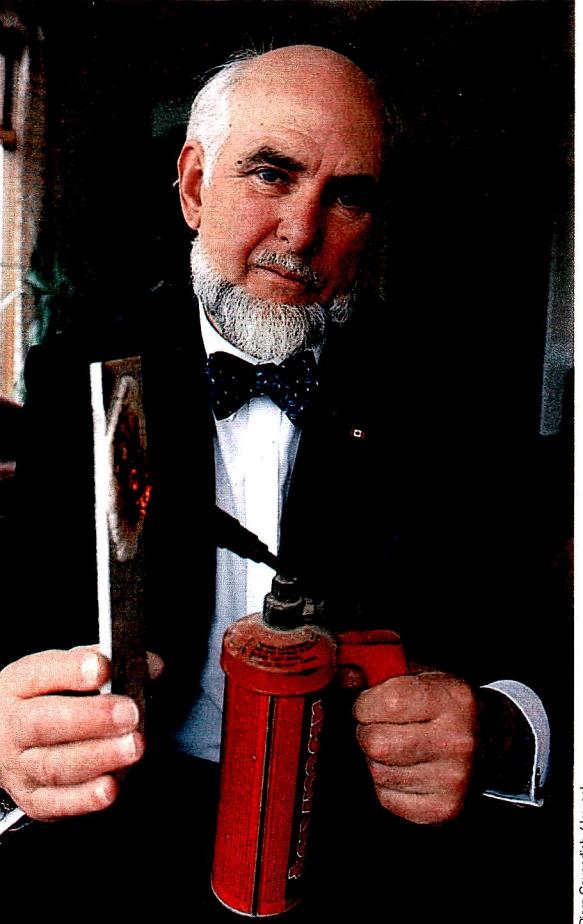
un bricoleur sans aucun bagage scientifique a mis au point un "plastique" dix fois plus résistant au feu que le plastique le plus thermorésistant..

Preuves expérimentales à l'appui.

Bretagne, a démontré à la télévision britannique les propriétés étonnantes du Starlite : un échantillon de ce matériau a résisté plus de deux minutes à un faisceau laser focalisé en point et produisant une température de 10 000 °C.

Protégé par un écran de Starlite, un œuf exposé à la flamme d'un chalumeau à acétylène, non seulement n'a pas été cuit, mais encore est resté frais au toucher. Par la suite, le Starlite a passé maintes épreuves de même teneur. Ainsi, un laboratoire industriel a constaté sa résistance à une torche à plasma, utilisée ordinairement pour la découpe de plusieurs centimètres d'acier. Mieux encore : une feuille de Starlite de 0,25 mm d'épaisseur a survécu à 75 simulations d'explosion atomique qui avaient vaporisé une plaque d'acier de 2 cm ! Conclusion : ce matériau est parfaitement ininflammable, et c'est aussi un étonnant isolant thermique.

Ward a fini par avoir, distinction appréciable, les hommages du *Jane's International Defense Review*, revue anglaise faisant référence en matière de haute technologie. Aujourd'hui, l'homme est assidu-



Piers Cavendish / Impact

Maurice, le coiffeur de génie et son mystérieux "plastique" qui trouble les experts

ment courtisé par les gouvernements et les firmes privées. Si les applications potentielles les plus immédiatement envisageables relèvent de la protection d'engins militaires (les satellites, par exemple), elles touchent aussi le civil : protection des cabines d'avions de ligne contre l'incendie, blindage des coffres de banque, ignifugation des puits de pétrole, renforcement du blindage des câbles et connecteurs électriques contre le feu. D'autant que l'un des problèmes des plastiques – que le Starlite vise à concurrencer – est le dégagement de fumées nocives lors de leur combustion. Ce nouveau matériau porte, en effet, à un point jusqu'ici inconnu l'un des avantages des plastiques hautes performances : la réduction maximale de la quantité de fumée毒ique émise en cas d'incendie.

Reste à émettre deux observations. D'abord, s'il est bien établi que le Starlite résiste à une température extrêmement élevée durant quelques minutes, on ignore ce que serait sa résistance à une température moindre, mais quand même importante, et durant un laps de temps plus long, ni sa tenue en

continu en température élevée. Ensuite, on ignore sa résistance mécanique à ces hautes températures. Avec le Starlite, pour s'en tenir aux informations à ce jour disponibles, il n'est pas question de température de fusion, mais de résistance à la haute température d'une flamme, ce qui n'est pas exactement la même chose. Par exemple, les engins spatiaux, comme la capsule *Apollo*, se protègent du fort échauffement causé par leur rentrée dans l'atmosphère (plus de 1 500 °C) à l'aide d'un bouclier dit ablatif. Celui-ci utilise non pas des matériaux très résistants à l'échauffement, mais au contraire une résine organique (phénolique ou époxyde) dont le point de fusion ne dépasse pas 150 °C et dont la surface, soumise à une très forte friction lors de la rentrée dans l'atmosphère, se vaporise instantanément. Le gaz ainsi formé fait tampon entre l'atmosphère et le matériau.

La résistance thermique du Starlite se réduit-elle alors à un tel phénomène d'ablation ? Il semblerait que non, puisqu'il n'y a pas d'émission de gaz au contact de la flamme. Cela indiquerait que le Starlite est majoritairement composé de minéral, le plastique ne servant vraisemblablement que de liant. Retenons, en tout cas, qu'un matériau peut être soumis à un flux extrême de chaleur (rentrée dans l'atmosphère pour un vaisseau spatial, laser ou torche à plasma en laboratoire) sans pour autant que sa température interne soit aussi élevée que celle du flux.

Quoi qu'il en soit, il est encore trop tôt pour annoncer une révolution technologique. Car les grands groupes chimiques se sont détournés depuis une dizaine d'années des plastiques dits à très hautes performances malgré leurs caractéristiques thermiques intéressantes. Leur difficulté de mise en œuvre et leur prix en sont les principales raisons. Or le point de fusion de ces matériaux est inférieur à 350 °C. Comment, alors, mouler ou extruder du Starlite ? A moins de l'utiliser sous forme de feuilles. Ou alors Ward nous réserve une innovation surprise en matière de mise en œuvre.

Il reste donc à en savoir plus sur le Starlite. Pour vérifier que sa résistance à la flamme, la seule que l'on a pu tester, se confirme dans le temps et, surtout, si ses propriétés mécaniques en font un matériau facile à mettre en œuvre, condition nécessaire à des applications intéressantes. Si Maurice Ward a dit vrai, s'il a bien bricolé son "plastique" avec les moyens du bord, on peut espérer que ce sera le cas.

En attendant, Ward déclare qu'il ne cédera son invention que s'il détient la majorité des parts dans toute entreprise qui exploiterait le Starlite, alors qu'on n'accorde généralement qu'un intérêssément de quelques pourcents sur les bénéfices.

micromécanique

Des machines invisibles à l'œil nu

Projecteur vidéo grand comme une puce informatique, pompe de refroidissement intégrée dans un composant électronique, et autre robot chirurgien naviguant dans les vaisseaux sanguins... la mécanique s'attaque à l'infiniment petit.

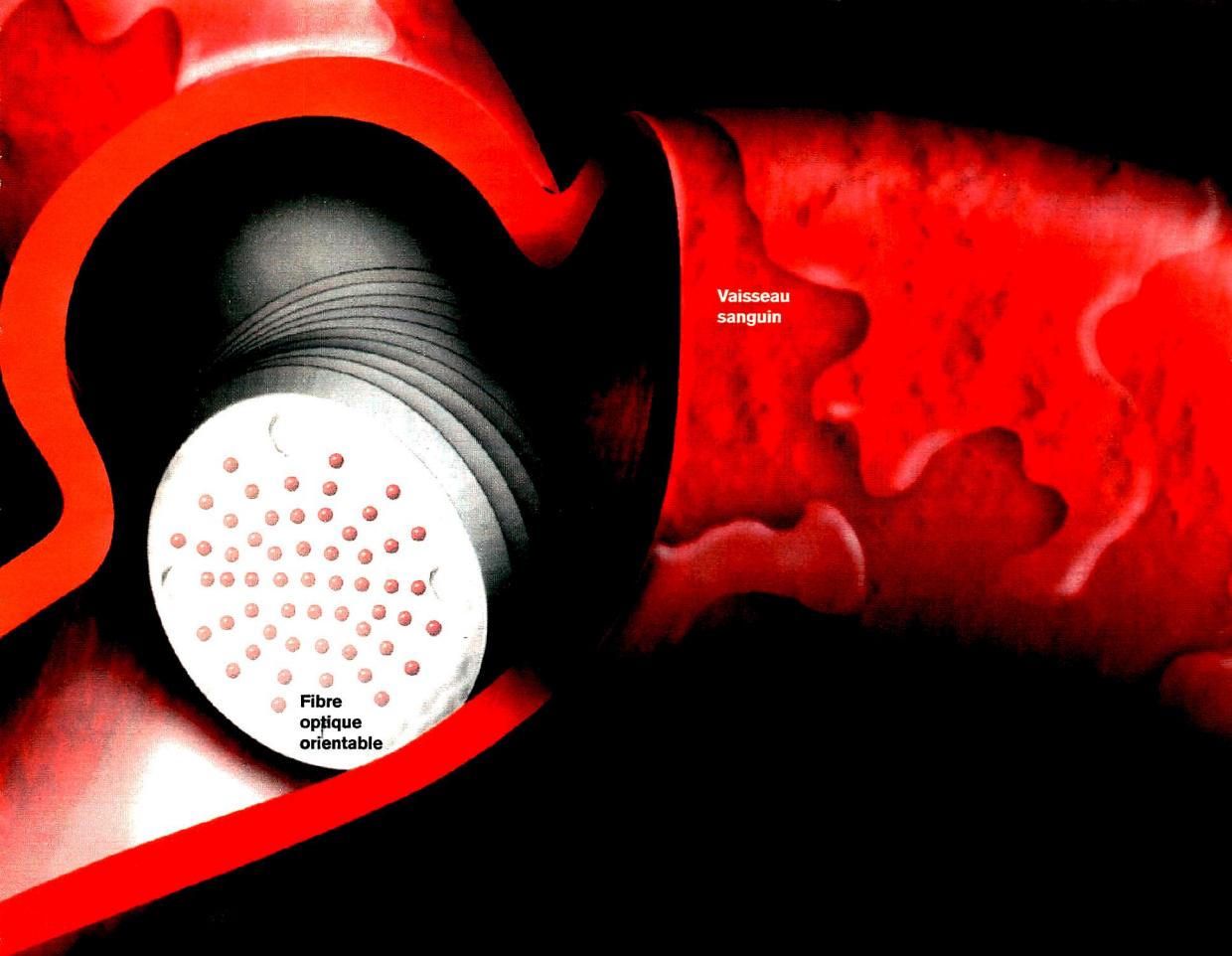
PAR ATTA OLOUMI
ET REMI SUSSAN

Mark Phillips/ISI



Un "sous-marin" pour opérer de l'intérieur

Une fibre optique guidée par le chirurgien "pousse" un micro-robot au plus près du point d'intervention, dans un vaisseau sanguin, par exemple. L'action, téléguidée, du robot-chirurgien est limitée : avancer, reculer, gratter. Mais elle est particulièrement efficace (par exemple, pour éliminer une plaque d'athérome). Rêve ou réalité ? En tout cas, la majorité des éléments décrits ici existent en laboratoire.



Quand l'infiniment petit gagne la mécanique, le rêve est au rendez-vous. Imaginez donc des moteurs électriques ou des vérins plus petits que le diamètre d'un cheveu ! Petits mais ingénieux. Et les applications actuelles ou potentielles de tels objets pullulent : accéléromètre intégré dès aujourd'hui dans les systèmes de sécurité Airbag, projecteur vidéo à base de micromiroirs ou encore, à un horizon plus lointain, un micro-robot chirurgien capable d'opérer le patient de l'intérieur même du corps.

Mais dans le catalogue à la Prévert des potentialités de l'infiniment petit, les amalgames sont fréquents. Il est en effet facile de confondre la micromécanique avec la nanotechnologie ou simplement avec la mécanique classique de petits objets, dite mécanique de précision. De la même manière, il faut encore distinguer la micromécanique de la microélectronique, même si toutes deux utilisent des techniques de fabrication similaires.

Reconnaitre quelles sont les applications effectivement tirées de la micromécanique n'est pas chose aisée. Il faut d'abord bien connaître

les spécificités de cette nouvelle technologie. Elles sont au nombre de deux : d'une part, des dispositifs dont la taille se limite à quelques dixièmes de millimètre ; d'autre part la possibilité d'une production de masse. Ce dernier point est essentiel. En effet, la micromécanique reprend les méthodes de fabrication de la microélectronique, à savoir l'usinage chimique, qui permet de fabriquer plusieurs centaines de composants micromécaniques à la fois, à l'image des centaines de circuits intégrés issus de chaque tranche de silicium.

Si la maîtrise de cette échelle de grandeur se fait parfois à titre expérimental, pour voir "jusqu'où on peut aller trop loin", une demande réelle se fait jour peu à peu. La plus fascinante, à long terme, est sans aucun doute un micro-robot chirurgien de moins de 1 mm de diamètre. Un tel robot, de quelques millimètres de long, injecté dans le corps, pourrait se faufiler sans traumatisme jusqu'au lieu de l'opération. Télé-commandé par un chirurgien, il découperait des tissus avec la précision la plus fine, délivrerait une substance active en un point donné de l'or-

suite de la page 111

ganisme, etc. En chirurgie, le mini engin pourrait être associé à des fibres optiques pour affiner et faciliter les interventions sous endoscope. Des exemples certes spéculatifs, mais les progrès sont si rapides que des premières expériences ont déjà été menées.

Pour sa part, l'industrie tire profit dès aujourd'hui des capteurs de pression et des accéléromètres. Ainsi, le déclenchement de certains Airbag est directement commandé par des capteurs d'accélération micromécaniques en silicium.

Il n'est donc pas abusif de dire que les microtechnologies sont bel et bien nées. Un autre exemple, aussi concret que fascinant, est dès aujourd'hui en phase de commercialisation. Il s'agit d'un projecteur vidéo haute définition, le DMD, mis au point par la société Texas Instruments. Pour quelques centaines de dollars seulement, l'appareil permet de projeter sur un très grand écran des images issues d'un magnétoscope ou d'un ordinateur.

Le principe du Digital Micromirror Display (DMD) de Texas Instruments est fort simple ; une image est créée à partir d'une matrice de 768 x 576 micromiroirs carrés recouverts d'aluminium et mesurant chacun 17 micromètres de côté. Chaque miroir réfléchit ou non la lumière suivant son inclinaison. L'ensemble forme un composant unique de 1,5 cm de côté et qui ressemble à un circuit intégré.

Le DMD est produit sur les mêmes chaînes de fabrication que les composants électroniques, suivant la technologie CMOS à 0,8 micromètre (autrement dit, celle utilisée pour les microprocesseurs). L'inclinaison de chaque micromiroir est commandée par des mémoires statiques qui créent un champ électrostatique attractif. Le basculement d'une position à l'autre se fait en moins de 10 millièmes de seconde (10 microsecondes).

Entre le blanc et le noir, toutes les nuances de gris sont restituées en laissant les micromiroirs plus ou moins longtemps dans une position ou une autre. Enfin, pour obtenir une image en couleurs, trois DMD sont éclairés par trois lampes, respectivement verte, bleue et rouge. Les trois images ainsi créées sont mélangées et projetées à travers une optique adaptée.

Le vidéoprojecteur DMD a fait la preuve de ses qualités lors des démonstrations, en matière de luminosité de l'image, de contraste et surtout de fréquence de rafraîchissement de l'image, c'est-à-dire du nombre d'images affichables par

seconde. Qui plus est, le taux de rejet (produits impropre à la commercialisation) est du même ordre de grandeur que celui des microprocesseurs, soit moins de 40 %. Rappelons que les chaînes de fabrication des écrans à cristaux liquides de grande taille ont un taux de rejet qui monte parfois à 90 %.

Le prix de revient du DMD se calque également sur celui des composants électroniques. Selon Texas Instruments, une première estimation place le prix de commercialisation en dessous de 100 dollars (moins de 600 F). C'est-à-dire que le système complet de projection vidéo ne devrait pas dépasser 500 dollars, dès la fin de 1994.

Enfin, dernier atout des DMD, les micromiroirs réfléchissent aussi bien la lumière visible que le proche ultraviolet et l'infrarouge (jusqu'à une



longueur d'onde de 20 micromètres). Les militaires sont particulièrement intéressés par cette dernière caractéristique, qui leur permettra de disposer de mires de réglage pour les systèmes infrarouge de guidage des missiles.

Un point technique délicat restait à résoudre avant une commercialisation, celui de la dissipation thermique. En effet, le DMD est illuminé par une lampe au xénon dont la puissance peut aller jusqu'à 1 000 watts, et le composant en absorbe un dixième. Il faut donc absolument que cette chaleur soit évacuée, sous peine d'endommager à terme les micromiroirs ou l'électronique de commande.

Pour cela, il n'est pas besoin de faire appel à un refroidissement liquide, un simple ventilateur suffit. Texas Instruments semble avoir surmonté ces difficultés, la durée de vie estimée d'un DMD étant actuellement de 10 ans. Un contrat avec la

DARPA, un organisme militaire américain, prévoit la mise au point de DMD haute définition de 2048 x 1152 pixels, dès 1995. Et dans moins d'une année, tout un chacun pourra disposer à domicile d'un écran de cinéma permettant de visualiser aussi bien les programmes de télévision que des cassettes vidéo.

Dans la pratique, on a constaté qu'un petit nombre de miroirs "lâchent" au bout de quelque temps. Pour une utilisation télé, cela passe inaperçu, l'image animée n'en souffre pas. En revanche, de telles défaillances, si minimes soient-elles, constituent des "trous" d'information qui peuvent être considérés comme rédhibitoires pour une utilisation des DMD comme écrans d'ordinateur.

Nous l'avons annoncé au début de cet article,

tout ce qui est miniature ne relève pas de la micromécanique. En fait, quatre grands domaines bien distincts sont concernés :

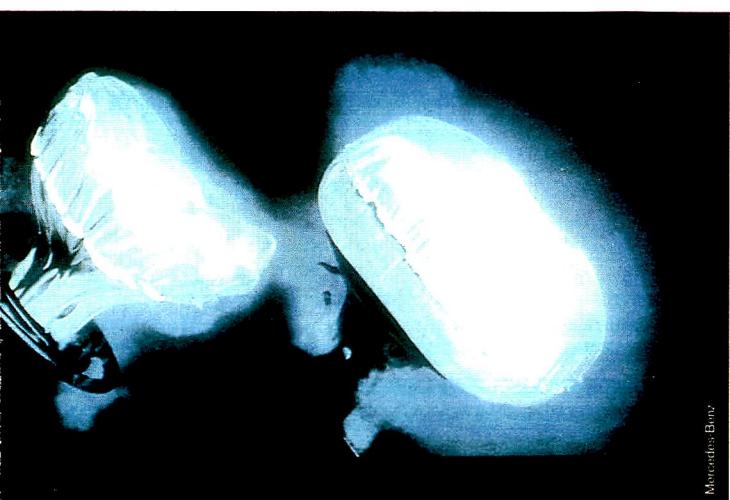
- la mécanique de précision (issue de la mécanique classique) ;
- le micro-usinage laser (permettant notamment le soudage de pièces de moins de un millimètre) ;
- la micromécanique proprement dite (qui reprend à son compte les méthodes de l'usinage chimique utilisé en microélectronique) ;
- et la nanotechnologie (permettant de manipuler directement les atomes).

La nanotechnologie est la plus extrême techniquement et scientifiquement. Son objectif est, ni plus ni moins, de manipuler des atomes un par un. Mais disons-le d'emblée : il n'est pas question d'y concevoir des mécanismes au sens ordinaire du terme, car, à cette échelle, les lois de la mécanique classique sont caduques ; on entre là dans le royaume de la mécanique quantique. La nanotechnologie travaille donc au niveau de la taille des molécules ; autrement dit dans un domaine où la notion de déplacement mécanique n'a plus de sens. Ce domaine, pour l'instant presque exclusivement scientifique, s'est développé depuis le milieu des années quatre-vingts avec l'avènement du microscope à effet tunnel.

Rappelons-en le mécanisme : la pointe d'une aiguille très fine sélectionne les atomes individuellement ; en appliquant un potentiel, il est possible de les arracher et de les déplacer. On atteint dès lors les limites de ce qu'autorise la physique théorique. Au centre de recherche Thomas J. Watson d'IBM, un projet vise à construire un télémanipulateur d'atomes grâce au microscope à effet tunnel, qui d'ailleurs est issu d'un laboratoire d'IBM en Suisse.

Cette gravure par microscope à effet tunnel, avec sa capacité d'intervention à quelques nanomètres près, n'a rien à voir avec la microtechnologie. La précision de cette dernière "n'est que" de l'ordre de 0.1 micromètre, soit 100 nanomètres. Cela relève tout de même de l'exploit, puisque les plus petits dispositifs construits par l'homme, les transistors, tiennent dans moins d'un micromètre carré. Dans le monde vivant, seuls les virus sont plus petits.

La mécanique de précision, pour sa part, n'est que la prolongation naturelle de techniques classiques d'usinage à l'aide de machines-outils très précises. Les pièces qui en découlent sont fabriquées à l'unité, et leur dimension caractéristique est de l'ordre du millimètre. Comme il faut



Mercedes-Benz

Dès l'instant du choc...

En cas d'accident, la décélération brutale due au choc est détectée par un microcapteur ① qui déclenche le gonflement instantané de l'Airbag ②. Ce coussin d'air évite alors que la tête et le thorax du conducteur ne s'écrasent contre le pare-brise et le volant.



suite de la page 113

un assemblage de pièces pour aboutir à un dispositif complet, la taille de ces derniers se comptera en centimètres. Ainsi, en mécanique de précision, on sait faire des moteurs électriques de moins de 1 cm de diamètre.

Moins "ésotérique" que la micromécanique, la mécanique de précision connaît déjà de nombreuses applications. Citons, à titre d'exemple, les réalisations de la société française STATICE spécialisée dans ce secteur : tête d'impression d'imprimante thermique, automate d'assemblage de fibres optiques dont le diamètre est le dixième de celui d'un cheveu ou micro-perceuse pour la microchirurgie.

Le micro-usinage laser se situe à la lisière entre la mécanique de précision et la micromécanique. En fait, les opérations qu'il permet de réaliser se réduisent au micro-soudage (sur des largeurs de quelques dizaines de micromètres) et au micropoinçonnage. Cette dernière technique consiste à faire des trous (de quelques dizaines de micromètres de diamètre) sur des tôles dont l'épaisseur ne dépasse pas quelques centaines de micromètres (dixièmes de millimètre). En alignant un grand nombre de trous jointifs, on obtient un découpage. Les clients du micro-usinage laser sont les fabricants de filières pour le textile, où le diamètre des fils est parfois de l'ordre de quelques dizaines de micromètres. Le cadre sur lequel reposent les centaines d'aiguilles extrêmement fines qui testent les composants électroniques, comme les microprocesseurs, fait également appel à la précision du laser. En un mot, cette technique est complémentaire des autres pour aboutir, par soudage et assemblage, à un dispositif complet.

La définition précise de ce qu'on

appelle la micromécanique implique celle de mouvement, déplacement linéaire, rotation ou amortissement. Sa méthode de fabrication dérive de celle de l'industrie microélectronique, donc de l'usinage chimique. Grâce à des produits corrosifs, on grave des motifs sur la surface d'une tranche de silicium. Celle-ci est d'abord recouverte d'une résine sensible à la lumière, qui est ensuite insolée par un faisceau lumineux à travers un masque portant les motifs que l'on désire graver. La partie exposée à la lumière réagit, ce qui permet de l'éliminer, laissant à découvert la surface à attaquer avec la substance corrosive. Avec ces deux opérations de base, masquage et gravure chimique, il devient possible d'usiner le silicium avec une précision de un micromètre, voire de un dixième de micromètre si le faisceau lumineux est remplacé par un faisceau de rayons X ou d'électrons.

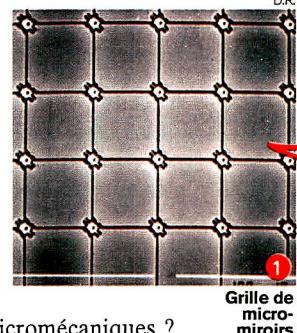
Le succès du silicium en microélectronique en a fait tout naturellement le matériau essentiel de la micromécanique, car il présente de nombreux avantages, le plus marquant étant qu'il permet de placer un système de commande électronique auprès du dispositif micromécanique. Par exemple, à l'ESIEE, des ingénieurs travaillent sur des capteurs d'accélération qui disposent d'une intelligence locale sous la forme d'un circuit intégré.

Des versions simplifiées trouveront une application grand public comme déclencheur de sac Airbag, déjà mentionné, le choc d'un accident étant de fait une importante décélération. Dans ce cas-là, que rapporterait le passage aux technologies micromécaniques ? Essentiellement une baisse des coûts de production qui rendraient cet accéléromètre accessible à une industrie de masse comme l'automobile.

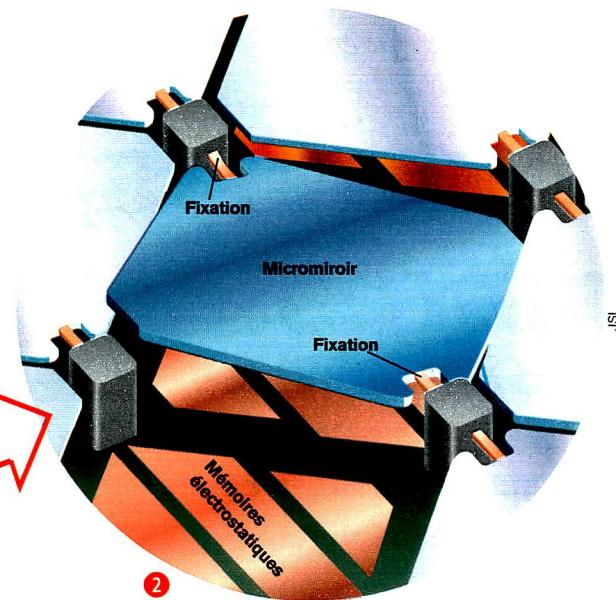
En effet, le capteur et l'électronique associés ne résultent plus de l'assemblage de composants divers, mais au contraire forment un bloc homogène qui se présente comme un circuit électronique. Or, une tranche de silicium peut comporter des centaines de ces circuits. Plus d'assemblage, donc, qui reste le poste le plus onéreux. Et il devient possible de fabriquer simultanément, sur une même tranche de silicium de 20 cm de diamètre, des centaines de dispositifs à la fois (qui seront ensuite découpés et montés dans les différents systèmes utilisateurs). On comprend ainsi que la micromécanique séduise tant les industriels en général et ceux de l'automobile en particulier.

Ce sont pour le moment les capteurs, ou plutôt des microcapteurs, qui dominent le champ des applications. Installés à l'intérieur de machines, par exemple des moteurs automobiles, ils les surveilleraient en permanence et dénonceraient les défaillances éventuelles, surtout celles des pièces mobiles. Sensibles à des grandeurs physiques telles que l'accélération ou la pression, ils possèdent d'ailleurs eux-mêmes une partie mobile.

Le premier dispositif de surveillance mécanique de ce type a été mis au point par Richard Muller, de l'université de Berkeley, en Californie. En gros, il peut se décrire ainsi : une tige de silicium de quelques micromètres de diamètre est suspendue au-dessus d'un trou creusé dans du silicium également. Quand une accélération se produit, la tige vibre et ses déplacements induisent une variation du signal électrique délivré par des résistances voisines.



Grille de miroirs



Un projecteur vidéo de 1,5 cm²

La lumière d'une lampe est réfléchie sur un écran géant par cette grille de 1,5 cm² ① composée de centaines de milliers de miroirs microscopiques mobiles. Chaque pixel de l'écran sera blanc, noir ou gris, selon la position instantanée du miroir qui lui correspond. Le basculement d'un micromiroir ② est commandé par des mémoires statiques diposées en-dessous, elles-mêmes pilotées par le signal vidéo. Avec trois grilles, éclairées par des lampes respectivement rouge, verte et bleue, on obtient des images en couleurs.

Autre application, déjà envisagée : des roulements à billes destinés à l'industrie automobile, intégrant un capteur qui renseigne sur la vitesse de rotation, et dont les dimensions infimes n'influent ni sur la taille ni sur le poids du roulement. Une nouvelle génération de freins ABS pourrait en résulter. Dans ce cas, il s'agit d'un capteur à effet Hall⁽¹⁾ utilisant la propriété qu'a le silicium de varier son champ électrique selon la température. Il ne contient pas, lui, de partie mobile.

La médecine devrait aussi bénéficier des microcapteurs. On en conçoit déjà des modèles capables d'enregistrer les variations de données biologiques (pression artérielle, glycémie, etc.) et de les transmettre à l'extérieur par signaux radio. Ainsi, un microcapteur situé dans la région du cœur détecterait les signaux annonciateurs d'une crise cardiaque et pourrait alerter à distance un ordinateur. D'autres organes pourraient également bénéficier d'une telle surveillance.

Il serait toutefois abusif de réduire la micromécanique aux seuls capteurs dont nous venons de parler, car on y étudie aussi les actionneurs, qui agissent, eux, sur leur environnement. On conçoit actuellement des micro-pompes chargées de diffuser un médicament en doses infinitésimales à proximité d'un organe. Des médicaments

(1) L'effet Hall peut se résumer ainsi : lorsqu'une plaque métallique véhicule un courant électrique et qu'elle est placée dans un champ magnétique perpendiculaire à la direction du courant, il se développe un champ électrique secondaire, perpendiculaire à la direction du courant. Ce champ, dit de Hall, est la résultante des forces exercées par le champ magnétique sur les électrons du courant.

pour l'instant inutilisables en raison de leurs effets secondaires sur les tissus sains, trouveraient ainsi une seconde chance. Parallèlement, les ingénieurs continuent d'étudier des micromécanismes mobiles, comme des micro-robots capables, par exemple, de désobstruer des artères bouchées par des plaques d'athérome et, pourquoi pas, de recoudre des tissus déchirés.

Muller, déjà cité, est également le créateur du premier micro-moteur en silicium, dont le diamètre n'excède guère 200 micromètres, soit à peine le double d'une section de cheveu. Le mouvement y est engendré par un champ électrostatique et non électromagnétique, comme dans les moteurs électriques classiques. A une telle échelle (la dizaine de microns), en effet, les forces électrostatiques surpassent les forces électromagnétiques. Mais ce n'est là qu'un prototype sans application en vue, car le couple d'un tel moteur est trop faible. Depuis, d'autres laboratoires se sont lancés dans la course au micro-moteur électrostatique. En France, deux organismes s'y essayent : le LAAS de Toulouse et l'ESIEE de Marne-la-Vallée. Le record de miniaturisation est actuellement détenu par l'« engin » de 50 micromètres de diamètre de la société japonaise NEC.

Dernières applications recensées : des têtes de lecture de disques durs et des puces intégrant une micro-pompe faisant circuler un fluide de refroidissement à l'intérieur même du circuit. Ces exemples, aussi prometteurs soient-ils, restent pour l'instant dans les limbes, car l'usure propre aux dispositifs micromécaniques réduit leur durée de vie, ce qui est incompatible avec ce type d'utilisation.

S'il ne fallait retenir qu'une application, ce serait celle du micro-robot chirurgien déjà décrit. Pourtant, même dans ce domaine, et en particulier pour l'endoscopie, un concurrent existe : la fibre optique. Un département de l'université de Tokyo vient de présenter un prototype dont la source lumineuse est utilisée pour orienter le bout de l'endoscope. Le principe est simple : une impulsion lumineuse transmise par une fibre optique aboutit à une fibre de carbone qui s'échauffe et dilate de ce fait une substance thermosensible placée au-dessus. Plusieurs fibres parallèles sont munies de ce dispositif. En sollicitant certaines de ces fibres préférentiellement, on obtient un allongement sur un seul côté et donc une courbure de la fibre (voir dessin p. 110).

La micromécanique ne manque donc pas de concurrents. Si elle doit s'imposer sur le marché, ce sera surtout grâce à ses méthodes de fabrication de masse et donc à faible coût.

Mini-calculatrices, maxi-nombres

PAR RENAUD DE LA TAILLE

Entre Marignan 1515 et les règles d'accord du participe passé, il reste une place à part dans les souvenirs d'école pour $\pi = 3,1416$. Un nombre qu'on retient sans peine, assez court pour ne pas prendre trop de place sur une feuille de calculs, et assez long pour donner un parfum de précision à la copie rendue. Ce nombre π , qui exprime le rapport entre la longueur d'un cercle et celle de son diamètre, se retrouve partout en mathématiques, depuis le cours élémentaire jusqu'à la théorie des fonctions elliptiques.

Arrivé à ce niveau, on sait d'ailleurs que π ne vaut pas vraiment 3,1416 mais plutôt 3,141 593, ou mieux même 3,141 592 654, qui n'en est pourtant encore qu'une valeur approchée. En fait, il n'y a pas de commune mesure simple entre la longueur d'une courbe et celle d'une droite, et les décimales de π ne s'arrêtent jamais. Ce nombre étrange, qui intervient chaque fois qu'on passe de ce qui est droit à ce qui est courbe, s'étire jusqu'à l'infini.

Il est alors fascinant de dérouler les premières lignes de cet infini et de voir étalé devant soi les centaines de chiffres qui ne sont que le commencement d'un nombre illimité. Et pour cela, une simple calculatrice de poche suffit ; nul besoin d'un ordinateur géant ni d'un programme d'une haute complexité : les quatre opérations, répétées dans le bon ordre, mèneront de manière infaillible au résultat. Une petite machine programmable qui tient à l'aise dans une poche de veste peut, si elle est bien guidée, aligner des centaines et des centaines de chiffres les uns après les autres.

La chose peut sembler surprenante quand on sait que l'écran de ces calculatrices n'affiche que de 10 à 12 chiffres, mais la machine possède des dizaines de mémoires capables de garder, chacune, les 10 à 12 chiffres qu'on affichera tour à tour. En fait, elle peut retenir

**Qu'on puisse évaluer
avec une calculatrice
qui tient dans la poche
les 700 décimales
du nombre π qui décorent
la salle de mathématiques
du Palais de la
découverte tient du prodige.
Un prodige d'autant
plus méritoire que la toute
petite machine ne
mettra pas vingt ans pour
donner le résultat,
et surtout ne commettra
pas la moindre erreur.**

sans aucun mal jusqu'à 1 000 chiffres, par tranches de 5 à 10 chiffres selon la méthode de calcul utilisée. Pour suivre cette méthode, qui concerne les machines programmables genre Hewlett-Packard 28 et 48, Texas 85, Sharp EL 9300 ou Casio Fx 8800 – nous ne considérons ici que les machines qui tiennent réellement dans une poche de veste ordinaire –, il faut d'abord voir comment on peut calculer une constante mathématique qui n'a pas d'expression arithmétique simple.

Entendons par là qu'on a prouvé que π ne pouvait se mettre sous forme d'une fraction, ni d'une racine carrée ou cubique, ni même d'une combinaison de racines et de fractions. Mais, à partir de 1700, l'invention du calcul différentiel par Leibniz



Les quatre as du calcul

Texas Instruments, Hewlett-Packard, Sharp et Casio sont les seules firmes à présenter de toutes petites machines capables de se lancer à l'assaut des très grands nombres.

puis celle des développements en série par Taylor allaient permettre d'exprimer π sous forme d'une série, c'est-à-dire d'une somme de termes dont chacun peut être calculé avec les quatre opérations, addition, soustraction, multiplication et division.

La plus simple de ces séries est alternée : $\pi/4 = 1 - 1/3 + 1/5 - 1/7 + \dots$ Elle n'offre que peu d'intérêt car, si on veut calculer π avec seulement quatre décimales, il faut aller au-delà de 1/100 001, ce qui représente 50 000 termes à calculer pour arriver à 3,1416 alors que la méthode géométrique des polygones inscrits avait déjà permis de connaître cette valeur il y a plus de mille ans.

Heureusement, il existe des séries qui convergent beaucoup plus rapidement, c'est-à-dire qui donnent une bonne précision avec quelques dizaines de termes seulement. Ces séries sont tirées des fonctions trigonométriques $\arcsin(x)$ et surtout $\arctg(x)$, domaine sur lequel nous ne nous étendrons point car il

nous obligerait à faire un cours d'analyse qui nous sortirait du sujet. Nous en retiendrons seulement que ces développements en série des fonctions trigonométriques permettent de calculer π avec toute la précision voulue.

Cela n'enlève d'ailleurs rien à la difficulté de la tâche car, même si la série ne comporte que quelques dizaines ou quelques centaines de termes, chacun d'eux doit être calculé avec la même précision que le résultat final. A la main, c'était là un travail presque insurmontable, car une seule erreur sur une seule opération suffisait à donner un résultat faux. Or, si l'on veut π avec 100 décimales, il va falloir faire des divisions avec un quotient de 100 chiffres, et cela sans se tromper... ▶

suite de la page 117

Mais la passion des grands nombres est telle que, vers 1800, plusieurs calculateurs pouvaient donner π avec 140 décimales sûres. En 1844, un Viennois en calculait 205, mais la légende voudrait qu'il ait confié toutes les opérations à un calculateur prodige de seize ans qui mit deux mois à faire le travail, ce qui effectivement relevait bien du prodige : les autres mettaient des années.

Le record du calcul manuel fut

l'œuvre de l'anglais W. Shanks : 707 décimales qui figurent toujours dans la rotonde du Palais de la découverte (voir photo page ci-contre). Un détail qui a son importance : Shanks commença les calculs en 1855 et publia les résultats en 1874. Il lui avait donc fallu près de vingt ans et, chose ennuyeuse, il s'était trompé à partir de la 528^e décimale. Mais cela, on ne s'en aperçut qu'en 1948 quand on demanda au premier ordinateur à lampes triodes de faire le calcul avec 1 000 chiffres.

C'était là un test judicieux, car il met en jeu de manière répétitive les opérations logiques qui sont à la base du calcul électrique, et on connaît déjà avec sûreté plus de 300 chiffres de π . Si le résultat n'avait pas concordé avec les chiffres connus, on aurait eu d'emblée la certitude d'une défaillance propre à la machine. De fait, toute calculatrice opère à partir d'une myriade de circuits électroniques élémentaires dits portes logiques – et, ou, ou exclusif, (celui du "fromage ou dessert" au bistro du coin) – inverseurs (non-*et*, non-*ou*), bascules, registres à décalage et compteurs.

A partir du moment où la séquence d'utilisation de ces portes logiques est mathématiquement juste, toute erreur de calcul ne peut venir que d'un défaut affectant justement l'enchaînement de telle porte avec telle bascule ou de tel compteur affecté à tel registre. Tout programme répétant des milliers et des milliers de fois une longue suite d'opérations élémentaires a beaucoup plus de chances de révéler une défaillance ou une panne aléatoire qu'un programme d'apparence plus complexe mais n'utilisant que quelques dizaines de fois un ensemble plus vaste d'opérations plus simples.

Aussi est-ce devenu un test classique (parmi d'autres), lors de la mise en service d'un nouvel ordinateur, que de lui faire calculer π avec des millions de décimales (un milliard aujourd'hui) ou le plus grand nombre premier. Nous n'irons pas si loin avec les calculatrices de poche, tout en notant que leurs capacités scientifiques et graphiques sont maintenant si élevées qu'elles constituent aujourd'hui un véritable modélisme de l'informatique.

Le calcul de π va plutôt mettre en jeu leur capacité mémoire et leur vitesse d'exécution.

En effet, contrairement à une opinion souvent répandue, le calcul électrique n'est pas instantané. Il va sans doute beaucoup plus vite que les cames et les engrenages des additionneuses mécaniques qui l'ont précédé, mais il n'a rien d'immatériel pour autant : chaque opération électrique demande de déplacer des électrons dont la masse n'est pas nulle et qui, de ce fait, mettent un certain temps pour circuler dans un semiconducteur.

Ce certain temps a beau être bref, répété des milliers et des milliers de fois, il finit par être long. Il y a treize ans, quand nous avions rédigé une étude similaire concernant les machines de l'époque, la Hewlett-Packard 41, alors la plus performante, mettait neuf jours pour calculer π avec 1 000 chiffres. Les calculatrices actuelles vont de vingt à cinquante fois plus vite, ce qui constitue un gain tout à fait remarquable si l'on veut bien se rappeler que les ingénieurs qui conçoivent les microprocesseurs considèrent déjà comme un grand succès d'arriver à doubler la vitesse de traitement d'un problème.

Cela étant, la méthode de calcul, dite en multiprécision, reste la même : elle consiste à décomposer un grand nombre en tranches de plus petit format qui seront traitées tour à tour. On ne procède d'ailleurs pas autrement quand on calcule à la main : pour additionner 357 et 254, on commence par faire 7 et 4 onze, je pose 1 et je retiens 1, 1 et 5 six et 5 onze, je pose 1 et je retiens 1, 1 et 3 quatre et 2 six. Résultat 611.

On traite donc les chiffres un par un pour la bonne raison qu'il deviendrait fastidieux de retenir les tables d'addition au delà de 9. A l'école, on apprend 5 et 7 douze, 5 et 8 treize, 5 et 9 quatorze et on s'arrête là. Mais rien n'empêcherait d'aller plus loin : 5 et 12 dix-sept... 5 et 87 quatre-vingt-douze, etc. Au lieu d'avoir neuf tables d'addition, de 1 à 9, on en aurait quatre-vingt-dix-neuf, de 1 à 99. Et pour faire la somme de 357 et 254, on ferait 57 et 54 cent onze, je pose 11 et je retiens 1, 1 et 3 quatre et 2 six. Le même procédé mènerait à traiter les chiffres 3 par 3, ou 5 par 5, ou 8 par 8, ce que justement sait faire la calculatrice.

De toute manière, on commence donc par décomposer les deux nombres à additionner en tranches de n chiffres (à la main $n = 1$) qui seront traitées d'un coup deux par deux, on garde une case mémoire pour la retenue et on passe aux deux tranches suivantes. Il en va de même pour la multiplication qui, à la main, se fait aussi par tranches de un seul chiffre. Multiplier 357 par 254, c'est faire 4 fois 7 vingt-huit, je pose 8, je retiens 2, etc.

Mais on peut aussi bien procéder en traitant

Photo Palais de la découverte



PI = 3,1415926535897932384626433832795028841971693993702770539217176293176752384674

VIÈTE WALLIS WEIERSTRASS - ABEL ABOUL-WÉFA AHMÈS ALBATANI ALKHOVARESMI AMPÈRE

$$\begin{aligned}
 & \text{carré des} \quad n+\frac{1}{2} = x + \frac{1}{2} + y + \frac{1}{2} - \frac{s-1}{2} \\
 & \text{de fausse} \quad \log^2 z_{n,2} = \frac{1}{2} \log_{p_1 p_2} (2 \pi n)^{s-1} \\
 & \quad - \frac{1}{2n} \left(\frac{x^2}{p_1} + \frac{y^2}{q_1} + \frac{z^2}{r_1} \right) \\
 & \quad - \frac{1}{2n} \left(\frac{x^2}{p_2} + \frac{y^2}{q_2} + \frac{z^2}{r_2} \right) + \dots \\
 & \quad \text{Méthode expér.} \\
 & \quad z_{n,2} = \frac{1}{\sqrt{2 \pi n}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x^2}{p_1} + \frac{y^2}{q_1} + \frac{z^2}{r_1} \right)} \\
 & \quad S = \frac{x^2 + y^2 + z^2}{2 \pi n} \\
 & \quad \text{et} \quad \Theta(\lambda) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\lambda e^{-t^2} dt
 \end{aligned}$$

Des besoins pratiques imposèrent aux hommes, dès les premiers âges, le COMPTE et la MESURE. Peut-être aussi, le goût de l'abstraction s'éveilla chez de précoces idéalistes qui disaient, en regardant leur main : un, deux, trois, quatre, cinq ; et qui, de l'observation du soleil et ...

707 chiffres en vingt ans de travail

Ces 707 décimales de π qui décorent la salle de mathématiques du Palais de la découverte, et que l'Anglais Shanks mit vingt ans à calculer à la main, sont aujourd'hui à la portée d'une petite machine qui tient dans la poche.

le multiplicateur comme un bloc et en décomposant le multiplicande en tranches de n chiffres ; par exemple $928 \ 357 \times 254$. On fait $357 \times 254 = 90 \ 678$, on garde les trois derniers chiffres 678 (puisque le multiplicande a été séparé en tranches de trois chiffres) et on retient 90, puis $928 \times 254 = 235 \ 712$ auxquels on ajoute la retenue 90 pour avoir 235 802. Le résultat est donc 235 802 678.

Le multiplicande aurait-il 1 000 chiffres que la méthode serait la même – mais on peut aussi bien opérer par tranches de 7 ou de 4 chiffres (tout dépend de la capacité d'une case mémoire de la machine) plutôt que par tranches de 3 chiffres. En revanche, les choses se compliquent si le multiplicateur est lui aussi un grand nombre à traiter tranche par tranche, ce que nous n'aurons pas à faire ici pour le calcul de π .

Le quotient d'un grand nombre par un diviseur ayant par exemple de 4 à 8 chiffres ne pose pas plus de problèmes et se rapproche de l'opération faite à la main : on sépare le grand nombre en tranches de n chiffres, on divise en bloc chaque tranche par le diviseur en gardant d'un côté le quotient entier et de l'autre le reste. On juxtapose à ce reste la tranche suivante et on reprend l'opération jusqu'à la dernière tranche dont le reste est cette fois abandonné. Retenons bien qu'on ne prend jamais en compte les virgules, que la calculatrice met automatiquement : on ne fait que des divisions euclidiennes avec reste et quotient entiers – ainsi $419/17$

donne «24 reste 11» et surtout pas 24,647 05...

Cette méthode de calcul en multiprécision s'applique à toutes les machines, même les plus rudimentaires “quatre opérations” qu'on trouve à moins de 50 F au supermarché local (mais il faut alors noter à la main toutes les retenues, restes et résultats intermédiaires). Cependant, elle n'est vraiment intéressante pour les longs calculs qu'avec les calculatrices programmables disposant d'un adressage indirect des mémoires – celles que nous avons citées plus haut possèdent cet adressage indirect, mais bien d'autres modèles l'ont aussi.

On va donc répartir le grand nombre par tranches de n chiffres sur les mémoires $R(1)$ à $R(x)$, ce n étant choisi de telle sorte que si m est le nombre de chiffres du multiplicateur, la somme $m + n$ soit au plus égale au nombre de chiffres que peut tenir une mémoire – en effet, un nombre de n chiffres multiplié par un nombre de m chiffres donne un nombre ayant soit $m + n$ chiffres, soit $m + n - 1$ chiffres. Comme on ne peut le savoir d'avance, on prend $m + n$.

suite de la page 119

Si cette mémoire, par exemple, peut garder un nombre de 12 chiffres et que le multiplicateur ait 4 chiffres, on sépare le multiplicande en tranches de 8 chiffres puisque $4 + 8 = 12$. Il en va de même pour la division, car le reste peut avoir autant de chiffres que le diviseur, et il doit être raccordé à la tranche suivante. Donc, avec des mémoires de 12 chiffres, si le diviseur a 5 chiffres, le nombre à diviser sera réparti en tranches de 7 chiffres.

Comme le même grand nombre doit être tour à tour multiplié et divisé, on gardera le format de tranche qui convient aux deux opérations – dans le cas que nous venons de citer, il faudra se limiter à des tranches de 7 chiffres. Il faut absolument prendre garde à ce qu'aucun résultat intermédiaire ne déborde la capacité d'une mémoire, faute de quoi on va perdre un chiffre et tout le résultat sera faux, même si ce dépassement ne survient qu'une seule fois.

Tout ceci peut paraître un peu ardu, mais, en quelques heures d'essai sur une machine programmable, tout amateur un peu épris de calcul aura maîtrisé la technique. Le seul problème vient des retenues, genre «4 fois 7 vingt-huit, je pose 8 et je retiens 2», car la machine ne pose ni ne retient rien d'emblée : elle garde 28 et c'est tout. Il faut donc diviser ce résultat par 10 pour avoir 2,8 et mettre la retenue 2 (partie entière du nombre) en mémoire avant de l'utiliser pour la tranche suivante, puis remultiplier 0,8 (partie fractionnaire) par 10 pour retrouver 8 qu'on garde dans la tranche correspondante.

Bien entendu, quand on travaille par groupes de 3, 4, ..., 8 chiffres, on divise puis remultiplie non par 10 mais par 1 000, 10 000 ou 100 000 000 – ou, pour parler la langue des calculatrices, par 1EEX3 (ou 1EX3, ou 1E3, tout dépend du code clavier) ou 1EEX8. A notre connaissance, il n'y a pas d'autre moyen de séparer un nombre en deux groupes de taille voulue sur les calculatrices de poche – mais reconnaissons volontiers que nous ne savons pas tout et qu'un de nos lecteurs connaîtra peut-être un système moins fastidieux.

Avec ce procédé de calcul en multiprécision qui n'est, redisons-le, qu'une extension de la manière dont on opère à la main, la recherche de π (ou d'une autre constante mathématique comme e – base des logarithmes naturels – ou le nombre d' or) avec une multitude de décimales n'est plus qu'un jeu d'adresse arithmétique. De nombreux développements en série se prêtent à ce calcul, et nous avons ici retenu un des plus simples, celui de $\arcsin(x)$ pour $x = 1/2$.

Sans entrer dans le détail de ces développements que connaissent bien les étudiants en sciences, notons seulement que $\arcsin(1/2)$ vaut $\pi/3$. La série correspondante peut être traitée par la méthode de Hörner, qui consiste à mettre un po-

150 décimales de π en dix minutes

Le calcul de π , avec une machine programmable Hewlett-Packard 28 ou 48, fait appel à un court programme basé sur $\arcsin(1/2)$ mis en facteur par la méthode de Hörner ($\arcsin(1/2) = \pi/3$). Il ne comporte que deux boucles, une multiplication et une division, la constante 3 étant ajoutée après la division. Après avoir entré ce programme dans la machine (LAST sur la 28 devient LASTARG sur la 48), on commence par taper 10 (pour 10 décimales exactes) et on lance le calcul. Si on voit apparaître 314159 à l'affichage, c'est qu'il n'y a pas eu d'erreur de syntaxe en recopiant le programme et on peut le lancer après avoir tapé 150.

Au bout de huit minutes environ avec la HP 48 (dix avec la HP 28), la machine s'arrête et les 150 premiers chiffres de π apparaissent rangés 6 par 6 (s'il n'y en a que 5, c'est qu'il manque un zéro devant) de bas en haut dans les 25 registres de la pile. En dédoublant les deux boucles (x) et (/), ou en utilisant arctg(1), on peut mettre 8 chiffres par registre et monter jusqu'à 1 024 décimales, mais le temps de calcul avec la 28 serait de l'ordre de quatorze heures, ou de onze avec une 48. Le même algorithme, mais rédigé dans un langage différent, peut être utilisé sur les calculatrices Texas, Sharp et Casio.

```

* (25) 0 CON ARRY--> DROP 26 ROLL
  3 / IP 10 x --> nd
  * DO nd 1 - SQ 0 OVER
  1 25 START
    28 ROLL x + 1E6 / IP LAST FP
    1E6 x 3 ROLLD OVER
    NEXT
    ROT DROP2 nd DUP 1 + 4 x x SWAP
  1 25 START
    1E6 x ROT + OVER MOD
    LAST / IP 27 ROLLD
    NEXT
    DROP2 3E5 + nd 2 - 'nd' STO
    UNTIL nd 0 --
    END
  
```

lynôme de la forme $ax^n + bx^{n-1} + cx^{n-2} + \dots + k$ sous la forme $((\dots (ax + b)x + c)x + d)x + \dots)x + k$. Ainsi recomposée, la série $\arcsin(1/2)$ mène à une série récurrente de la forme $S = u_0 + u_1 + u_2 + \dots + u_n$ où $u_0 = 1$ et où $u_n = u_{n-1}(2n - 1)^2/8n(2n + 1)$.

Ceci se prête particulièrement bien au calcul en machine puisqu'à chaque tour il suffira d'ajouter 3 (puisque $\pi/3 = S$ d'où $\pi = 3S$), de multiplier par $(2n - 1)^2$ et de diviser par $8n(2n + 1)$. On remarque que pour n un peu grand (disons supérieur à 20) chaque terme vaut en gros le quart du précédent et on progresse donc assez vite – si l'on veut x déci-

La factorisation demande du temps

Mettre un nombre donné sous forme d'un produit de facteurs premiers élevés à une puissance n reste assez simple tant que ce nombre n'excède pas la capacité numérique d'un registre (12 chiffres pour les Hewlett-Packard).

Ce programme divise successivement le nombre donné par 2, 3, 5, 7, puis par des facteurs entiers qui ne sont multiples ni de 2, ni de 3, ni de 5.

Si le reste de la division est nul, le diviseur est gardé en mémoire. Le résultat est affiché sous la forme $a^x \cdot b^y \cdot c^z \dots$

Par exemple

$78\,099\,973 = 7^2 \cdot 23^3 \cdot 131$.

Si le nombre à factoriser n'est ni premier, ni carré d'un premier, la décomposition est rapide : de quelques

secondes à moins d'une minute. Dans le cas contraire, il faut dix secondes pour un nombre de six chiffres, une minute quarante-cinq secondes pour un nombre de huit chiffres, un peu plus d'un quart d'heure pour dix chiffres (HP 28) – alors que 8 975 645 687 est donné en quelques secondes comme 67.691.193871. Comme pour le calcul de π , cet algorithme est facile à transposer dans le langage propre aux Texas, Casio ou Sharp mais, quelle que soit la machine, le temps de calcul ne peut être vraiment réduit qu'en utilisant une méthode de décomposition plus puissante.

A vrai dire, notre but ici était de voir ce qu'on peut obtenir des machines actuelles en moins d'un quart d'heure. Le programme que nous proposons pour les Hewlett-Packard donne π avec 150 chiffres en 10 minutes sur une HP 28, ou en 8 minutes sur une HP 48 qui va un peu plus vite (voir programme page ci-contre). Pour être juste, il aurait fallu faire de même avec une Texas, une Sharp et une Casio, puis comparer les temps. Mais chacune de ces machines ayant son propre langage de programmation, assez voisin d'un langage machine, il est assez délicat de rédiger quatre programmes optimisés dans quatre langages différents.

Mais nous ne doutons pas que, comme ce fut le cas il y a treize ans, des amateurs nous proposent des programmes pour ces machines, ce qui nous permettra de voir non seulement quelle calculatrice est la plus rapide, mais aussi quel programme est le plus performant. On peut certainement faire mieux que ce que nous proposons, et, en fait, le challenge consiste à trouver le moyen de calculer 150 chiffres de π en moins de 10 minutes avec une Sharp, une Texas, une Casio ou une Hewlett-Packard – ou d'en calculer plus de 200 décimales en un quart d'heure.

Pour le plaisir, nous avons ajouté la décomposition en facteurs premiers d'un nombre quelconque (voir programme ci-contre) ; cette factorisation, autre test classique soumis aux grands ordinateurs, pose des problèmes de temps similaires. De ce fait, et pas plus qu'on ne demande à une maquette d'hélicoptère (qui vole pourtant aussi bien que son modèle réel) d'emporter une valise au fond du Massif central, on ne peut prétendre traiter des nombres de plus de 12 chiffres avec une calculatrice qui est, en quelque sorte, un modèle réduit de l'informatique taille standard.

Le temps de calcul devient en effet très long si, par hasard, le nombre testé est premier (tout nombre genre 17 ou 865 320 479 qui n'est divisible que par lui-même et par l'unité), ou carré d'un nombre premier comme, par exemple, 7 487 960 089. Toutefois, il existe des procédés de factorisation beaucoup plus affinés que celui utilisé ici, mais le programme deviendrait difficile à rédiger.

Pour être franc, l'étude des nombres premiers est un domaine fort complexe de l'arithmétique, alors que l'évaluation de π avec une masse de décimales apparaît vraiment élémentaire en comparaison. Que ces deux types de calcul puissent être entrepris avec un rendement tout à fait convenable sur des calculatrices de la taille d'un portefeuille prouvent que celles-ci ne sont nullement limitées aux problèmes que rencontrent les ingénieurs, mais permettent d'entrouvrir une porte qui donne sur l'infini mathématique.

```


* 1 x CLEAR
* + IF DUP2 MOD 0 ==
  THEN DUP 0 -> Fc Ex
  < DO
    Ex 1 + 'Ex' STO
    SWAP OVER / SWAP
    UNTIL DUP2 MOD 0 !=
    END 3 ROLL
    IF Ex 1 ==
    THEN Fc ->STR +
    ELSE Fc ->STR + " " + Ex ->STR +
    END " " + 3 ROLLD "
  END >
  -> Dvn < ** LAST
  1 Dvn EVAL 1 Dvn EVAL 2 Dvn EVAL 2 Dvn EVAL
  WHILE DUP2 SQ >
  REPEAT
  4 Dvn EVAL 2 Dvn EVAL 4 Dvn EVAL 2 Dvn EVAL
  4 Dvn EVAL 6 Dvn EVAL 2 Dvn EVAL 6 Dvn EVAL
  END
  DROP DUP IF 1 ==
  THEN DROP DUP SIZE 1 - 1 SWAP SUB
  ELSE ->STR +
  END >


```

males exactes, il suffit de calculer $1,7x$ termes.

Le temps de calcul étant vite fort long, nous avons choisi cette série parce qu'elle permet d'atteindre 150 décimales exactes avec seulement 250 termes, ce $n = 250$ permettant de ne pas déborder la capacité d'un registre mémoire de 12 chiffres lors des multiplications et divisions. Pour aller au delà de 150 décimales sans dépassement de capacité, il faut dédoubler les boucles d'opérations pour n'avoir que $4n$ au plus comme opérateur au lieu de $16n^2$, ou passer à un développement en série de $\text{arctg}(x)$.

Blanche-Neige et la fée numérique

PAR ROGER BELLONE

En 1987, les studios Walt Disney fêtaient le cinquantenaire de leur premier grand dessin animé en Technicolor, *Blanche-Neige et les Sept Nains*, sorti en 1938. A cette occasion, la célèbre firme lança un ambitieux projet de restauration et de conservation de la totalité de ses archives de grands classiques, tous en péril. C'est que ces films tournés avant 1950 l'avaient été sur pellicule en nitrate de cellulose, ou celluloïd. Ce support est hautement inflammable car constitué de substances proches de la nitroglycérine, qui se décomposent inexorablement sous l'action des vapeurs d'acide sulfurique résiduel qu'elles contiennent.

Un programme de restauration fut confié aux laboratoires YCM, qui disposaient à l'époque des moyens les plus perfectionnés. Si les résultats donnèrent satisfaction aux productions Walt Disney, qui purent éditer les films en vidéocassettes, ils furent loin de restituer aux images leurs caractéristiques originelles : de qualité très insuffisante, ces films ne pouvaient toujours pas être projetés en salle.

Ce n'est qu'après 1991 qu'un nouveau travail de restauration, cette fois de très haute précision, allait permettre une reconstitution parfaite de chaque œuvre. A cette date, Kodak venait d'annoncer la mise au point de Cinéon, un système de postproduction numérique à haute résolution. Constitué d'un scanner doté de trois analyseurs CCD de 4 096 points/image (respectivement pour les images du rouge, du vert et du bleu), d'un enregistreur, d'ordinateurs de traitement d'image et de leurs logiciels, Cinéon était une remarquable machine conçue pour le cinéma et la télévision à haute définition.

A peine ce système était-il développé, que Disney contacta Kodak. Un essai de restauration d'une minute de *Blanche-Neige et les Sept Nains* fut alors réalisé, en 1992, sur un prototype de Cinéon.

Premier dessin animé de long métrage réalisé voilà plus d'un demi-siècle, *Blanche-Neige et les Sept Nains* était condamné par autodestruction de sa pellicule en celluloïd.

Un système de postproduction numérique vient de permettre sa restauration jusque dans ses couleurs originelles.

Devant la qualité des résultats, Disney n'hésita pas. Il décida de la restauration totale du film. Ed Jones, directeur de la postproduction d'Industrial Light and Magic Co, aux Etats-Unis, qui obtint l'Oscar pour ses effets spéciaux dans *Qui veut la peau de Roger Rabbit ?*, en fut nommé directeur. A cette époque, en Californie, Kodak venait de créer Cinesite, un centre de postproduction numérique doté de Cinéon et mis à la disposition des professionnels du cinéma et de la télévision (¹). Ed Jones s'y installa. Il commença par visionner les 700 séquences et les 120 000 images de *Blanche-Neige*, opération qui lui demanda deux semaines.

La restauration proprement dite du film pouvait commencer. Pour en percevoir la complexité, il faut rappeler que *Blanche-Neige* fut tourné en Technicolor, procédé de cinéma en couleur qui, à l'époque, était très différent de l'actuel (voir encadré p. 124). Il faisait appel à trois pellicules en noir et blanc dont il fallait ensuite colorer et superposer les images sur les copies de projection. De plus, les prises de vues comportaient des imperfections. Les plaques de verre des plateaux des bancs d'animation des années trente retenaient souvent des poussières, qui étaient photographiées. Sur les films, elles donnaient finalement de petites étoiles jaunes, magenta et cyan dans les couches couleur. Si les projecteurs de l'époque, moins précis qu'aujourd'hui, s'accommodaient de ces imperfections, il a fallu les éliminer (de même que de multiples rayures) lors de la restauration. Pour ce faire, Kodak a développé

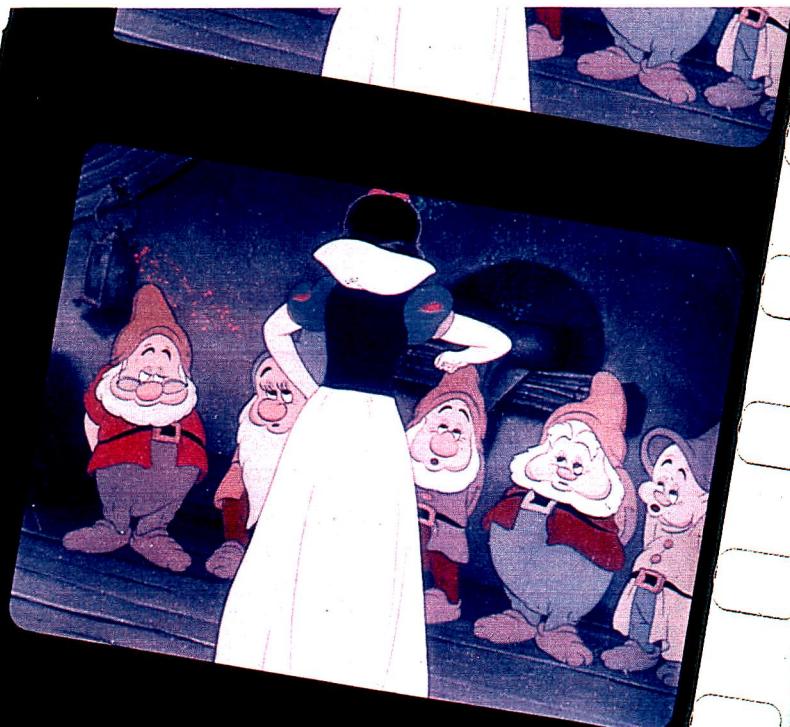
(¹) Le succès de ce premier centre de post-production numérique aux Etats-Unis a conduit Kodak à en créer un second à Londres, Cinesite-Europe, qui ouvrira le 18 octobre 1993.

8/135/15.



2

The Walt Disney Company



1

Rajeunie de 55 ans !

Sur cette copie d'époque (1938) de *Blanche-Neige et les 7 Nains* 1, un vieillissement inégal des 3 couches du Technicolor a fait basculer l'image vers le violet, des tensions dans la gélatine ont provoqué des micro-déchirures laissant apparaître des taches rouges et vertes. Tous ces défauts ont été éliminés par le traitement numérique, qui a restitué une image propre 2, avec les tons pastels d'origine.



BLANCHE-NEIGE : DU TECHNICOLOR VERSION 1930

Alors qu'en Europe, le cinéma en couleur faisait ses premiers pas avec des procédés comme le Kinemacolor (Angleterre, 1906) et le Gaumontcolor (France, 1912), aux Etats-Unis, il fallut attendre 1917 et le Technicolor. Conçu par D. F. Comstock et le directeur de la recherche de Technicolor Motion Picture, le Dr L. T. Troland, le procédé était alors bichrome, la pellicule comportant deux couches, une par face, l'une teintée en jaune, l'autre en vert. Il fut transformé en 1931 par le Dr Kalmers, président de la com-

pagnie, et devint ainsi trichrome, comme le sont tous les films en couleur actuels.

Mais ce Technicolor restait un procédé compliqué, car au tournage d'un film comme *Blanche-Neige et les Sept Nains*, il faisait appel à trois pellicules en noir et blanc défilant en synchronisme dans une caméra extrêmement encombrante. Cette caméra comportait, derrière l'objectif, un cube de verre constitué de prismes. Les faces de ces prismes permettaient de diviser le faisceau provenant de l'objectif de façon à avoir trois

images du sujet et à les projeter chacune sur l'un des trois films. Avant d'impressionner l'émulsion sensible, chaque faisceau traverse un filtre, respectivement bleu, vert et rouge, afin de sélectionner l'image de ces couleurs.

Pour obtenir une copie trichrome à partir de ces trois monochromes négatifs, trois matrices positives étaient tirées, présentant une image en relief après dépouillement de la gélatine. Ces matrices servaient ensuite à la confection des copies de projection par imbibition des reliefs avec

des colorants (jaune, magenta et cyan) et leur transfert sur un film de gélatine mordancée (un procédé assez comparable à une impression en trichromie).

Le Technicolor est toujours utilisé de nos jours, mais il a été considérablement simplifié après 1950 et n'est plus aujourd'hui qu'une technique de tirage. La lourde caméra a été abandonnée. Les tournages se font de façon classique, principalement sur film Eastmancolor négatif. Seules les copies de projection sont ensuite tirées en Technicolor.

suite de la page 122

un logiciel spécial pour son système Cinéon.

Les images ont été analysées au scanner puis numérisées à la vitesse d'environ une toutes les trois secondes. Chaque image a demandé 40 mégaoctets d'informations pour définir et manipuler en haute définition toutes les subtilités des couleurs, des contrastes, des détails et de la résolution.

De nombreux postes de traitement numérique en réseau furent nécessaires, et les informations furent véhiculées sur des réseaux Ethernet et par fibre optique pour augmenter la vitesse de transmission des données. L'énorme quantité d'informations ainsi gérées obligea à engager quarante personnes travaillant en 3 x 8. Celles-ci reçurent une formation d'adaptation qui les transforma en

“chasseurs de poussière” et en “retoucheurs électroniques”. Des postes spéciaux furent affectés à la correction des couleurs, à la réparation des films endommagés et aux altérations dues au vieillissement. En particulier, des vides importants sur certains films ont été comblés par recherche d'images sur d'autres films et traités par un logiciel de retouche adapté créé par Kodak.

Les images numériques traitées ont enfin été transférées sur un film couleur Eastman EXT 5244 à la fréquence d'une toutes les trois secondes, à l'aide d'un enregistreur laser Cinéon. Outil puissant, cet enregistreur assure une conversion image numérique/image analogique sur film avec une qualité égale à celle de la pellicule d'origine. Contrairement aux machines à tube cathodique, qui n'ont qu'une latitude d'exposition de sept diaphragmes entre les zones les plus claires et les plus sombres d'une image, l'enregistreur Cinéon va jusqu'à neuf diaphragmes, permettant donc de sauvegarder toutes les nuances de lumière des images originelles.

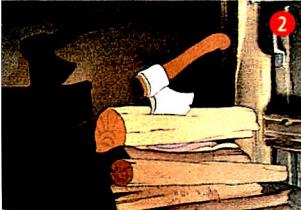
Durant les dix semaines qui furent nécessaires à la restauration de *Blanche-Neige*, 2 000 images furent traitées chaque jour, soit un volume de données de 15 millions de mégaoctets.

En définitive, cette restauration respecte l'authenticité de l'œuvre, y compris son format au rapport 4 : 3 entre la hauteur et la largeur de l'image projetée. Et les couleurs du film sont restituées dans les tons pastel très purs, typiques des dessins animés de Walt Disney et du Technicolor de l'époque. ■

The Walt Disney Company

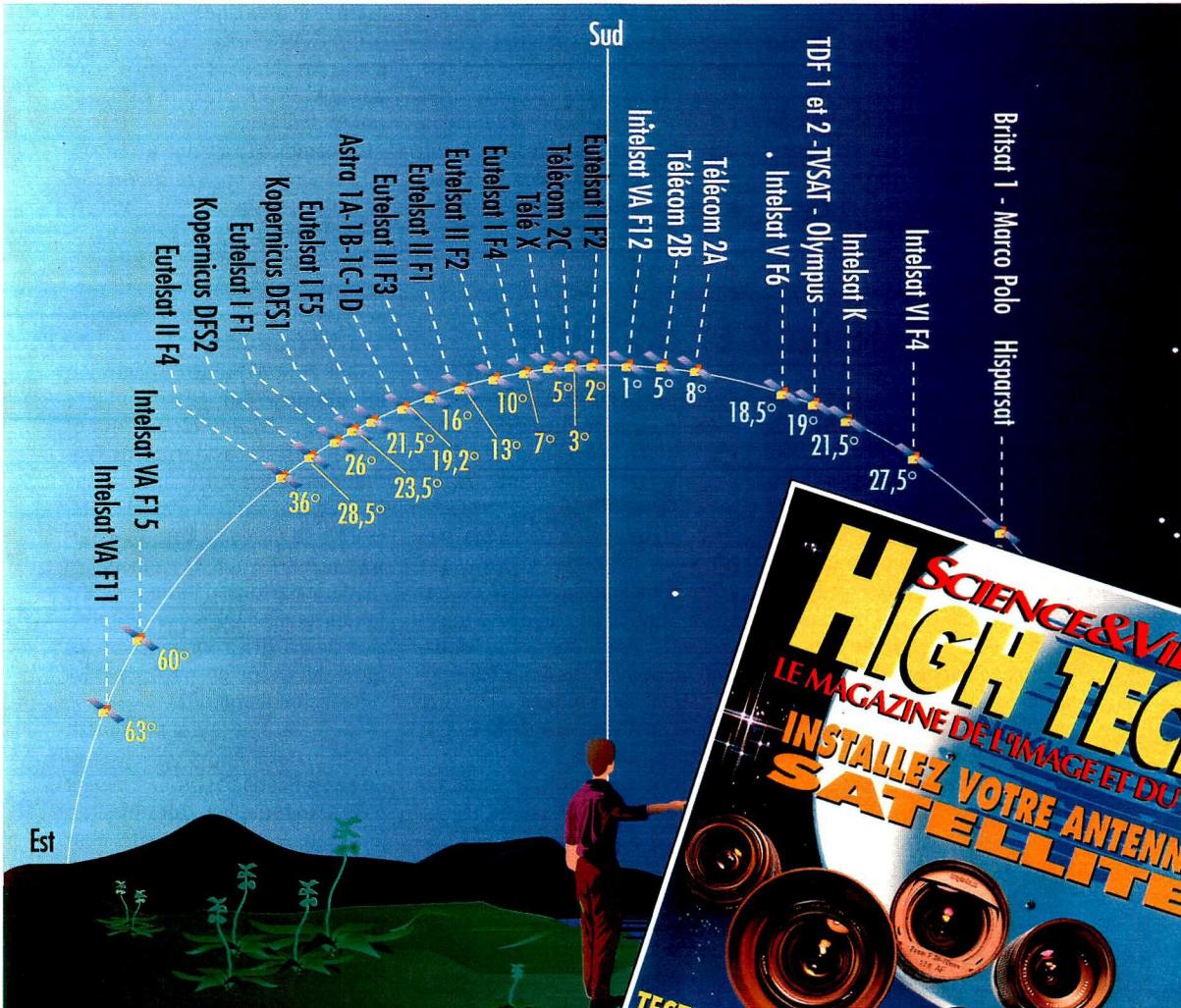
Peau neuve

Outre les couleurs qui ont viré au violet, les images du film *Blanche-Neige et les 7 Nains* souffrent de rayures ① provoquées par de nombreuses projections. Le traitement numérique a permis de corriger tous ces défauts ②. De nombreux chefs-d'œuvre historiques attendent maintenant de pouvoir retrouver le chemin des salles obscures.



TELEVISION

BRANCHEZ-VOUS SUR LE SATELLITE



Seuls, les satellites peuvent vous transmettre tous les programmes télé qui vous intéressent.

SCIENCE & VIE HIGH TECH vous explique clairement comment réaliser votre installation de réception.

SCIENCE & VIE
HIGH TECH
LE MAGAZINE DE L'IMAGE ET DU SON

LE MAGAZINE DE L'IMAGE ET DU SON.

carrefour de L'INNOVATION

Dirigé par Gérard Morice

MICROBIOLOGIE

Des antibiotiques pour le bâtiment ?

Les micro-organismes menacent aussi les ouvrages d'art en béton et en fer : à Los Angeles, une route s'est effondrée, son soubassement se délitait depuis des années sous l'effet de bactéries, et sans que personne ait soupçonné l'ampleur des dégâts. On se souvient, à l'aéro-

port de Zurich, des pannes déclenchées dans les années soixante par des micro-organismes qui avaient, comme des rats, rongé les gaines isolantes des câbles électriques. En Allemagne, dans les tours de refroidissement de centrales atomiques, de vastes plaques se sont effondrées, et les

champignons commencent même à attaquer les grands ordinateurs ! Pis : on a repéré des trous dans les parois d'acier des cuves de stations d'épuration de l'eau.

On commence à peine à s'en aviser, et l'on découvre qu'on sait peu de choses sur ces micro-organismes. Pour E. Bock, chercheur à l'université de Hambourg, ce sont des thiobactéries qui rongent les tuyaux de béton d'évacuation des eaux usées.

Mais ce sont d'autres bactéries, nitrifiantes, qui corrodent les tours de refroidissement en béton. En effet, ces dernières synthétisent des acides sulfuriques qui peuvent, en peu d'années, démolir une paroi de béton de plusieurs centimètres d'épaisseur.

Et ne parlons pas des dégâts fonctionnels causés par des couches de bactéries qui bouchent les filtres, bloquent les soupapes et les échangeurs thermiques...

Ces infections, qui n'épargnent aucun matériau, sont ruineuses, et on ne leur connaît pour le moment pas de parade. Il faudra bien un jour trouver des antibiotiques pour travaux publics... C.H.

GRANDS TRAVAUX

Atterrissage en mer de Chine

Macao, située sur le territoire chinois et administrée par le Portugal, se construit actuellement un aéroport ultra-moderne sur l'îlot voisin de Taipa.

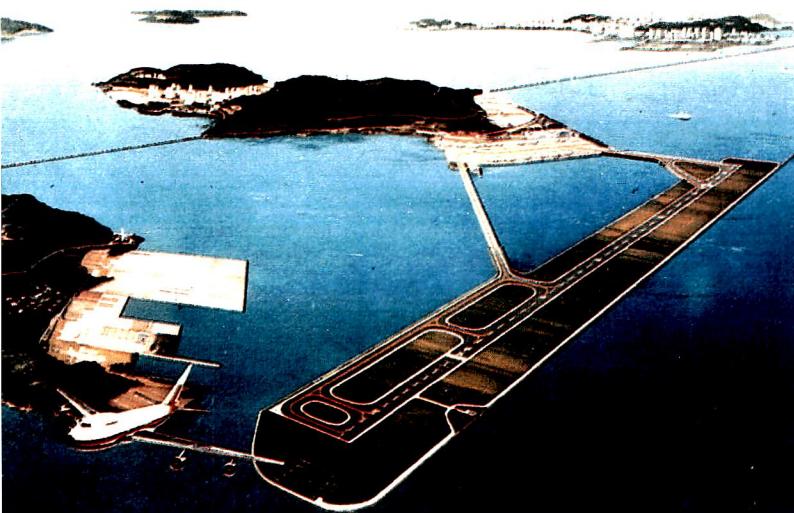
Faute de place, la piste d'atterrissement et de décollage, totalisant une superficie de 150 hectares, a été installée... en pleine mer. Ce qui a exigé l'apport, sur les fonds marins, de quelque 80 millions de mètres cubes de sable.

La construction de ce complexe de trafic aérien était rendue nécessaire par le développement économique foudroyant du sud de la Chine. Dès l'ouverture de

l'aéroport, en 1995, on attend plus de deux millions de passagers et 80 000 tonnes de fret, chiffres qui devraient tripler avant l'année 2010.

Les deux principaux maîtres d'œuvre de cette gigantesque réalisation sont la société de travaux publics portugaise Soares da Costa, pour tout ce qui est bâtiment, et Siemens, pour les équipements techniques – entre autres, installations de balisage, électronique des bâtiments, dispositifs d'alimentation et de répartition d'énergie, radars, instruments de navigation et de sécurité de vol.

La construction de cet aéroport ultra-moderne en mer de Chine nécessite l'apport de 80 millions de m³ de sable.



Dix ans, dix milliards de yens :

● C'est le "méga-projet" lancé par le ministère japonais de l'Industrie et du Commerce extérieur pour tenir ce pari un peu fou : créer un supermatériau à base de silicium, qui soit plus résistant à la chaleur et à l'érosion chimique que les plastiques, meilleur conducteur que les métaux, ultra-léger, insensible à la corrosion et non polluant (rappelons que 100 yens valent environ 5,50 F).

Avions en ligne

Dès l'année prochaine, les passagers survolant le territoire européen pourront, depuis leur siège, appeler un correspondant au sol. Les essais techniques viennent de débuter sur un Airbus A310 d'Air France et un Boeing 767 de British Airways assurant la ligne Paris-Londres. Le rodage commercial aura lieu durant le premier trimestre 1994, et l'équipement de la flotte de moyens courriers d'Air France commencera dès l'été.

La compagnie française a également décidé d'équiper de téléphones de bord toute sa flotte de longs courriers. A l'heure actuelle, seuls en sont dotés deux Boeing 747-400 sur la ligne Paris-Tokyo. L'expérience, qui dure depuis juillet 1992, donne jusqu'ici toute satisfaction.

Pour relier les avions au sol, on utilise pour l'instant les satellites de télécommunication. L'inconvénient de ce système est qu'il coûte cher. Le téléphone de bord pour courts et moyens courriers, lui, fera appel à des relais implantés sur les zones survolées et reliés au réseau téléphonique public. Le prix de la communication sera donc nettement moindre : 5 dollars la minute (30 F environ), contre 10 ou 11 dollars pour le téléphone par satellite.

Une quarantaine de ces stations terrestres, d'une portée de 240 kilomètres, doivent être implantées pour couvrir l'Europe de l'Ouest. Elles constitueront le réseau TFTS (*Terrestrial Flight Telephone System*). Il faudra six stations pour couvrir le territoire français et quatre pour le Royaume-Uni. Pour les exploiter, France Telecom et British Telecom ont créé un consortium, Jet-Phone. La firme Alcatel, premier constructeur



J.F. Baurat

On pourra bientôt téléphoner à bord de n'importe quel avion de ligne, pour moins de 30 F la minute.

à produire de tels équipements en série, est chargée (*via* sa filiale Telspace) de mettre en place ces stations en France et en Grande-Bretagne, mais aussi en Suède et en Italie.

Les stations TFTS sont de trois types : celles dites "en route", les stations "intermédiaires" et les stations "airport". Les premières seront utilisées lorsque les avions voleront à leur altitude de croisière, entre 4 500 et 12 000 mètres (entre 15 000 et 40 000 pieds). Elles seront disposées de manière à assurer le relais automatique de la communication, sans coupure, d'une station à l'autre.

Les stations intermédiaires sont prévues pour les phases de montée et de descente des avions. Elles seront placées à proximité de certains aéroports non "couverts" par les stations "en route". Leur portée, compte tenu de la faible altitude des avions, se limitera à 40-50 kilomètres.

Quant aux stations de troisième type, comme leur nom l'indique, elles seront implantées sur les aéroports eux-mêmes.

Pour des raisons de sécurité, seuls les passagers pourront appeler leurs correspondants au sol. L'inverse ne sera pas possible, pour éviter notamment de donner prise à des tentatives de chantage. Les usagers auront la possibilité

de régler leurs communications par carte de crédit.

En ce qui concerne les longs courriers, le recours aux satellites reste indispensable pour couvrir les zones maritimes ou peu habitées, impossibles à équiper en stations TFTS. France Telecom a donc passé un accord avec la Société internationale de télécommunications aéronautiques (SITA), ainsi qu'avec les compagnies Téléglobe (Canada) et OTC (Australie), afin d'offrir aux compagnies aériennes un service mondial, baptisé Satellite Aircom. Ce dernier utilise quatre satellites de l'organisation INMARSAT, émanation de soixante-deux Etats (dont la France).

Satellite Aircom fonctionne depuis le mois de juillet 1991. Dix-sept compagnies aériennes ont déjà adhéré au système, dont Air France, Lufthansa, Japan Airlines, Malaysian Airlines System, etc. C'est d'ailleurs ce service qui est déjà utilisé par Air France sur la ligne Paris-Tokyo.

Le succès remporté auprès de la clientèle par les premières expériences de téléphone à bord menées par différentes compagnies mondiales donne à penser que ce service ne tardera pas à se généraliser, jusqu'à devenir, dans quelques années, une banalité.

G.C.

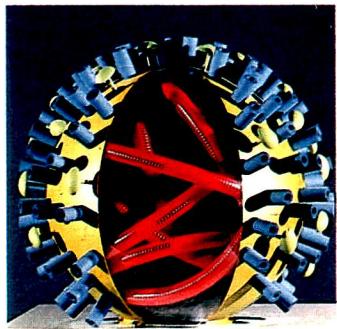
1943 : un vaccin contre la grippe

La date est à marquer d'une pierre blanche, si l'on songe aux dégâts causés par ce qui reste une grave maladie, parfois mortelle, capable de se propager à une vitesse folle dans le monde entier. Il suffit de se remémorer l'épidémie de 1918-1919, qui toucha 50 % de la population mondiale avec une mortalité moyenne de 3 % ; les seules régions miraculeusement épargnées furent quelques îles du Pacifique Sud, la Nouvelle-Guinée et Sainte-Hélène.

La grippe fut évoquée pour la première fois dans la haute Antiquité par Hippocrate, mais ce n'est qu'en 1510, quand une épidémie ravagea l'Europe d'est en ouest, qu'en fut donnée une description assez complète. Il fallut ensuite attendre l'épidémie de l'hiver 1802-1803 pour que des études véritablement cliniques montrent la gravité de ses conséquences sur les femmes enceintes et les personnes atteintes de tuberculose.

On crut d'abord qu'*Hemophilus influenzae*, ou bactérie de Pfeiffer, était l'agent spécifique de la grippe chez l'homme. Dès 1918, cependant, le bactériologiste français Charles Nicolle soupçonna le rôle primordial d'un virus. Mais ce ne fut que quinze ans plus tard qu'une équipe anglaise (Smith, Andrews et Laidlaw) isola le virus dans l'arrière-gorge d'un sujet grippé.

En 1937, deux Américains (Francis et Magill) proposèrent le premier modèle théorique de vaccin antigrippal. Le vaccin fut mis au point en 1943 par Jonas Salk (inventeur également du vaccin contre la



Le virus de la grippe (maquette ci-dessus) a été isolé en 1933.

polio). Ce qui permit, en 1944, de passer aux premières vaccinations opérationnelles sur les soldats américains du corps expéditionnaire envoyé en Europe.

Le vaccin ne commença à être utilisé en France qu'à partir de 1950. Des 20 000 doses fabriquées à l'époque, on est passé aujourd'hui à 8 millions de doses par an. Cette avancée considérable est due à une amélioration toujours plus poussée du vaccin (qui, au départ, produisait des cloques et était fort mal supporté par de très nombreux sujets allergiques).

Tous les virus grippaux appartiennent à une même famille, les *Orthomyxoviridae*, et à un même genre, *influenza*. Actuellement, on distingue trois types de virus : le groupe A, qui est responsable des grandes épidémies mondiales qui surviennent tous les vingt à quarante ans (la dernière a eu lieu en 1968) ; le groupe B, qui sévit au cours d'épidémies saisonnières limitées ; et le groupe C, rarement en cause. Ils peuvent en outre se combiner.

En raison de cette extrême variabilité du virus, les vaccins doivent constamment être modifiés d'une année à l'autre. «Il existe actuellement un réseau extrêmement dense de médecins qui permet de savoir quelles souches sont impliquées», explique le Pr Claude Hannoun, chef de l'unité d'écologie virale à l'Institut Pasteur. Durant l'hiver 1993, la France a ainsi été victime d'une épidémie de type B, alors qu'en mars c'est une épidémie de type A qui a frappé. A partir de ces souches, on peut prévoir la formule du vaccin à mettre en œuvre l'hiver prochain.

P.R.

AUTOMOBILE

Des chargeurs de batteries ultra-rapides

Si la voiture électrique est encore à mettre au point, une chose est sûre, elle sera équipée de batteries. EDF étudie donc des chargeurs de batteries ultra-rapides : d'une puissance de 15 kW, ils seront équipés d'un

micro-ordinateur identifiant le type de batterie connectée, son état de charge, sa capacité maximale et le courant de charge qu'elle est en mesure de supporter en fonction de son vieillissement.

Un compteur électrique associé

à un automate de paiement par carte bleue se chargera de la facturation et de l'encaissement du «plein électrique».

EDF doit procéder à la fin de l'année à un essai en grandeur réelle à La Rochelle.

H.-P.R.

Des matériaux sur mesure

Les matériaux de demain seront conçus à la carte, pour un usage déterminé à l'avance. Déjà, le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) étudie dans ses laboratoires de nouvelles formulations pour fabriquer, par exemple, les mortiers d'enduits hydrauliques (1), ou encore le polystyrène expansé, afin d'ajuster les qualités et les performances de ces derniers à des demandes très spécifiques.

Pour y parvenir, il s'appuie sur des recherches fondamentales engagées depuis de nombreuses années sur les transferts de chaleur, d'humidité et de gaz à l'intérieur des matériaux, sur leur comportement mécanique et, surtout, sur une meilleure connaissance de leur microstructure.

La plupart des matériaux de construction sont en effet des milieux poreux. Ils sont de ce fait le siège d'échanges permanents avec leur environnement, notamment avec l'eau. Celle-ci, sous sa forme liquide ou gazeuse, est à l'origine de la majeure partie des phénomènes qui caractérisent leur comportement, qu'ils soient physiques (retrait, fissuration) ou chimiques. Ces échanges modifient les propriétés des matériaux et conditionnent leur durabilité.

Complétant les observations réalisées à l'échelle macroscopique, la microscopie électronique joue dans ce domaine un rôle majeur. Pour "optimiser" un béton, par exemple, on prend en considération la porosité de la pâte de ciment (de l'ordre du millième de micron), la granulométrie du sable (de l'ordre du millimètre) et celle des granulats, du gravier, par exemple (de l'ordre du centimètre).

Pour caractériser et optimiser le polystyrène expansé, matériau constitué de billes de polystyrène,

on considère l'épaisseur de la paroi des cellules (quelques dixièmes de micron), la taille des cellules (autour de 100 microns), ou encore la taille des billes (quelques millimètres). Des modèles mathématiques permettent ensuite d'en déduire la conductivité thermique, le comportement mécanique, la perméabilité à la vapeur d'eau, etc.

(1) Mortiers dont l'eau constitue le liant ; un mélange de ciment et de sable, par exemple.

ACIER

Un test d'endurance de quarante-quatre ans !

Cet échantillon d'un acier particulier (photo ci-contre), formulé et mis au point par Siemens au lendemain de la Seconde Guerre mondiale pour fabriquer un élément de la bague d'une turbine, subit depuis le 23 décembre 1949 un essai d'endurance continu, sous une température de 600 °C associée à une contrainte d'une tonne.

Il n'est pas d'exemple d'acier, quelles que soient ses qualités, qui, soumis à de telles contraintes, ne perde pas à la longue sa résistance, faiblissant peu à peu avant de "lâcher". Celui-ci, selon les calculs des chercheurs, aurait dû rompre en avril 1965, au terme de sa durée de vie théorique.

Devant cette curiosité de laboratoire, les chercheurs ont décidé de poursuivre le test. Cela fait vingt-huit années de plus que prévu qu'il dure, et on ne constate toujours aucun dommage sur le matériau : il reste aussi résistant, tandis que s'est écoulée plus d'une génération de chercheurs !

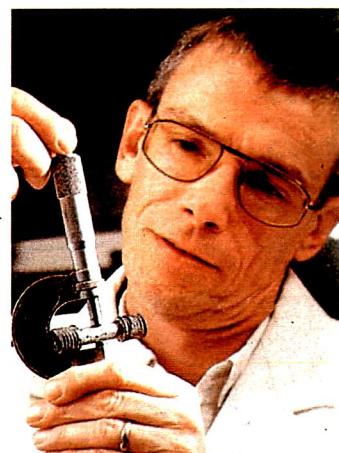
Histoires de briquets

● Les premiers briquets jetables (le Cricket rond et le Feudor stick rond) sont apparus en 1953.

Cricket (racheté en 1985 par Feudor) inventa aussi – mais il fallut attendre 1980 – le décor panoramique : un manchon en PVC autour du briquet, permettant de reproduire une photographie par héliogravure. Dernière innovation en date : le Piezo rechargeable. Quarante ans après le "jetable", il joue l'atout du récent engouement pour une consommation moins polluante.

On veut espérer que, depuis le temps, la formulation de cet acier n'a pas été oubliée ou égarée... En attendant, Siemens assure que, comparée aux tests réalisés sur d'autres types d'acier, cette expérience d'endurance a déjà permis de tirer des conclusions sur les caractéristiques et les comportements essentiels de différents autres aciers. Ce qui permet de fabriquer des pièces à l'usure considérablement réduite et de prolonger la durée de vie des machines.

Cet acier a déjà dépassé de vingt-huit ans sa durée de vie théorique...



D.R.

ENTRETIEN

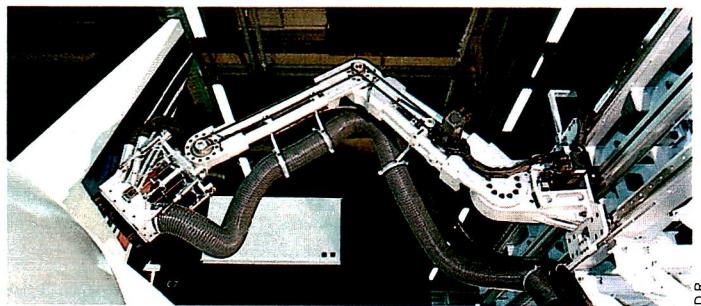
Du blé pour décaprer les avions...

Soumis à des conditions atmosphériques extrêmement dures, notamment à des chocs thermiques répétés, les avions doivent régulièrement faire "peau neuve" (pardon, peinture neuve) et donc être préalablement décapés. Cela fait partie de la maintenance aéronautique. On considère qu'un avion doit être

repeint après sept années de service, puis tous les quatre ans. Sans compter que, lorsque les avions changent de propriétaire, ils doivent être mis aux couleurs de leur nouvelle compagnie.

Présenté par la firme Centre Industrie, Technostrip est le premier système automatisé de décapage pour les avions de transport civils et

Un nouveau procédé pratique et non polluant pour décaprer les avions.



militaires. Simple, il permet de faire l'économie des lourdes infrastructures jusqu'ici nécessaires : échafaudages à déplacer sans cesse, conduites d'eau, récupération et dépollution de cette dernière, etc.

Technostrip fonctionne en circuit fermé (donc sans poussière), à sec, par projection d'amidon de blé. Ce polymère naturel non toxique, réutilisable et biodégradable, remplace les produits chimiques traditionnellement utilisés, polluants et dangereux pour la santé et la sécurité des opérateurs. Ce procédé est efficace aussi bien sur les matériaux composites que métalliques.

Tous les paramètres sont contrôlés automatiquement, grâce à un système de vision assistée par ordinateur, ce qui permet d'adapter les opérations de décapage aux différentes structures : le corps de l'avion, les ailes, etc. Le support mécanique de Technostrip, modulaire, permet d'accéder facilement à l'ensemble des zones de travail.

... et des billes de glace pour tout nettoyer

Un autre procédé de décapage vient d'être mis au point par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et développé par la filiale française de la firme allemande Linde, l'un des plus importants producteurs mondiaux de gaz industriels.

Le Cryolin repose sur la seule utilisation d'azote, d'air et d'eau,

sans aucun des solvants classiques qui posent des problèmes d'hygiène. Un pistolet à air comprimé projette des petites billes de glace, obtenues en faisant passer des gouttelettes d'eau dans un bain d'azote liquide gazéifié (3,5 litres d'azote pour un kilo de billes).

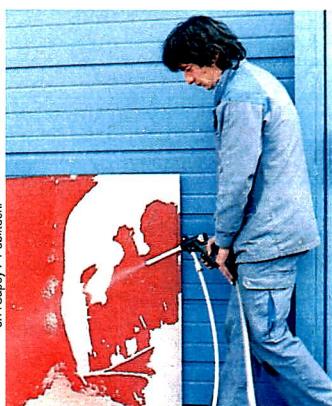
Selon le travail à effectuer, la pression peut varier de 1 000 à 30 000 hectopascals et le diamètre des billes de 0,5 à 2,5 millimètres. Celles-ci frappent la surface à traiter à une vitesse qui peut atteindre celle du son (350 m/s) et une température pouvant aller jusqu'à -160 °C.

Elles exercent deux effets décapants : le premier est purement mécanique, le second tient au froid lui-même. Au contact de la matière, il se produit un choc thermique ; la glace fond alors, et son énergie cinétique se transforme en chaleur.

Ce procédé est efficace aussi bien pour faire disparaître les graffitis que pour décaprer, nettoyer et dégraissier – par exemple, pour les trains d'atterrissement des avions, encombrés par les particules de caoutchouc et de carbone dégagés par les pneus et les freins.

Pierres précieuses

● **A l'occasion du Congrès international de gemmologie, Pascal Entremont, célèbre "chasseur de pierres", expose sa collection privée. Quelques géants parmi cent autres : le Two Pound Star, grenat astérié de 5 737,50 carats ; le Radjah, spinelle rougeoyante de 149,92 carats ; une aigue-marine de 478,65 carats, une morganite de 620 carats... Du 1^{er} au 31 octobre, université Pierre et Marie Curie, 34 rue de Jussieu, 75005 Paris.**



Le "train sauteur" du Rafale marine

Au moment de l'appontage, le train avant d'atterrissement de l'avion de combat Rafale version marine, placé sous le nez de l'appareil, est soumis à rude épreuve... Son amortisseur hydro-pneumatique doit absorber une vitesse verticale de chute atteignant 6,5 mètres par seconde. A titre de comparaison, elle est d'environ 3 mètres par seconde sur la version terrestre du Rafale.

C'est que les techniques d'atterrissement des deux engins sont très différentes. Sur une piste, l'avion dispose d'une grande distance de roulement et peut donc "tangenter" le sol avant de se poser, réduisant ainsi le choc du contact. Sur un porte-avions, il se pose beaucoup plus brutalement : avant tout rebond, il doit accrocher avec sa crosse un fil d'acier tendu sur le pont, qui assure le freinage et l'arrêt.

L'amortisseur du Rafale marine est donc beaucoup plus puissant. Les ingénieurs ont eu l'idée d'utiliser cette puissance... au moment du décollage. Traditionnellement, sur les porte-avions équipés d'un pont court, on dispose au bout de celui-ci une rampe inclinée vers le haut : un tremplin, en quelque sorte. Leurs moteurs tournant à plein régime, les avions sont entraînés par un brin d'acier accroché sous leur ventre, tiré par une catapulte. Lorsqu'ils abordent le bout du pont d'envol, le tremplin leur communique une impulsion vers le haut qui facilite le décollage.

Pour le Rafale, les choses se passent tout autrement : la traction est transmise à l'avion non par un brin d'acier, mais par une barre

accrochée sur la jambe du train avant. L'effort de traction a pour effet "d'écraser" l'amortisseur : grâce à son grand débattement (faculté de l'amortisseur de s'enfoncer plus ou moins), ce dernier emmagasine ainsi de l'énergie.

Lorsque, en bout de course d'envol, la barre de traction se désolidarise de la jambe du train avant, l'effort de tassement de l'amortis-



Boccon Ghod

seur cesse aussitôt. Celui-ci se détend alors vers le haut, restituant l'énergie emmagasinée et communiquant ainsi l'impulsion verticale permettant le décollage.

Ce véritable "train sauteur" rend désormais inutile un tremplin d'envol. Les ponts des porte-avions n'ont donc plus à subir de modification pour accueillir le Rafale marine.

G.C.

F.Robineau/Dassault-Aviation



Les ingénieurs ont eu l'idée d'utiliser le puissant train d'atterrissement du Rafale marine pour en faciliter le décollage.

VIDÉO

La caméra qui voit dans le noir

L'innovation constitue une première mondiale : Philips lance une gamme de caméras CCD couleur (1) qui voient de jour comme de nuit. Ces caméras "intelligentes" choisissent elles-mêmes leur mode de fonctionnement – couleur classique ou infrarouge. Pour se décider en faveur de l'un ou de l'autre, elles contrôlent en permanence la qualité de l'image grâce à des microprocesseurs.

Respect des couleurs, même à des niveaux d'éclairement extrêmement bas (0,6 lux), netteté, piqué, élimination du flou dû aux mouvements rapides : la fidélité de l'image, la fiabilité et la sécurité du fonctionnement sont assurées, libérant l'utilisateur de



La LDH 805 de Philips.

«La peinture à l'eau, c'est bien plus costaud...»

● Une peinture hydrosoluble, sans aucun solvant nocif pour l'environnement – juste de l'eau... C'est celle que le fabricant d'amortisseurs Allinquant vient de mettre au point. Elle fournit pourtant un revêtement aussi solide et durable que les peintures traditionnelles. Les tubes amortisseurs qui en sont enduits résistent à plus de cinq cents heures de brouillard salin sans présenter la moindre trace d'oxydation. Autre avantage : sa fabrication consomme beaucoup moins d'énergie que celle des peintures traditionnelles, car la cuisson s'effectue dans des fours thermo-réacteurs, sortes de fours à micro-ondes, qui montent très vite en température (70 °C) pendant une période courte (quatre minutes).

toute opération de réglage.

Ces nouvelles caméras (LDH 803 et LDH 805) constituent également des outils efficaces pour la vidéosurveillance : lieux publics, sites de haute sécurité, industrie, et même... contrôle des tables de jeux dans les casinos.

(1) Sur les caméras CCD, voir "Comment ça marche", *Science & Vie* n° 908, p. 124.

PROTOTYPE

Un pigment pour faire rosir les flamants

Les flamants roses doivent leur magnifique couleur à un pigment contenu dans leur nourriture (crevettes, mollusques et algues) et la perdent en régurgitant la bouillie dont ils nourrissent leurs oisillons.

En captivité, pour leur conserver un joli rose, on

complète leur alimentation par un pigment artificiel, la canthaxanthine. Celle-ci a été longtemps administrée à certaines volailles d'élevage destinées à la consommation (pintades, cailles, etc.) afin de donner à leur chair une couleur appétissante. Jusqu'à ce qu'elle soit estimée毒ique et interdite par l'Organisation mondiale de la santé (OMS)...

Des scientifiques anglais pensent avoir trouvé un substitut possible à ce pigment : des algues bleues et vertes – aliment naturel, facile à cultiver et peu coûteux. Leur hypothèse est en cours de vérification sur deux groupes de flamants. Le premier sert de témoin et reçoit une alimentation traditionnelle. Les trente-et-un oiseaux qui constituent le second groupe suivent d'abord un régime exempt de tout pigment afin d'épuiser toutes les réserves contenues dans le foie et les tissus graisseux. Lorsqu'ils seront devenus tout blancs, on les soumettra alors à différents régimes, ce qui permettra de "valider" l'alimentation à base d'algues. Nos pintades et cailles devraient donc ainsi, elles aussi, pouvoir retrouver une agréable couleur rose sans pour autant menacer notre santé...

Comment conserver leur couleur aux flamants et rendre les volailles plus appétissantes...



D.R.

Un ticket pour les grands fonds

Terminée la tranquillité des abysses sous-marins. C'est en short, sandales aux pieds et cône glacé à la main que des milliers de touristes pourront, dans les semaines qui viennent, se balader à plus de 150 mètres sous la mer, grâce au plus grand et au plus profond des sous-marins de loisir.

Responsable : la Compagnie de la baie de Saint-Pierre-de-la-Martinique, dont le port était au début du siècle si beau et si riche qu'on l'appelait "le petit Paris des Antilles", mais qui connut un destin tragique. Le jeudi 8 mai 1902, la montagne Pelée entra en effet en éruption et détruisit en quelques minutes la ville de Saint-Pierre, tuant ses 30 000 habitants et envoyant par le fond la douzaine de bateaux qui se trouvaient au mouillage dans la baie.

Les plus belles épaves reposent à des profondeurs comprises entre 50 et 100 mètres. C'est ce cimetière marin qu'il sera bientôt possible de visiter, à bord du sous-marin construit par la firme allemande Bruker Meerestechnic de Karlsruhe.

Ce spécialiste des "boîtes hermétiques et exiguës" destinées à descendre sous les eaux quelques militaires, chercheurs ou techniciens a construit cette fois un véritable palais, capable d'emmener une cinquantaine de badauds dans les profondeurs du monde du silence.

Les nécessités de confort (embarquement par un véritable escalier, possibilité de se tenir debout, etc.) imposent au sous-marin une hauteur de 3,7 m entre la quille et le pont, un panneau d'accès d'un diamètre de 1,20 m et une longueur totale de 22 m. Pour résister aux formidables pressions qui s'exercent en profondeur, la coque du bateau est constituée d'une enveloppe d'acier de 20 mm d'épaisseur.

seur, recouverte d'un carénage en composite qui procure un meilleur profil hydrodynamique et protège d'éventuels chocs extérieurs.

Une turbine principale de 50 kW conduira ce mastodonte de 120 t jusqu'à son lieu d'exploration à une vitesse de 5 à 6 nœuds. Pour les manœuvres plus précises, quatre turbines de 10 kW chacune le déplaceront verticalement ou horizontalement. L'ensemble des hélices sera entraîné par des moteurs hydrauliques.

Ce sous-marin ne réclame pas une grande autonomie. Des batteries suffiront donc. Près de 20 t d'éléments de 24 à 240 volts seront cependant nécessaires pour lui permettre de séjourner une centaine d'heures au fond des mers. Leur recharge s'effectuera la nuit.

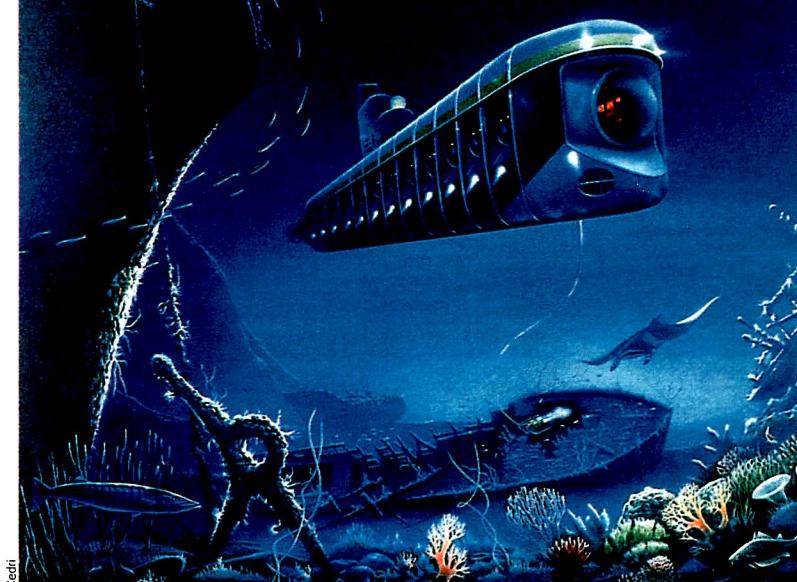
Le sous-marin sera doté de vingt-quatre hublots d'observation de 70 centimètres de diamètre et d'une dizaine de centimètres

d'épaisseur. Pour percer les ténèbres des profondeurs, un système d'éclairage composé de lampes d'un nouveau type, d'une puissance cinq fois plus grande que les halogènes, permettra de distinguer un poisson à plus de 40 m de distance.

Les touristes pourront observer ce qui se passe au-dessous, au-dessus et derrière eux grâce à des écrans vidéo installés face à leur siège et reliés à de nombreuses caméras réparties sur la coque du submersible. Clou de la visite, un robot vidéo pourra pénétrer et explorer pour les visiteurs l'intérieur des épaves.

La Compagnie de la baie de Saint-Pierre prévoit d'effectuer dès cet hiver quatre à cinq plongées par jour avec une cinquantaine de personnes à bord. Après quatre-vingt-dix ans de tranquillité, les hôtes du cimetière marin de Saint-Pierre ne reposeront plus en paix... P.L.

Véritable "car de tourisme des profondeurs", ce sous-marin peut emmener cinquante passagers visiter le monde du silence.



Cedri

SUBVENTIONS

Parlez-en à votre "subsidologue"

Le service Aideco (sur minitel par le 36 29 13 31) répertorie les mesures d'aides économiques auxquelles les entreprises privées peuvent prétendre. Aideco se définit comme un "subsidologue",

destiné aux firmes qui n'ont ni le temps ni les moyens de trouver, parmi les 1 250 aides identifiées, celles qui les concernent.

Ce service passe désormais à l'échelle européenne. Ce n'est pas

une mince affaire : 916 milliards de francs d'aides européennes sur six ans sont actuellement à l'étude. Cela vaut bien un coup de fil, même à 9,06 F la minute... Aideco garantit qu'il ne faut pas plus de dix minutes (soit 90 F environ) pour trouver ce que l'on cherche. On peut en outre recevoir l'information obtenue par télecopie, sans frais supplémentaires.

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.

Une mesure précise de la résistance des objets en verre

Quoi ?

Ce nouveau système mesure très précisément les contraintes supportables par les parois des objets en verre. Il analyse point par point leur résistance et leur fiabilité. On peut donc atteindre le niveau optimal de rentabilité dans leur fabrication dès la production en série. Ces mesures peuvent aussi, ultérieurement, servir de procédé de contrôle de la qualité.

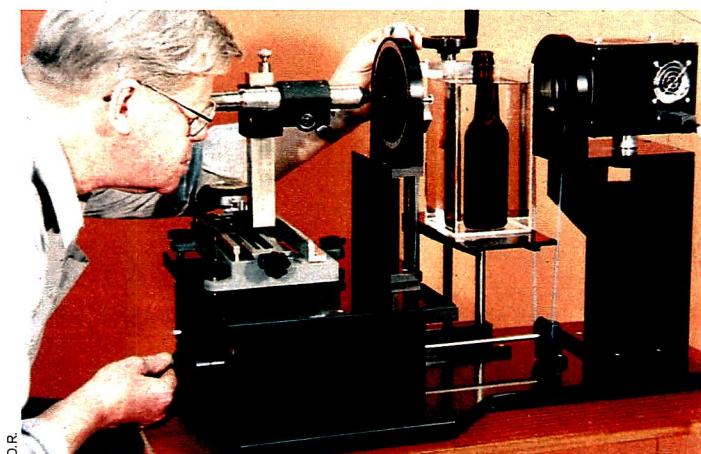
Comment ?

Les systèmes habituels se contentent généralement d'appliquer aux objets une force de plus en plus élevée... jusqu'à ce que ça casse. Ce nouveau procédé combine un contrôle optique de haute précision, permettant de déterminer les points de faiblesse de l'objet, avec un logiciel d'évaluation des résultats de mesure. Celui-ci les comptabilise, les stocke en mémoire, les

compare les uns aux autres, et les utilise comme références pour des mesures ultérieures sur l'objet modifié. Au total, ce système permet, simplement et rapidement, d'adapter, d'affiner, voire de définir le procédé de fabrication jusqu'à ses moindres détails, avant de se lancer dans une production à grande échelle. Il apporte donc une garantie de qualité, supprime tout gaspillage et fait gagner du temps.

Pour qui ?

La société britannique qui a mis au point ce procédé recherche des agents en France.

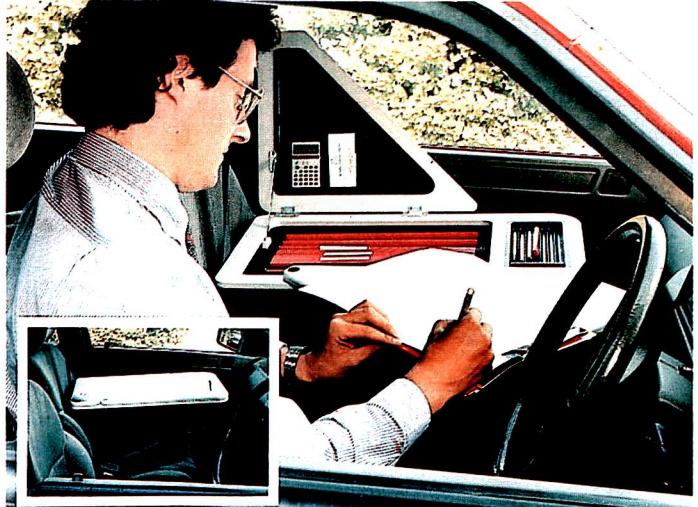


Comment passer dans cette rubrique : si vous avez conçu une innovation, adressez-en un descriptif à "Des marchés à saisir". Inspirez-vous de notre présentation. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo de votre prototype. Enfin, faites preuve de patience et de tolérance ; nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions doivent être d'abord étudiées par notre service technique.

Mettez un bureau dans votre voiture

L'Autoburo est une innovation britannique qu'apprécient tous ceux qui se servent déjà de leur voiture comme d'un lieu de travail (professions libérales, artisans, hommes d'affaires, etc.), dont l'activité exige de constants déplacements ou qui ont besoin de faire le point entre deux visites à leurs clients. Plus de temps perdu dans les embouteillages : dès que cela commence à "bouchonner", on peut se garer et travailler en paix grâce à un bureau installé sur le siège du passager à l'avant.

La ceinture de sécurité à enrouleur permet de caler fermement



J. Dodd Studios

Pour les hommes d'affaires pressés qui ne supportent pas de perdre leur temps dans les embouteillages, un bureau de voiture.

sur le siège l'Autoburo. Celui-ci se compose d'un casier rigide en polystyrène, résistant aux chocs, qui fait fonction de classeur acceptant des dossiers suspendus de format 21 x 33. Le dessus, en fibre de carton, est divisé en deux parties : l'une se relève pour recevoir accessoires et réserve de papier ; l'autre pivote pour former une tablette trapézoïdale (48 x 35 cm)

que l'on peut commodément utiliser depuis le siège du conducteur.

Une fois refermé, l'Autoburo offre une surface de travail horizontale où poser micro-ordinateur, ordinateur de poche, dictaphone ou calculateur. L'ensemble se verrouille pour protéger documents et matériel.

Avis aux importateurs, l'Autoburo cherche un marché en France.

DISTRIBUTION

Le petit commerce plébiscite l'hyper

Il y a trente ans, le 15 juin 1963, Marcel Fournier, fondateur de Carrefour (une enseigne que l'on trouve aujourd'hui jusqu'à Taïwan), ouvrait à Sainte-Geneviève-des-Bois le premier hypermarché de France, mais aussi d'Europe : 2 500 m² et, plus incroyable encore pour l'époque, un parking de 400 places.

Aujourd'hui, l'"hyper" de Sainte-Geneviève-des-Bois s'étend sur 6 600 m² et peut accueillir plus de 800 automobiles. Dans le réseau Carrefour actuellement existant, il est pourtant désormais l'une des plus petites structures.

Perdu à l'origine au beau milieu

des champs, il se retrouva vite entouré de constructions. Au point qu'il constitue aujourd'hui un second centre dans une ville qui est passée en trente ans de 20 000 à 35 000 habitants. Ses directeurs ont bien eu la tentation de déménager quelques kilomètres plus loin pour se développer sur plus d'espace, à nouveau au milieu des champs. Mais les commerçants de la ville, unanimes, ont alors signé une pétition s'opposant à une telle mesure : l'hypermarché, attirant le chaland, est devenu leur "locomotive". Pierre Champion, maire de Sainte-Geneviève-des-Bois, le déclare tout net : «Carrefour fait partie intégrante d'une ville de banlieue qui cherche à avoir sa propre âme. Un hyper au cœur de la ville l'y aide. On va à la poste, à la banque ou à la mairie

en même temps qu'à l'hyper.»

Sans compter que ce dernier emploie 300 salariés (contre 73 en 1963), qu'il participe activement à de nombreuses manifestations municipales et qu'il apporte à la ville une part non négligeable de la taxe professionnelle... ■

Ouverture du premier Carrefour en 1963.



Ont collaboré à cette rubrique :
Germain Chambost, Patrice Leblanc, Gérald Messadié, Henri-Pierre Penel et Pierre Rossion.

comment ÇA MARCHE

Le moteur asynchrone à cage d'écureuil

Si le TGV Atlantique est propulsé par des moteurs autosynchrones, le TGV Transmanche (Eurostar) ou l'Inter City Express allemand (ICE) font appel au moteur asynchrone, variante que l'on trouve également sur les grues ou dans les machines à laver et les réfrigérateurs.

Répandu dans le monde entier à des centaines de millions d'exemplaires, ce qui en fait l'assemblage technique un peu complexe le plus courant, le moteur électrique comporte de nombreuses variantes, sous un aspect qui reste toujours celui d'un tonneau métallique plus ou moins gros. Cette diversité fait qu'il existe des moteurs pour courant continu (celui des piles et des accus) et d'autres pour courant alternatif (celui du secteur) ; et seul le moteur série peut fonctionner sur les deux.

Pourtant, comme nous l'avons vu le mois dernier, le principe de base reste le même pour tous les moteurs électriques, le seul élément qui change étant la manière de les mettre en œuvre. Nous rappelerons donc les phénomènes expérimentaux qui sont à la base de toutes les machines électromécaniques :

- Un bobinage conducteur parcouru par un courant est le siège

d'un champ magnétique dont le sens est lié au sens du courant.

- Les champs magnétiques, qu'ils viennent d'un aimant ou d'un bobinage, donnent lieu à des forces d'attraction ou de répulsion selon le sens des champs mis en présence.
- Toute variation de champ magnétique à travers un bobinage conducteur engendre un courant ; tant que dure cette variation, le bobinage se comporte comme un générateur d'électricité.

Si on met un bobinage près d'un aimant et qu'on y envoie un courant, le champ magnétique créé par le courant réagit avec celui de l'aimant : celui-ci se déplace par rapport à la bobine – ou l'inverse. L'électricité peut donc donner lieu à des mouvements relatifs de deux montages l'un par rapport à l'autre : là se trouve la base de la conversion du courant en énergie mécanique.

Si on remplace l'aimant par un anneau de métal placé devant la bobine, il y a encore déplacement de l'un par rapport à l'autre quand on lance le courant dans le bobinage. La chose peut sembler curieuse ; elle n'est pourtant que l'application du troisième fait d'expérience cité plus haut. Quand on relie la bobine à une pile, le courant ne circule pas instantanément, mais s'établit progressivement (en un temps très court, certes, mais pas nul) avant de couler uniformément.

Le champ magnétique créé par ce courant est donc lui aussi progressif, c'est-à-dire variable, puisqu'il part de zéro pour atteindre une certaine valeur. L'anneau placé devant la bobine est traversé par un champ variable qui y engendre donc un courant, lequel

crée son propre champ magnétique, qui est de sens opposé à celui du bobinage. Deux pôles de même signe se font alors face et il y a répulsion : l'anneau s'écarte de la bobine.

Le phénomène est très bref et correspond à une petite impulsion. Mais, convenablement entretenu, il est à la base d'un type de moteur très répandu et surtout particulièrement simple : le moteur asynchrone avec rotor en cage d'écureuil.

Le mois dernier, nous avons vu comment les forces magnétiques mises en jeu avec des bobinages parcourus par un courant mènent au moteur électrique dans son acception la plus générale. En effet, il suffit de monter une bobine conductrice sur un axe et de placer un aimant à côté pour que tout passage du courant dans cette bobine entraîne une rotation de l'axe. Le gros ennui vient de ce que le mouvement s'arrête dès que la bobine est au plus près (s'il y a attraction) ou au plus loin (répulsion) de l'aimant. Il faut donc trouver un moyen d'interrompre le courant, puis de le rétablir dans l'autre sens pour que la force attractive se transforme en force répulsive, ou l'inverse, afin que la rotation se poursuive.

Moyennant cette commutation, la bobine est d'abord attirée par l'aimant et fait tourner l'axe d'une fraction de tour, puis, au moment où elle est au plus près de l'aimant, le courant est coupé et elle le dépasse un peu sur sa lancée. A ce moment, le courant est inversé, l'attraction devient répulsion et la bobine est repoussée dans le même sens. Puis le cycle recommence et la rotation se poursuit sans temps morts ni discontinuités.



L' Eurostar, qui traversera la Manche, est équipé d'un moteur asynchrone.

Cette commutation peut être assurée par des balais frottant sur un collecteur fait de lames en cuivre montées autour de l'axe ou, c'est le cas du moteur autosynchrone, par un capteur monté en bout d'axe commandant un groupe de transistors qui vont inverser le courant à la bonne cadence (mais ici les bobinages sont fixes, c'est l'aimant qui est lié à l'axe). Dans les deux cas, le moteur fonctionne sur le courant continu. Seul le moteur à collecteur dont les électroaimants du stator sont montés en série avec ceux du rotor peuvent tourner aussi sur le courant alternatif, avec un rendement cependant peu alléchant.

Mais ce courant alternatif, qui est justement produit par des aimants tournant devant des bobinages, possède d'emblée ce qu'on demande au moteur qui doit ali-

menter soit le rotor (moteur série), soit le stator (moteur autosynchrone) : changer périodiquement de sens. Dans l'absolu, on doit d'ailleurs noter que si ces deux moteurs sont eux-mêmes alimentés en courant continu, le rotor ou le stator ne le sont pas : le courant circule alternativement à travers les bobinages dans un sens et dans l'autre.

De là l'idée d'abandonner le collecteur ou le capteur électrique et d'utiliser directement les changements de sens périodiques du courant alternatif pour faire tourner le rotor. Il y a toutefois un problème qui se pose tout de suite : avec le collecteur ou le capteur, le courant change de sens au bon moment en fonction de la position de l'axe, alors que l'alternatif distribué par le réseau correspond

Par Renaud de La Taille

d'office, avec ses 50 Hz, à une rotation de l'ordre de 3 000 tr/min.

Si l'on envoie ce courant dans notre moteur élémentaire, fait d'un aimant sur un axe avec une bobine à côté, le champ magnétique vient à peine de commencer à déplacer l'aimant dans un sens que déjà il s'annule puis revient en sens inverse avant que la position d'alignement n'ait été franchie. A peine attiré, l'aimant est repoussé, puis de nouveau attiré, et ainsi de suite. Il va donc osciller à la fréquence du courant, mais pas tourner – sauf si on le lance d'abord au bon régime : on a alors un moteur synchrone, qui présente de grands avantages mais l'énorme inconvénient de ne pas démarrer tout seul.

Il faut donc se passer de l'aimant et le remplacer par une boucle métallique, qui va avoir les mêmes réactions que l'anneau placé devant une bobine dont nous avons parlé plus haut : le champ créé par le courant variable qui circule dans la bobine va engendrer un courant dans la boucle conductrice, courant créant à son tour un champ magnétique qui va réagir avec celui de la bobine. L'avantage sur l'aimant permanent vient de ce que le champ de la boucle possède une orientation qui est liée au sens du champ de la bobine : quand l'un change, l'autre change aussi.

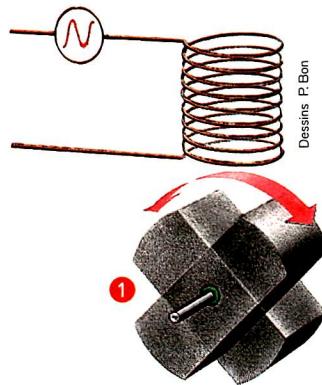
Un anneau placé au bout d'un bobinage parcouru par un courant alternatif est donc toujours repoussé (c'est ainsi qu'on fait tenir une bague en lévitation au dessus d'une bobine). Il reste à transformer cette lévitation en rotation. Pour cela, on commence par mettre un axe qui passe par un des diamètres de l'anneau. En pratique, on remplace d'ailleurs l'anneau par un cadre conducteur rectan-

suite de la page 137

gulaire qui tournera autour d'un axe passant par le milieu des deux petits côtés.

En second lieu, on ne met pas une seule bobine mais trois, disposées en triangle équilatéral. Les trois axes de ces bobines dessinent alors une étoile à trois branches style Mercedes, le cadre étant mis au centre de l'étoile. Enfin, on alimente les bobines avec trois courants alternatifs identiques mais dont les tensions sont décalées de 120° – c'est-à-dire que si, par exemple, l'intervalle entre deux maxima positifs de tension est de 1 s (fréquence 1 Hz), à l'instant zéro le premier courant sera au maximum, au bout d'un tiers de seconde ce sera le deuxième, au bout de deux tiers de seconde le troisième, au bout de trois tiers il se sera écoulé une seconde et c'est le premier courant qui sera revenu au maximum ; et ainsi de suite.

De tels courants, dits triphasés, sont d'usage absolument universel (toute la production et toute



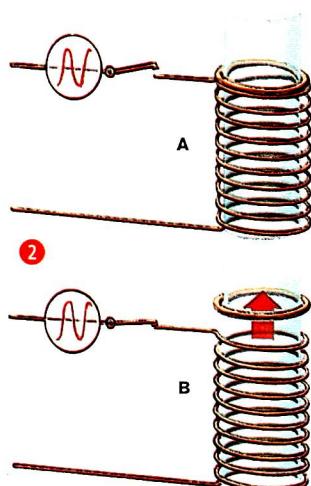
1 Un aimant placé tout près d'un bobinage parcouru par un courant alternatif est sollicité par le champ magnétique créé par ce courant. Mais à peine a-t-il commencé à bouger dans un sens qu'il est renvoyé dans l'autre par les rapides alternances de ce champ ; il oscille, mais ne tourne pas. En revanche, si on le lance à une cadence égale à la fréquence du courant, il accroche les variations de champ et tourne à vitesse constante : c'est un moteur synchrone, qui a le gros inconvénient de ne pas démarrer seul et de n'avoir qu'un seul régime.

conducteurs deux par deux. Quand nos trois bobines disposées en triangle sont alimentées par les trois tensions d'un courant triphasé, la résultante des trois champs magnétiques se comporte comme un seul champ qui tournerait à la fréquence du courant.

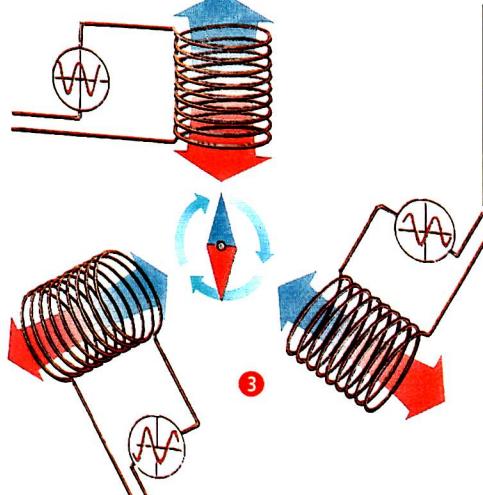
Tout se passe donc comme si un aimant tournait autour du cadre, et cette variation cyclique de champ y fait circuler un courant. Ce dernier, comme nous l'avons vu, engendre à son tour un autre champ magnétique qui réagit avec le premier : le cadre se trouve alors entraîné dans le même sens que le champ tournant et il prend progressivement de la vitesse ; le couple moteur augmente en même temps et atteint un maximum pour un régime un peu inférieur à celui du champ tournant – il baisse ensuite et deviendrait nul si le cadre atteignait la vitesse du champ.

Tel est, schématiquement, le principe du moteur asynchrone

la distribution sont faites en triphasé) et sont constitués en fait de trois courants monophasés. *A priori*, il faudrait donc six fils pour les transporter, mais en réalité il suffit de trois fils car on réunit les

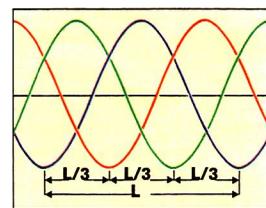


2 Une bague posée sur une bobine (A) est soulevée dès qu'on envoie un courant alternatif dans cette bobine ; en effet, le champ magnétique alternatif ainsi créé induit un courant dans la bague, et ce courant (lui aussi alternatif) engendre à son tour



un champ opposé à celui de la bobine : deux pôles opposés se repoussent et la bague est donc sans cesse repoussée (B) au-dessus de la bobine.

3 On transforme l'effet précédent (opposition entre le champ induit et celui qui lui a donné



Variation des intensités d'un courant triphasé.

naissance) en rotation motrice en disposant en triangle trois bobines, alimentées par trois courants alternatifs identiques, mais décalées de 120° . La résultante des trois champs périodiques ainsi créés se comporte comme un champ magnétique unique

triphasé ; en pratique, le stator est fait de nombreux enroulements tandis que le rotor, lui, est constitué de gros conducteurs parallèles à l'axe et tenus à chaque bout par un cercle de métal, l'ensemble ayant l'apparence d'une cage d'écureuil remplie de tôles feuilletées empilées perpendiculairement à l'axe (d'où le nom de moteur à cage d'écureuil). On ne peut rêver construction plus simple puisqu'elle ne comporte plus ni collecteur, ni balais.

Cela explique son immense diffusion dans l'industrie, et même dans l'électroménager où il doit fonctionner sur du courant monophasé. Dans l'absolu, le moteur asynchrone monophasé ne démarre pas seul car le champ résultant de ceux des bobinages n'est pas équivalent à un seul champ tournant, mais à deux champs égaux tournant en sens contraire : sollicité à l'arrêt par deux couples égaux et opposés, le cadre ne bouge pas.

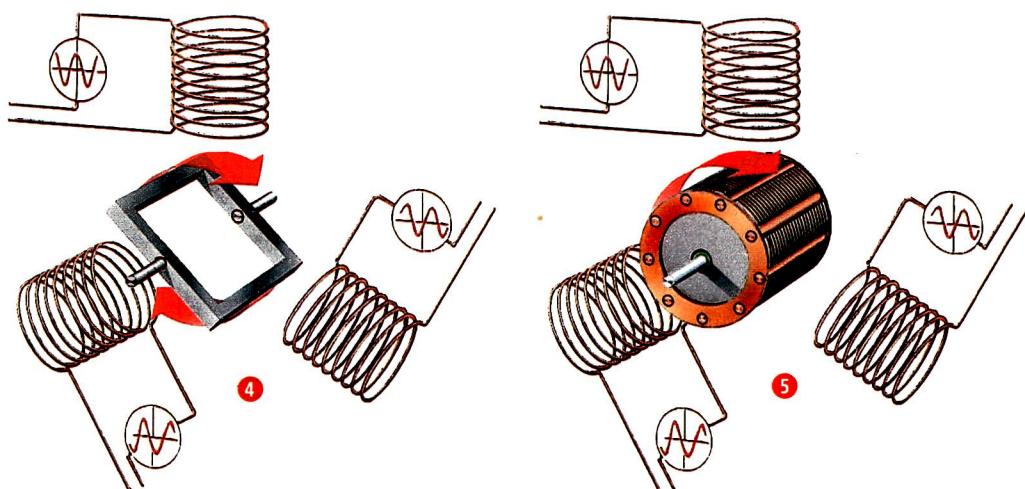
Mais si on le lance, dans un sens ou dans l'autre, l'un des deux champs devient prépondérant et le cadre démarre. Pour qu'il parte seul, on adjoint aux enroulements principaux un petit bobinage dans lequel on envoie un courant qui a été décalé par rapport au courant principal avec une self ou un condensateur. Le pseudo-triphasé ainsi créé suffit à lancer le rotor qui est, là aussi, en cage d'écureuil.

Le moteur asynchrone présente un double avantage : outre son immense simplicité de construction, il garde sensiblement le même régime quand l'effort qu'on lui demande augmente. Sa vitesse varie peu quand la charge varie beaucoup. En contrepartie, son couple au démarrage est faible, ce qui l'avait écarté de la traction électrique. Mais depuis quelque temps sont apparus des GTO (Gate Turn Off), sortes de transistors pour grandes puis-

sances, qui permettent d'envoyer dans un moteur en cage d'écureuil un courant triphasé dont la tension change avec la fréquence (le quotient des deux reste constant).

Moyennant ce pilotage électronique du courant d'alimentation, on peut avoir un moteur en cage d'écureuil dont le couple au démarrage est très fort. De ce fait, il équipe maintenant les trains à grande vitesse allemands type ICE, les rames à deux niveaux du RER C, le TGV Transmanche et certaines locomotives électriques. Mais il lui faut une électronique de commande plus complexe que celle du moteur autosynchrone, ce qui explique qu'on trouve les deux types de moteur sur le matériel ferroviaire sans qu'on puisse parler pour autant d'une supériorité de l'un sur l'autre. ■

LE MOIS PROCHAIN :
La montre à quartz



tournant à la cadence du courant. ④ Si on met un cadre conducteur au centre des trois bobines, le champ tournant y engendre un courant, lequel crée à son tour un autre champ magnétique qui réagit avec le premier. Le cadre se trouve alors entraîné dans

le même sens que le champ tournant mais à une vitesse un peu inférieure (d'où le nom de moteur asynchrone).

⑤ En pratique, le moteur asynchrone ne comporte pas un seul cadre mais plusieurs, sous la forme de gros conducteurs

rectilignes attachés à deux cercles métalliques. L'ensemble a l'allure d'une cage d'écureuil dont l'intérieur serait rempli d'un empilement de tôles feuilletées pour mieux canaliser les lignes de force des champs magnétiques.

ELECTRONIQUE amusante

Une lampe à allumage crépusculaire

Nous vous proposerons, ce mois-ci, de commander l'allumage et l'extinction d'une lampe à partir de la luminosité ambiante. Si ce type de fonctionnement n'a rien de révolutionnaire – il est similaire à celui utilisé pour l'éclairage public –, un tel dispositif présente cependant des avantages, par exemple pour commander l'éclairage d'un jardin ou simuler une présence.

Comme on peut s'en douter, l'élément clé de ce montage est un capteur de lumière. Son principe de fonctionnement général est celui d'un gradateur (variateur d'intensité lumineuse d'une lampe) dont le potentiomètre de commande serait remplacé par une cellule photosensible. En l'occurrence, il s'agit d'une cellule photorésistante du type LDR, qui présente dans l'obscurité une résistance extrêmement élevée. Le condensateur se charge donc du fait de la tension directement prélevée sur le secteur par l'intermédiaire de R_1 . Une fois le condensateur chargé à la tension de déclenchement du diac Dk , soit environ 32 volts, il se décharge

dans la gâchette du triac Tk . Cette décharge provoque, à son tour, le déclenchement du triac, qui fonctionne un peu à la manière d'un relais, et l'ampoule se trouve alors alimentée.

Dès que la LDR reçoit de la lumière, sa résistance chute considérablement. Elle vient donc "court-circuiter" le condensateur, qui ne peut plus se charger jusqu'à la tension de déclenchement du diac. Le triac, ne recevant plus de tension de commande, se comporte alors comme un interrupteur ouvert. La lampe n'est plus alimentée et reste éteinte.

Le faible nombre de composants de ce montage en fait une excellente réalisation d'initiation. Il devra néanmoins être exécuté avec grand soin. En effet, n'oublions pas que si le triac est parfaitement en mesure de travailler directement sur le secteur, il ne constitue en aucun cas une barrière entre celui-ci et les autres composants du montage. Dès la mise sous tension, le secteur se trouve présent sur l'ensemble de la plaquette de câblage, y compris la cellule LDR. Il ne faut donc, dès lors, plus tou-

cher au montage.

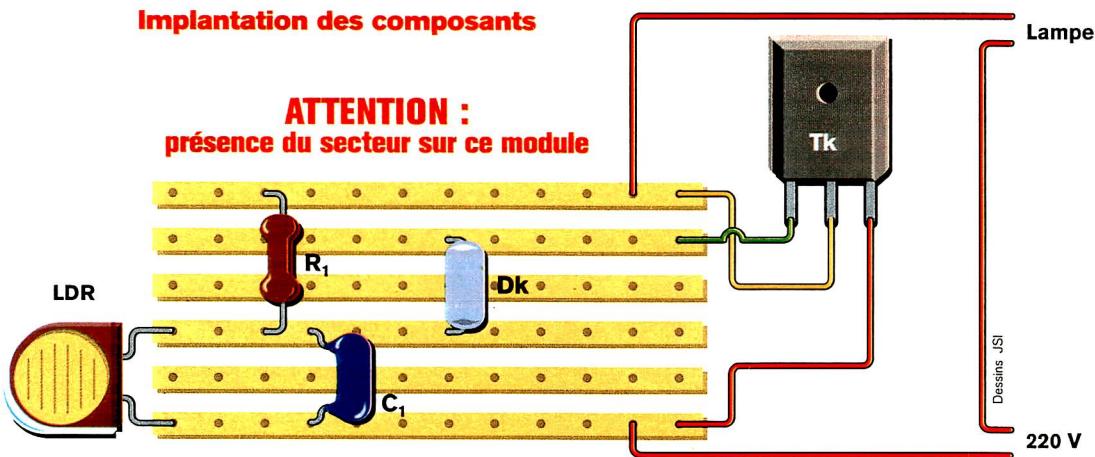
Le câblage lui-même est des plus simples. Il faudra cependant prendre soin de bien respecter le brochage du triac et les coupures de bandes conductrices de la plaquette perforée.

Précisons que si la puissance de l'ampoule à commander reste modeste (de l'ordre d'une centaine de watts), il est inutile de prévoir un radiateur de refroidissement pour le triac. Pour des puissances supérieures, il est conseillé d'équiper ce composant d'une plaquette d'aluminium permettant de dissiper la chaleur qu'il dégage lors de sa commutation. Même ainsi équipé, il est préférable de ne pas demander au triac de commander une puissance supérieure à 1 000 watts – valeur au demeurant très généreuse en matière d'éclairage.

La mise en service définitive de ce montage est également très simple. Il se connecte en série sur le circuit d'alimentation de l'ampoule, exactement à la manière d'un interrupteur. Afin d'obtenir un fonctionnement satisfaisant, mieux vaut respecter une certaine

Implantation des composants

ATTENTION :
présence du secteur sur ce module



distance entre la lampe que commande le montage et la cellule photosensible. Dans le cas contraire, l'éclairement de l'ampoule vient interférer avec la lumière ambiante, ce qui provoque un éclairement partiel de l'ampoule.

Enfin, une fois cette commande crépusculaire terminée, le plus simple est de l'habiller d'un boîtier en plastique transparent contenant l'ensemble des composants. En effet, étant donné la valeur résistive toujours assez élevée de la LDR, il est déconseillé de la raccorder au reste du montage par des fils de grande longueur, ceux-ci risquant d'introduire des parasites venant nuire au fonctionnement du montage.

N'importe quel emballage plastique un peu rigide fait parfaitement l'affaire, et constitue une bonne isolation électrique, tout en permettant à la lumière d'atteindre la cellule photosensible. Précisons que si vous souhaitez utiliser ce montage en extérieur, il faudra veiller à ce qu'il soit à l'abri de la pluie ou, éventuellement, être certain de l'étanchéité du boîtier.

En ce qui concerne les connexions électriques, le plus simple consiste à placer un

domino d'électricien en sortie du montage. Il suffira ensuite de le raccorder à la manière d'un interrupteur. Ici, plus aucun problème ne se pose quant à la longueur des fils de raccordement. Il sera, par exemple, parfaitement possible de placer le boîtier de commande dans une zone protégée (derrière une fenêtre ou à l'abri d'un auvent), puis de "tirer une ligne" pour commander un éclairage de jardin.

Précisons que ce montage ne peut commander que des charges non inductives. Il ne faut donc pas le relier à des dispositifs équipés de tubes ou d'ampoules fluorescents. Sur ce type de matériel, le "starter" ayant pour mission d'assurer l'allumage génère des impulsions haute tension. Si ces dernières sont effectivement appliquées en priorité à l'ampoule, il n'en reste pas moins qu'une partie d'entre elles est répercutée sur le réseau électrique. Les impulsions haute tension se retrouvent donc aux bornes du triac. Celui-ci, conçu pour commander des tensions maximales de 400 volts seulement, est alors rapidement endommagé. Il en va de même pour les ampoules halogènes.

Les ampoules conçues pour fonctionner directement sous 220 volts sont parfaitement utilisables sur ce montage. En revanche, les ampoules basse tension alimentées par l'intermédiaire d'un transformateur sont à proscrire. En effet, le transformateur, tout comme le starter des tubes fluorescents, est inductif. Il risque donc lui aussi de provoquer des pics haute tension destructeurs pour le triac. Mais toutes les ampoules à incandescence, de type classique ou spot, sont parfaitement adaptées à ce montage.

Enfin, il faudra absolument éviter tout court-circuit en sortie. Il est possible de monter en série avec le montage un fusible rapide de 5 ampères, mais si ce dernier permet de protéger le circuit électrique en général, son efficacité est beaucoup plus aléatoire en ce qui concerne la protection du triac. Dans la majeure partie des cas, ce composant est détruit bien avant que le fusible n'ait eu le temps de fondre. ■

LE MOIS PROCHAIN :
Un réducteur de bruits de fond

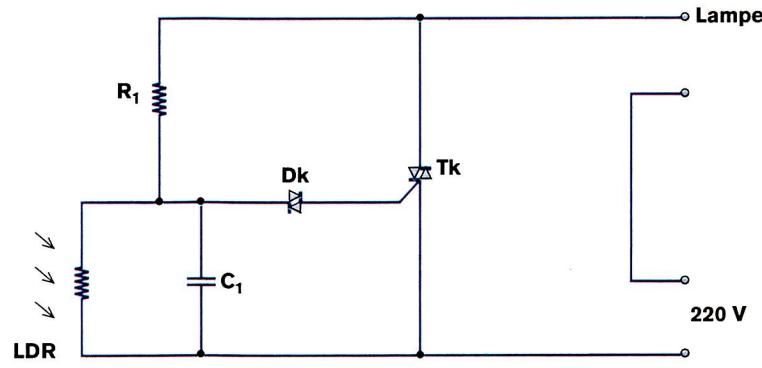
NOMENCLATURE

- R1 = 47 kilohms (jaune, violet, orange, or)
- C1 = 47 nanofarads
- Dk = diac 32 volts
- Tk = triac 400 volts 10 ampères
- LDR = cellule photorésistive

OU 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.

Schéma électrique



Jouons au 421 (suite)

Après avoir étudié, le mois dernier, l'essentiel des fonctions nécessaires au bon déroulement de notre jeu, nous nous attacherons ici à la distribution des jetons. N'oublions pas que, au 421, le but du jeu est de se débarrasser de l'ensemble de ses jetons pour gagner. En début de partie, les onze jetons sont dans une "pioche". En fonction des scores effectués, ils seront distribués soit à l'un des joueurs, soit à l'autre. Précisons que si le nombre de jetons à transférer de la pioche vers le perdant est inférieur à celui correspondant à la valeur du coup, le joueur héritera du solde de la pioche. Une fois la pioche vide, si, sur une fin de partie, l'un des joueurs ne dispose plus que de quelques jetons, il sera déclaré vainqueur dès que le nombre de jetons à transférer sera supérieur ou égal à celui dont il dispose.

- La combinaison la plus forte est le 421, qui provoque le transfert de sept jetons.

- Vient ensuite le brelan, où les trois dés présentent le même chiffre. Le nombre de jetons transférés est égal au chiffre indiqué par les dés. Ce nombre sera donc compris entre 1 et 6.

- Immédiatement en dessous, nous trouvons la combinaison où l'un des dés indique un chiffre et les deux autres un as. Ici encore, le nombre de jetons distribués sera égal au chiffre indiqué par le dé.

- La suite (123, 234, 345 ou 456) vaudra, quant à elle, deux jetons.

- Toutes les autres combinaisons valent un jeton.

C'est le joueur obtenant le score le plus élevé qui est désigné vainqueur du coup. A part pour le premier jet, où l'ordre de jeu est laissé au choix des partici-

pants, c'est le joueur ayant réalisé le moins bon score qui relance les dés. Si, à l'issu d'une série de jets, les résultats sont identiques, les joueurs sont départagés sur un coup de dé unique.

La partie se termine dès que l'un des participants s'est débarrassé de ses jetons. Si le lancer des dés constitue un élément essentiel du jeu, la répartition des jetons n'en est toutefois pas moins importante.

Passons donc à l'étude de la sous-routine chargée de cette tâche. Pour l'insérer dans notre programme, il faut supprimer le RETURN de la ligne 1390 précédemment introduit.

En premier lieu, nous initialiserons les variables nécessaires au contrôle. La sous-routine commencera par vérifier si la pioche est vide, puis déterminera lequel des deux participants a réalisé le meilleur score. Tant que la pioche contient des jetons, la sous-routine les distribue : grâce aux lignes 1430 à 1520, si c'est le joueur qui a réalisé le meilleur coup ; et des lignes 1540 à 1620, si c'est l'ordinateur.

Si la pioche est vide, la sous-routine se rend directement en ligne 1660. Ici encore, le programme commence par vérifier qui a réalisé le meilleur jet. La sous-routine exploite, suivant le cas, soit les lignes 1670 à 1720, soit les lignes 1730 à 1820.

Dans tous les cas, cette sous-routine travaille essentiellement sur quatre variables : PJ, PM, TJ et TM, qui correspondent au nombre de jetons du joueur, à celui dont dispose l'ordinateur, à la force du coup réalisé par le joueur et à celle du coup de la machine. Ensuite, un contrôle des jetons restants dans chaque camp est effectué. Dès l'épuise-

ment de l'un des tas, son possesseur est proclamé vainqueur de la partie. Ce fait est mémorisé par le passage à 1 de la variable FJ, si le joueur gagne, ou FM, si c'est l'ordinateur. Les lignes 1850 à 2000 auront pour mission d'afficher les jetons présents dans la pioche et chez chaque participant tout au long du jeu.

La frappe de ce programme ne doit pas poser de problème particulier. Seules de petites adaptations peuvent être nécessaires en fonction du type de machine utilisé. En effet, sur 486, son exécution est volontairement ralentie par des boucles d'attente réalisées autour de la variable T. Elles se présentent, intercalées dans certaines lignes, sous la forme : FOR T = 1 TO 10000 : NEXT T. Si ces boucles d'attente permettent, dans notre cas, de donner un certain réalisme aux animations, elles peuvent, en revanche, générer une certaine lenteur d'exécution sur des machines moins puissantes. Si vous possédez un 286, le plus simple est de les éliminer totalement. Sur un 386, on pourra remplacer 10000 par 1000. En résumé, cette valeur devra être ajustée en fonction de l'équipement dont vous disposez, de manière à obtenir le plus de réalisme possible.

L'utilisation de ce logiciel est également simple. Dès sa mise en route, l'ordinateur demande si vous souhaitez commencer ou non. En fonction de la réponse, il engagera ou non la partie. Ensuite l'alternance des coups est gérée automatiquement.

Pour relancer un dé, il suffit de taper son numéro d'ordre : premier, second ou troisième sur le clavier numérique. Après avoir ainsi sélectionné le ou les dés à rejouer, la relance est provoquée par la frappe de la touche "entrée". Il est possible que vous souhaitiez conserver votre lan-

cer avant d'avoir atteint le nombre de jets maximum dont vous disposez. Dans ce cas, il suffit, au lieu d'indiquer un numéro de dé, de taper 0 pour passer la main à l'ordinateur. Il mémorisera aussitôt le nombre maximum de coups dont il dispose pour jouer.

Notons à ce propos que, au 421, en ce qui concerne le nombre de jets, deux règles sont admises. Certains joueurs imposent à leur adversaire de réussir un coup supérieur ou égal, avec exactement le même nombre de lancers. Pour d'autres, le règlement est légèrement différent. Le joueur qui entame la série de lancers fixe par son nombre de jets leur nombre maximum. Mais libre à chaque participant d'interrompre sa série avant s'il le juge opportun. C'est cette dernière règle que nous appliquerons.

Pour terminer, rappelons que si ce programme ne comporte pas de touches permettant d'interrompre directement son exécution, c'est tout simplement parce qu'il s'agit là d'une fonction existant dans tous les Basic. Régulièrement, certains lecteurs nous écrivent pour signaler que, pour interrompre l'exécution des jeux que nous proposons, la seule solution consiste à éteindre l'ordinateur. Non, non et non ! Couper l'alimentation d'un ordinateur lorsqu'il est en train d'exécuter un programme n'est pas conseillé. Donc, pour interrompre l'exécution de ce jeu, comme de tous ceux que nous proposons, et revenir au listing, il suffit de maintenir appuyées simultanément les touches "contrôle" (souvent marquée "ctrl" sur le clavier) et "pause"...

LE MOIS PROCHAIN :
Saut de lapin

```

1360 REM ****
1370 REM *Sous-routine distribution jetons. *
1380 REM ****
1390 LET CL=3:LET J=0:LET M=0:LET DEB=0
1400 IF P=0 THEN GOTO 1660
1410 IF TM >= TJ THEN GOTO 1520
1420 LET DEB=0
1430 IF TJ=0 THEN LET PM=PM+1:LET P=P - 1:GOTO 1830
1440 IF TJ=1 AND P>1 THEN LET PM=PM+2:LET P=P-2:GOTO 1830
1450 IF TJ=1 THEN LET PM=PM+P:LET P=0:GOTO 1830
1460 IF TJ=2 AND P > INT(LJ/100) THEN
    LET PM=PM+INT(LJ/100):LET P=P - INT(LJ/100):GOTO 1830
1470 IF TJ=2 THEN LET PM=PM+P:LET P=0:GOTO 1830
1480 IF TJ=3 AND P > INT(LJ/100) THEN
    LET PM=PM+INT(LJ/100):LET P=P - INT(LJ/100):GOTO 1830
1490 IF TJ=3 THEN LET PM=PM+P:LET P=0:GOTO 1830
1500 IF TJ=4 AND P>7 THEN LET PM=PM+7:LET P=P-7:GOTO 1830
1510 IF TJ=4 THEN LET PM=PM+P:LET P=0:GOTO 1830
1520 IF TM=TJ THEN GOTO 1630
1530 LET DEB=1
1540 IF TM=0 THEN LET PJ=PJ+1:LET P=P - 1:GOTO 1830
1550 IF TM=1 AND P > 1 THEN LET PJ=PJ+2:
    LET P=P - 2:GOTO 1830
1560 IF TM=1 THEN LET PJ=PJ+P:LET P=0:GOTO 1830
1570 IF TM=2 AND P > INT(LM/100) THEN
    LET PJ=PJ+INT(LM/100):LET P=P - INT(LM/100):GOTO 1830
1580 IF TM=2 THEN LET PJ=PJ+P:LET P=0:GOTO 1830
1590 IF TM=3 AND P > INT(LM/100) THEN
    LET PJ=PJ+INT(LM/100):LET P=P - INT(LM/100):GOTO 1830
1600 IF TM=3 THEN LET PJ=PJ+P:LET P=0:GOTO 1830
1610 IF TM=4 AND P > 7 THEN LET PJ=PJ+7:
    LET P=P - 7:GOTO 1830
1620 IF TM=4 THEN LET PJ=PJ+P:LET P=0:GOTO 1830
1630 IF LJ > LM THEN GOTO 1420
1640 IF LJ < LM THEN GOTO 1530
1650 IF LJ=LM THEN LET CL=2:RETURN
1660 IF TM >= TJ THEN GOTO 1730
1670 LET DEB=0
1680 IF TJ=0 THEN LET PM=PM+1:LET PJ=PJ - 1:GOTO 1830
1690 IF TJ=1 THEN LET PM=PM+2:LET PJ=PJ - 2:GOTO 1830
1700 IF TJ=2 THEN LET PM=PM+INT(LJ/100):
    LET PJ=PJ - INT(LJ/100):GOTO 1830
1710 IF TJ=3 THEN LET PM=PM+INT(LJ/100):
    LET PJ=PJ - INT(LJ/100):GOTO 1830
1720 IF TJ=4 THEN LET PM=PM+7:LET PJ=PJ - 7:GOTO 1830
1730 IF TM=TJ THEN GOTO 1800
1740 LET DEB=1
1750 IF TM=0 THEN LET PJ=PJ+1:LET PM=PM - 1:GOTO 1830
1760 IF TM=1 THEN LET PJ=PJ+2:LET PM=PM - 2:GOTO 1830
1770 IF TM=2 THEN LET PJ=PJ+INT(LM/100):
    LET PM=PM - INT(LM/100):GOTO 1830
1780 IF TM=3 THEN LET PJ=PJ+INT(LM/100):
    LET PM=PM - INT(LM/100):GOTO 1830
1790 IF TM=4 THEN LET PJ=PJ+7:LET PM=PM - 7:GOTO 1830
1800 IF LJ > LM THEN GOTO 1670
1810 IF LM > LJ THEN GOTO 1740
1820 IF LM > LJ THEN LET CL=2:GOTO 580
1830 IF PJ <= 0 AND P=0 THEN LET FJ=1:RETURN
1840 IF PM <= 0 AND P=0 THEN LET FM=1:RETURN
1850 LOCATE 7,2:PRINT STRING$(11,32)
1860 LOCATE 7,21:PRINT STRING$(11,32)
1870 LOCATE 7,41:PRINT STRING$(11,32):COLOR 14
1880 FOR I=2 TO P+1
1890 LOCATE 7,I:PRINT "O"
1900 NEXT I
1910 FOR I=21 TO 20+PJ
1920 LOCATE 7,I:PRINT "O"
1930 NEXT I
1940 FOR I=41 TO 40+PM
1950 LOCATE 7,I:PRINT "O"
1960 NEXT I
1970 PRINT CHR$(7)
1980 FOR T=1 TO 10000:NEXT T
1990 LET TJ=0:COLOR 15:RETURN

```

Tant qu'il y aura des enzymes

Au début du XIX^e siècle, les théories vitalistes tiennent le haut du pavé. Les substances organiques (celles fabriquées par les êtres vivants) sont le plus souvent considérées comme différentes, par nature, des substances non organiques, car ces dernières peuvent être synthétisées en laboratoire, tandis que les premières relèveraient d'une mystérieuse "force vitale".

Une première découverte devait mettre à mal cette conception : en 1828, F. Wöhler (1800-1882) montra qu'il était possible de synthétiser une substance organique, l'urée, en l'absence de tout être vivant. «Je peux faire de l'urée sans avoir besoin de reins ou même d'un animal, fût-il homme ou chien», déclarait-il alors.

A la même époque, J.-J. Berzelius (1779-1848) suggéra l'existence, chez les êtres vivants, d'une force catalytique. Depuis 1812, on savait que certaines substances étaient capables d'accélérer des réactions chimiques sans être elles-mêmes modifiées par la réaction. Ce type de substance chimique est appelé catalyseur. Les catalyseurs connus étaient des métaux, comme le platine, et on n'en trouvait pas chez les êtres vivants.

Deux chimistes français, A. Payen (1795-1871) et J.-F. Persoz (1805-1868), démontrèrent en 1830 qu'une substance extraite de l'orge germé était capable de provoquer la dégradation de l'amidon dans des conditions compatibles avec la vie et à une vitesse bien supérieure à celle obtenue par les moyens de la chimie. Trois ans plus tard, ils isolèrent cette substance et montrèrent qu'un produit similaire est présent dans la salive.

Il existait donc des catalyseurs chez les êtres vivants. C'était la première enzyme (qu'on appela

alors "diastase") dont l'existence était mise en évidence – même si le nom ne fut créé qu'en 1878 par W. Kühne (1837-1900). Les découvertes se multiplièrent alors, et de nombreuses "diastases" purent être isolées d'une multitude de tissus végétaux et animaux.

On découvrit que chacune d'entre elles ne catalysait, en général, qu'une seule réaction chimique. Les travaux de E. Fischer (1852-1919) le conduisirent à proposer un modèle expliquant cette action spécifique des enzymes : le substrat (la substance sur laquelle

agit une enzyme pour la transformer en une autre substance) peut être assimilé à une clé, tandis que l'enzyme correspond à la serrure. Cette façon de voir était assez prophétique, puisque nous savons aujourd'hui que les molécules de substrat se lient effectivement à une région de la molécule d'enzyme qui possède une forme complémentaire, et que l'on appelle le site actif de l'enzyme.

Toutefois, à la fin du XIX^e siècle, les réactions enzymatiques étudiées restaient relativement simples par rapport à la complexité

Ces enzymes qui dégradent l'amidon

Le mois dernier, nous avons mis en évidence la production d'une enzyme par la levure. Ce mois-ci, nous allons réaliser des expériences similaires à celles de Persoz et Payen, permettant d'étudier *in vitro* des enzymes qui dégradent les molécules d'amidon, des amylases.

La préparation des amylases

- Amylase de germe de blé : Prendre deux cuillerées à café rases de germes de blé en poudre (par exemple Germalyne ou Gerblé, au rayon diététique des grands magasins) et les délayer longuement dans un verre d'eau. Filtrer sur un filtre à café que l'on aura d'abord mouillé. Récupérer le filtrat jaune-vertâtre qui contient l'enzyme.
- Amylase de la salive : Récupérer de la salive dans un petit verre et ajouter un grain de sel. On pourra activer la sécrétion par des mouvements masticatoires "à vide" ou en mâchant un morceau de bougie. Laisser se séparer la mousse de la partie liquide et récupérer cette dernière, qui contient l'enzyme, avec un compte-gouttes ou une seringue.

Comment procéder ?

Préparer une solution d'amidon : remplir un verre de table avec de l'eau (environ 100 ml). En verser les 3/4 dans une petite casserole



et porter à ébullition. Pendant ce temps, prendre une pincée de Maïzena et la mélanger avec ce qui reste d'eau froide dans le verre. Lorsque l'eau arrive à ébullition, baisser le chauffage et verser le mélange Maïzena-eau froide dans l'eau bouillante, cuillerée à café par cuillerée à café, en mélangeant à chaque fois. Laisser refroidir et attendre que les particules non

des phénomènes vitaux. E. Buchner (1860-1917) démontra en 1896 qu'un processus vital complexe, la fermentation alcoolique, pouvait être réalisé *in vitro* en mettant en présence du sucre et un extrait acellulaire de levures. Cependant, un chimiste et œnologue français, Mollerat, dont l'Histoire n'a pas retenu le nom, avait présenté dès 1845 une communication au Congrès des vignerons, à Dijon, dans laquelle il décrivait une expérience similaire à celle qui valut la gloire scientifique à Büchner. Mais, surtout intéressé par les aspects pratiques de ses travaux, il n'en développa guère le côté "recherche fondamentale".

Quoi qu'il en soit, le point crucial de ces expériences est qu'un jus, extrait de levures mais dépourvu de toute cellule, est capable de fermenter le sucre comme le font les cellules de levure. Ainsi, une activité vitale complexe peut s'expliquer simplement en termes de chimie, et ne nécessite en rien le recours à une mystérieuse "force vitale".

Dès lors, de nombreux travaux furent consacrés à la recherche sur les enzymes. Il devenait possible de démontrer pièce à pièce l'ensemble des réactions chimiques qui se déroulent au sein d'une cellule et assurent son fonctionnement. Chaque réaction pouvait ainsi être

étudiée *in vitro*. On constata que les enzymes étaient toutes des protéines, c'est-à-dire de grosses molécules (des macromolécules) constituées d'un enchaînement de briques élémentaires, les acides aminés. De plus, les protéines extraites d'espèces différentes sont toujours constituées des mêmes acides aminés en nombre réduit, une vingtaine chez tous les êtres vivants. Ainsi, à partir d'un nombre limité de pièces élémentaires, les cellules sont capables d'élaborer de très grosses molécules, permettant des cascades de réactions chimiques aussi complexes que la fermentation ou la respiration.

De même qu'on avait mis en évidence la profonde unité du monde vivant au niveau cellulaire, on en arrivait à la notion d'unité biochimique : des organismes aussi différents que la levure et l'homme fabriquaient des molécules dotées de fonctions identiques et, qui plus est, de constitutions chimiques étroitement apparentées. Ces observations confortaient la théorie de l'évolution, selon laquelle tous les organismes vivants dérivent d'ancêtres communs.

Mais, en raison des difficultés techniques, de la fragilité des enzymes et de leur faible concentration dans les cellules, ce n'est qu'en 1926 que, pour la première fois, une enzyme put être cristallisée. J. B. Sumner (1887-1955), biochimiste américain, purifia et cristallisa l'uréase extraite d'un haricot. L'uréase dégrade l'urée en ammoniaque et en dioxyde de carbone. Les travaux sur les enzymes prirent alors une importance considérable, que nous évoquerons le mois prochain. ■

Les enzymes en action

Progressivement, la zone décolorée va s'agrandir, montrant que l'amidon disparaît, dégradé par l'enzyme. Les molécules d'amidon sont constituées de longues chaînes en hélice régulière formées de molécules de glucose mises bout à bout. Dès que les chaînes possèdent moins de 36 molécules de glucose, elles ne retiennent plus l'iode, et la coloration bleue disparaît. Les effets des enzymes de la salive et du blé sont différents.

- L'enzyme de la salive attaque les molécules d'amidon au milieu de l'hélice tant que celle-ci contient encore au moins trois molécules de glucose et libère donc des fragments de plus en plus petits (finalement, des fragments formés de deux molécules de glucose, le maltose). Les fragments de moins de 36 unités perdent leur couleur et la tache qui se développe ① a une forme d'étoile, constituée de rayons clairs et foncés alternés. La couleur passe d'embée du bleu au blanc.
- Au contraire, l'enzyme du blé attaque les hélices de glucose par leurs extrémités en libérant du maltose. La tache qui se développe ② s'éclaircit petit à petit le long d'une ligne de front sans qu'y apparaissent des rayons aussi nets que précédemment. Mais, au bout du compte, l'ensemble des molécules d'amidon est dégradé en maltose dans les deux cas et la coloration disparaît progressivement dans les deux assiettes.



dissoutes aient décanté. Récupérer la solution sans particules et la colorer par une goutte de teinture d'iode aqueuse (en pharmacie). Verser de la solution d'amidon colorée en bleu dans deux assiettes transparentes. Avec un compte-gouttes, déposer délicatement, au centre, une dizaine de gouttes de chaque enzyme, de façon à obtenir une tache claire circulaire.

LE MOIS PROCHAIN :
Des enzymes par milliers

journal de L'ASTRONOME

Les novæ et supernovæ

La voûte céleste étoilée donne l'impression d'être immuable. Les Anciens, pour cette raison, l'avaient d'ailleurs appelée la "sphère des fixes". Hormis le déplacement des planètes et les passages de comètes, il arrive pourtant de temps en temps qu'une étoile nouvelle apparaisse. Les Chinois furent témoins d'un tel phénomène en 1054, Tycho Brahé en 1572 et Kepler en 1604. Il s'agit de ce qu'on appelle nova ou supernova (novæ et supernovæ au pluriel).

En fait, l'étoile observée n'est

pas nouvelle. Elle existait bien à cet endroit du ciel mais son éclat était trop faible pour qu'elle soit visible à l'œil nu. Un phénomène complexe l'a pratiquement fait exploser, augmentant sa luminosité plusieurs milliers ou millions de fois, et l'étoile est devenue visible sans instrument, parfois même en plein jour. Au bout d'un certain temps – cela peut aller de quelques jours à plusieurs mois –, l'éclat baisse graduellement jusqu'à ce que l'étoile disparaîsse à la vue.

Novæ et supernovæ diffèrent

par leur éclat mais aussi par leur fréquence et, surtout, par le phénomène qui les provoque.

Une nova est une étoile qui, au cours de sa vie, expulse ses couches superficielles. Il s'agit donc bien d'une explosion, mais la matière ainsi chassée ne représente que 0,1 % de la masse de l'étoile. La variation totale de luminosité peut atteindre 13 magnitudes, dont 9 en une seule journée. On a observé environ 180 novæ dans notre galaxie et on estime qu'il s'en produit beaucoup plus, peut-être deux ou trois par mois ; seulement, la plupart doivent être trop éloignées pour que nous puissions les observer.

Selon la vitesse de décroissance de leur éclat, on classe les novæ en quatre catégories :

- les nova "rapides" baissent de trois magnitudes en moins de cent jours ;
- les "lentes" enregistrent la même chute, mais en deux cents jours environ ;
- les "très lentes" décroissent de trois magnitudes en mille jours ou plus ;
- enfin, les "récurrentes" forment une catégorie bien particulière. Il s'agit de novæ qui explosent plusieurs fois ! Par exemple, l'étoile RS Ophiuchi a vu son éclat augmenter de 7 à 8 magnitudes en 1898, 1933 et 1958. Ce sont, bien entendu, des astres à surveiller tout particulièrement.

Une supernova est due à un processus tout à fait différent. Il s'agit du dernier stade dans la vie d'étoiles supermassives, lorsque celles-ci en arrivent à la transmutation du fer. Cette réaction ne produit pas d'énergie mais, au contraire, en consomme. L'étoile implose littéralement, s'effondrant sur elle-même. Quand les couches externes atteignent le cœur de

15 octobre,
23 h

Cérès

Sud

2/10
5/10
7/10
17/10
22/10
27/10
1/11
6/11

Rendez-vous du mois

Le 15 octobre,
à 23 h, l'astéroïde
Cérès est dans la
Baleine (Cetus).
Cérès est en
opposition le 28
octobre. On
recherchera l'objet
(magnitude 7,5)
grâce à la carte
ci-contre.



l'étoile, une réaction inverse se produit. L'étoile explode en dispersant dans l'espace la quasi-totalité de sa matière. Le cataclysme dépasse tout ce qu'on peut imaginer. En l'espace de quelques secondes, l'astre peut rayonner d'autant d'énergie que toute sa galaxie ! En quelques heures seulement, l'augmentation d'éclat est supérieure à 13 magnitudes.

Les supernovæ sont rares dans notre galaxie, environ une dizaine en deux mille ans, la dernière datant de 1604... Elles sont divisées en deux classes : ● le type I est caractérisé par un maximum très pointu et une décroissance de lumière très rapide ; ● le type II, au contraire, a un maximum d'éclat plus amorti, une décroissance rapide dans un premier temps, puis lente.

**Le 6 octobre, vers 17 h 30,
rapprochement
Mars, Mercure et Jupiter.**

Les processus à l'origine des novæ et supernovæ sont encore mal connus. L'observation de ces phénomènes est donc capitale. Encore faut-il les détecter, et cela le plus tôt possible après leur commencement. C'est là que les astronomes amateurs, même débutants, ont un rôle à ►

16 octobre,
17 h

Mercure

Mars

Lune

Sud-ouest

Le 16 octobre, à 17 h. Fin croissant de Lune avec lumière cendrée, en conjonction avec Mercure et Mars.

suite de la page 147

jouer. Eux seuls sont en effet disponibles pour surveiller le ciel en permanence. Seulement, la technique diffère selon qu'on s'attaque à la recherche de novæ ou de supernovæ.

Les novæ n'ont pas un éclat suffisant pour être observables dans les autres galaxies. C'est donc dans la nôtre qu'on les recherchera. En théorie, il n'y a pas de zones privilégiées à surveiller, mais il est évident que les chances de découverte seront d'autant plus importantes que la zone considérée est riche en étoiles. En ce sens, on surveillera plus particulièrement les constellations traversées par l'équateur galactique, autrement dit par la Voie lactée.

La recherche consiste à comparer la zone observée avec une carte céleste, de façon à détecter l'apparition éventuelle d'une nova. Si l'on opère à l'œil nu, le problème est relativement simple. En revanche, avec une paire de jumelles, il faudra s'armer d'une carte détaillée montrant les étoiles jusqu'à la magnitude limite de l'instru-

ment. Rappelons que des jumelles de 50 mm de diamètre ont une magnitude limite de 10.

Petit à petit, l'observateur, s'il est assidu, mémorisera les étoiles jusqu'à connaître le ciel par cœur, et n'aura plus besoin de recourir à une carte pour savoir si une étoile est apparue ou non. En cas de découverte, il faudra prévenir un observatoire ou un amateur chevronné qui donnera l'alerte à l'ensemble de la communauté astronomique. Toutefois, il faudra auparavant s'assurer qu'il s'agit bien d'une nova et non pas d'un astéroïde ou d'une comète.

Dernier conseil au débutant : ne pas chercher à surveiller une zone trop étendue, voire le ciel entier. Il vaut mieux commencer par une portion restreinte que l'on connaîtra rapidement par cœur, puis, avec l'habitude, étendre la zone.

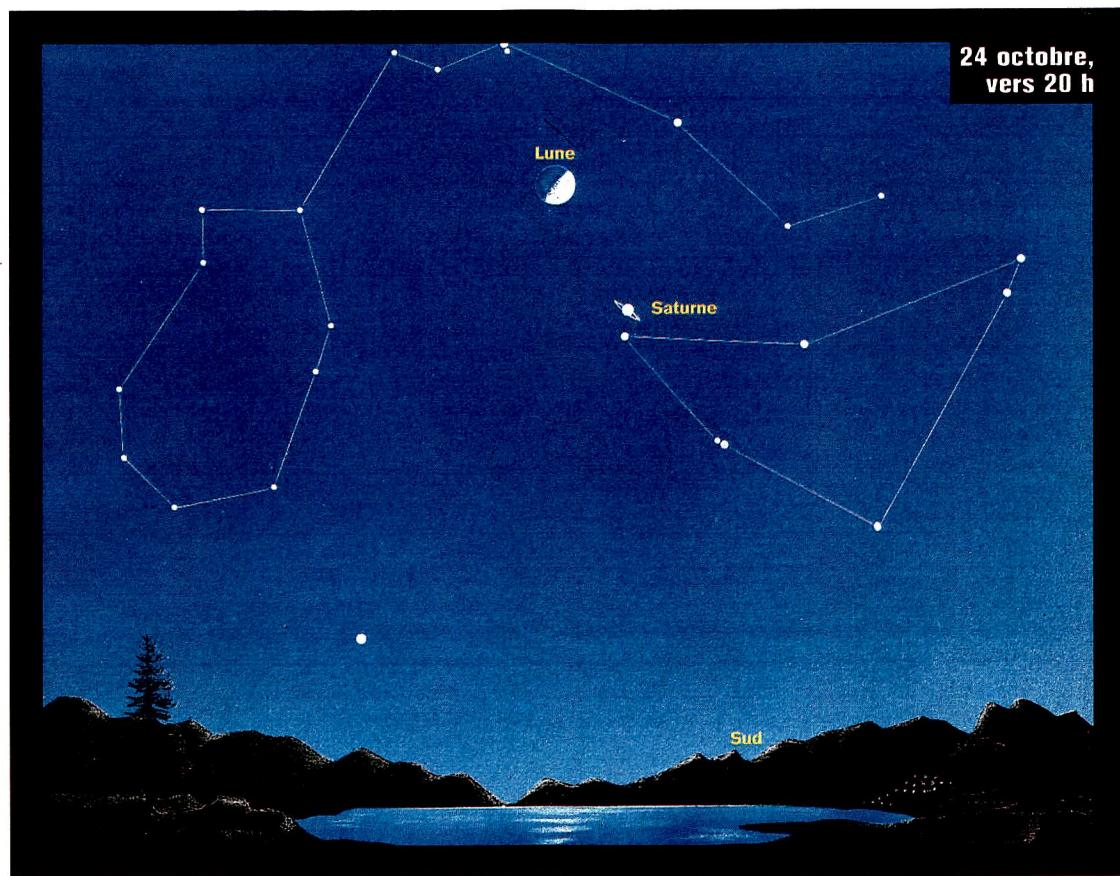
Les supernovæ, ainsi que nous l'avons vu, sont beaucoup plus rares, en moyenne une tous les deux cents ans dans notre galaxie. Fort heureusement, leur brillance est telle qu'elles peuvent être observées lorsqu'elles

se produisent dans les autres galaxies ; c'est ce qu'on appelle des supernovæ extragalactiques. La première fut observée en 1885 dans la galaxie d'Andromède, M 31. C'est un amateur français, L. Gully, professeur de mathématiques à Rouen, qui la découvrit.

La découverte des supernovæ extragalactiques nécessite l'emploi d'un instrument. Lunette ou télescope conviennent, seul le diamètre a de l'importance : plus il est grand, plus le nombre de galaxies accessibles est élevé et plus les supernovæ peuvent être découvertes à faible éclat, c'est-à-dire lorsqu'elles commencent à monter en lumière.

L'observateur utilisera un grossissement égal au rayon de l'objectif ou du miroir de l'instrument, soit, par exemple, 100 fois pour un télescope de 200 mm. C'est celui qui donne la meilleure définition d'image et, surtout, le meilleur contraste entre les étoiles faibles et le fond de ciel. Naturellement, on opérera dans un site approprié, que la lumière polluera le moins possible.

L'observation se déroule en deux temps. D'abord, on fait le pointage de la galaxie, puis on recherche les éventuelles supernovæ. Comme les chances de découverte sont proportionnelles au nombre de galaxies observées, on a intérêt à en inspecter un maximum. Toutefois, pour le débutant, la plus grosse perte de temps viendra du pointage et de l'identification des galaxies. On peut donc recommander de commencer les recherches avec un petit nombre d'objets, 5 à 10, qu'on observera une à deux fois par semaine, plus si c'est possible. A force de pointer les mêmes galaxies, cette phase ne posera bientôt plus de problème. On



Le 24 octobre, vers 20 h, la Lune et Saturne ont rendez-vous.

pourra alors agrandir son répertoire en ajoutant deux ou trois autres galaxies.

Dans l'opération d'observation, il est nécessaire de disposer d'un document de référence, — photographie ou dessin de la galaxie —, pour déceler une étoile nouvelle. Fort heureusement, ces documents sont maintenant accessibles aux amateurs. Il en existe principalement deux.

Le premier, photographique, couvre le ciel entier et concerne plusieurs centaines de galaxies jusqu'à la magnitude 15,5. C'est le *Photographic Atlas for Supernovae Search*, de Manuel Lopez Alvarez (Argentine), édité en trois volumes qui couvrent res-

pectivement les zones -90°/-20°, -20°/20°, et 20°/90°. Ce dernier volume, qui vient de paraître, sera particulièrement intéressant pour les observateurs de l'hémisphère nord.

Le second document est un atlas dessiné. Réalisé par Thompson et Bryan, le *Supernova Search Charts* comporte au total 247 planches format A4, et concerne plus de 300 galaxies choisies en fonction de leur "productivité" en supernovæ. Cet ouvrage constitue donc un véritable programme d'observation.

On ne saurait trop encourager les amateurs à se lancer dans ce genre d'observations, qui ne re-

quièrent que peu de connaissances et de matériel (il suffit de faire preuve de patience et d'assiduité...), les découvertes éventuelles étant de toute première importance pour la connaissance de l'évolution stellaire.

LE MOIS PROCHAIN :

Une éclipse de Lune

Les atlas cités dans le texte sont importés et diffusés par la Maison de l'astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris. Tél. : 1 42 77 99 55. Renseignements sur simple demande.



Finzo

Des lettres et des chiffres

Avez-vous réussi à obtenir ce fameux CARRE avec quatre fois un VALET ? Vous pouvez vérifier dans les solutions ci-dessous... Nous espérons que ce petit entraînement vous aura fait prendre goût à l'art subtil des cryptarithmes. Rappelons que le cryptarithme est une opération codée dans laquelle :

- chaque chiffre est toujours représenté par une même lettre ;

- une même lettre remplace toujours le même chiffre ;
- aucun nombre ne commence par 0 (zéro) ;
- l'opération est exacte.

Tout cryptarithme qui se respecte n'admettra qu'une solution. Ce sera le cas de ceux présentés ici. Le principal cri-

tere de beauté sera la possibilité d'atteindre la solution avec le minimum de tâtonnements. Enfin, les puristes attacheront une importance particulière à la cohérence de l'énoncé. Heureusement, il n'existe pas de recette miracle pour résoudre tous les cryptarithmes.

Voici un échantillon aux multiples facettes.

Un peu d'astronomie :

$$\begin{array}{r}
 \text{M} \quad \text{A} \quad \text{R} \quad \text{S} \\
 + \quad \text{T} \quad \text{E} \quad \text{R} \quad \text{R} \quad \text{E} \\
 + \quad \text{S} \quad \text{O} \quad \text{L} \quad \text{E} \quad \text{I} \quad \text{L} \\
 \hline
 \text{A} \quad \text{S} \quad \text{T} \quad \text{R} \quad \text{E} \quad \text{S}
 \end{array}$$

Nouvelle opération :

$\text{DIX}^2 - \text{SIX}^2 = \text{SEIZ} \times 4$ (4 et 2 peuvent faire partie des valeurs codées.)

Les solutions du n° 912

● Cet étrange nombre 73

Si a et b sont les deux tranches d'un nombre N quelconque, multiple du nombre n cherché, l'expression

- (1) $100a + b$ est multiple de n.
- Elevons (1) au carré :

$$10000a^2 + 200ab + b^2 \quad (2).$$

- (2) est multiple de n.

Multipliions (1) par 200 a :

$$20000a^2 + 200ab \quad (3).$$

- (3) est multiple de n.

Soustrayons (2) à (3) :

$$10000a^2 - b^2 \quad (4).$$

- (4) est multiple de n.

On cherche a et b tels que $a^2 + b^2$ (5) soit multiple de n.

$$(4) + (5) = 10001 a^2, \text{ nombre également multiple de n.}$$

Donc, n est un diviseur de 10 001. Les trois diviseurs

de 10 001 sont n = 1 (solution triviale), n = 73 (solution déjà connue), et n = 137 (le nombre cherché).

● La bande des 9

A	B	C
D	E	F
G	H	I

D'après le résultat indiqué en avant-propos de l'énoncé, on a : $D + E + F = 18$.

D'après l'énoncé :

$$\begin{array}{r}
 \text{C} \quad \text{F} \quad \text{I} \\
 + \quad \text{A} \quad \text{D} \quad \text{G} \\
 \hline
 \text{B} \quad \text{E} \quad \text{H}
 \end{array}$$

Un petit tour au zoo :

$$\begin{array}{r}
 \text{L} \quad \text{I} \quad \text{O} \quad \text{N} \quad \text{N} \quad \text{E} \\
 + \quad \text{T} \quad \text{I} \quad \text{G} \quad \text{R} \quad \text{E} \\
 \hline
 \text{T} \quad \text{I} \quad \text{G} \quad \text{R} \quad \text{O} \quad \text{N}
 \end{array}$$

Dans celui-ci (proposé par François Brassaud, lecteur du défunt magazine *Jeux & Stratégie*), la preuve par 9 sera d'un précieux secours.

Anti-cryptarithme :

$$2864 \times 2 = 5728$$

Par quelles lettres, parmi I, V, X, L, C, D et M, faut-il remplacer chaque chiffre pour que la multiplication reste correcte en chiffres romains ?

Enfin, quelques autres variantes sur le même principe :

Question :

« Sachant que DEUX divise HUIT et DOUZE, que vaut DIX ? »

Affirmation :

« On a CINQ < SEPT < ONZE < SEIZE. CINQ, SEPT et ONZE sont des nombres premiers et SEIZE est un carré parfait. » (Patrice Bacher, J & S).

Que vaut UN ?

« Pour écrire en chiffres tous les nombres entiers de UN à DEUX inclus, j'ai utilisé UNE fois le chiffre X. Que vaut UN ? »

**Les solutions...
dans le prochain numéro !**

Donc, la somme F + D + une éventuelle retenue se termine par E.

Ceci n'est possible que si $D + F = E = 9$ ou $D + F = 14$ et $E = 4$. Quelques tâtonnements montrent que seul le deuxième cas est possible. On a donc $D + F = 14$ et $B + H = 14$. Les deux seuls couples pouvant donner 14 sont 8 et 6, et 9 et 5.

A partir de là, on trouve facilement la solution en quelques essais.

3	5	1
6	4	8
2	9	7

On vérifie que $648 = 351 + 297$ et $549 = 187 + 362$. Seule solution possible, à la symétrie près.

● Opérations secrètes

$$\begin{array}{r}
 \text{V} \quad \text{A} \quad \text{L} \quad \text{E} \quad \text{T} \\
 + \quad \text{V} \quad \text{A} \quad \text{L} \quad \text{E} \quad \text{T} \\
 + \quad \text{V} \quad \text{A} \quad \text{L} \quad \text{E} \quad \text{T} \\
 \hline
 \text{C} \quad \text{A} \quad \text{R} \quad \text{R} \quad \text{E}
 \end{array}$$

La répétition des lettres fait de ce cryptarithme un petit problème très facile à résoudre par essais successifs en partant de la dernière colonne.

La solution :

$$\begin{array}{r}
 \text{1} \quad \text{9} \quad \text{8} \quad \text{0} \quad \text{5} \\
 + \quad \text{1} \quad \text{9} \quad \text{8} \quad \text{0} \quad \text{5} \\
 + \quad \text{1} \quad \text{9} \quad \text{8} \quad \text{0} \quad \text{5} \\
 + \quad \text{1} \quad \text{9} \quad \text{8} \quad \text{0} \quad \text{5} \\
 \hline
 \text{7} \quad \text{9} \quad \text{2} \quad \text{2} \quad \text{0}
 \end{array}$$

Jeu collectif

L'ancien champion du monde Mikhaïl Botvinnik l'avait fort justement remarqué. Les échecs ressemblent beaucoup... au football ! Avec un terrain limité où évoluent les acteurs (pièces ou joueurs) de deux camps opposés et un objectif final, prendre le Roi ou envoier le ballon dans les filets de l'adversaire. Souvent, le joueur inexpérimenté pense se montrer agressif en se lançant à corps perdu dans une attaque avec une ou deux pièces, généralement la Dame en tête. Quelle déception lorsqu'il découvre que cette offensive impressionnante échoue aussi lamentablement que la course solitaire du footballeur qui part seul de ses dix-huit mètres vers le but adverse. Attaquer, c'est

au contraire savoir placer ses joueurs, c'est-à-dire coordonner l'action du maximum de pièces. Et ce n'est que lorsque l'attaquant se retrouve en supériorité numérique au cœur de l'action que la "magnifique" combinaison gagnante surgira... tout naturellement.

Bielczyk-Slabek

(Pologne, 1992) :

1.e4 d5 (a) 2.exd5 $\mathbb{Q}f6$ (b)
 3.d4 (c) $\mathbb{Q}xd5$ 4.c4 $\mathbb{Q}b6$
 5. $\mathbb{Q}c3$ e5 (d) 6.d5 c6 7. $\mathbb{Q}f3$
 $\mathbb{Q}b4$ (e) 8. $\mathbb{Q}e3!$ (f) $cxd5$ 9.c5
 d4 (g) 10. $\mathbb{Q}xe5!$ (h) $dxc3$ (i)
 11. $\mathbb{Q}xd8+$ $\mathbb{Q}xd8$ 12.0-0-0+
 $\mathbb{Q}e7$ 13.cxb6 axb6 14. $\mathbb{Q}c4$ (j)
 $cxb2+$ 15. $\mathbb{Q}xb2$ $\mathbb{Q}a3+$ (k)
 16. $\mathbb{Q}a1$ f6 (l) 17. $\mathbb{Q}g6+!!$
 $hxg6$ (m) 18. $\mathbb{Q}c5+$ $\mathbb{Q}xc5$
 19. $\mathbb{Q}he1+$ $\mathbb{Q}e6$ 20. $\mathbb{Q}xe6+$
 Les Noirs abandonnent (n).

(a) Il n'est pas question de laisser l'adversaire occuper tranch

quilemment le centre. Face au premier coup conquérant des Blancs, les réponses sont multiples. Outre l'occupation symétrique (1... e5), les principales répliques consistent à préparer la riposte 2... d5 face à l'avancée 2.d4 (1... e6, 1... c6) ou à l'empêcher (1... c5), ou encore à immédiatement attaquer le pion e4 par 1... $\mathbb{Q}f6$ ou comme ici avec la défense scandinave par 1... d5.

(b) Bien sûr, les Noirs peuvent immédiatement prendre le pion avec leur Dame, mais ils perdent du temps après 2. $\mathbb{Q}c3$.

(c) A leur tour, les Blancs ne perdent pas de temps à essayer de défendre le pion.

(d) Les Noirs ouvrent des lignes pour leurs Fous tout en contestant la supériorité blanche au centre sans craindre 6.cxe5 $\mathbb{Q}xd1+$ avec l'initiative.

(e) Cloue le Cavalier c3 et menace de gagner un pion...
 (f)... mais les Blancs se soucient avant tout de développer leurs pièces.

(g) Après 9... $\mathbb{Q}6d7$ 10. $\mathbb{Q}xd5$ les Blancs ont l'avantage.

(h) Une phase tactique très complexe s'engage, mais ce sont les Blancs qui prennent l'initiative.

(i) Après 10... $\mathbb{Q}xc5$, 11. $\mathbb{Q}b5+$ donne l'avantage aux Blancs.

(j) Toujours priorité au développement !

(k) Il était impératif de contrôler la case e1 pour y empêcher la venue de la Tour h1. Les Noirs pouvaient encore résister par 15... $\mathbb{Q}e6$ 16. $\mathbb{Q}xe6$ $\mathbb{Q}xe6!$ (16... $fxe6$ 17. $\mathbb{Q}g5+$), mais leur Roi demeurait fort exposé.

(l) Vaine tentative de repousser l'offensive. Cinq attaquants blancs prêts à entrer en action et pas de défenseurs noirs... Il n'y a plus qu'à marquer!

(m) Abandonner la Tour h8 par 17... $\mathbb{Q}e8$ ne sauvait bien sûr

pas la partie. Mais, à présent, il y a un mat forcé.

(n) Ils sont mat après 20... $\mathbb{Q}f7$ 21. $\mathbb{Q}e5+$ (ou e4, e3, e2, e1) $\mathbb{Q}f8$ 22. $\mathbb{Q}d8$ mat ou 20... $\mathbb{Q}f8$ 21. $\mathbb{Q}d8+$ $\mathbb{Q}f7$ 22. $\mathbb{Q}e$ joue sur la colonne e (sauf e7), mat.



Comment lire une partie

Chaque case de l'échiquier est désignée par des coordonnées algébriques : huit rangées de 1 à 8 et huit colonnes de a à h. Chaque pièce est représentée par son symbole :

\mathbb{Q} = Roi \mathbb{W} = Dame \mathbb{K} = Tour
 \mathbb{F} = Fou \mathbb{C} = Cavalier \mathbb{P} = Pion

Le déplacement d'une figure est indiqué par les coordonnées de la case d'arrivée précédées de cette figure (\mathbb{Q} , \mathbb{W} , \mathbb{K} , \mathbb{F} ou \mathbb{C}). (exemples : $\mathbb{W}d2$, $\mathbb{F}c4$).

Le déplacement d'un pion est indiqué par les coordonnées de sa case d'arrivée (exemples : e4, d5).

Lorsque deux figures identiques peuvent se rendre sur une même case, la précision est apportée par la lettre ou le chiffre de la case de départ (exemples : $\mathbb{C}bd2$, $\mathbb{C}1c3$, $\mathbb{F}h1$, $\mathbb{F}1h4$).

La prise est notée par le signe x (exemples : $\mathbb{C}xc6$, $\mathbb{F}xa8$).

Le petit roque s'écrit 0-0, le grand roque 0-0-0.

L'échec au Roi est noté par le signe + (exemples : $\mathbb{F}e1+$, $\mathbb{W}xg7+$).

La promotion est indiquée par les coordonnées de la case d'arrivée du pion suivies de la figure en laquelle il est transformé (exemples : a1 \mathbb{W} , g8 \mathbb{C}).

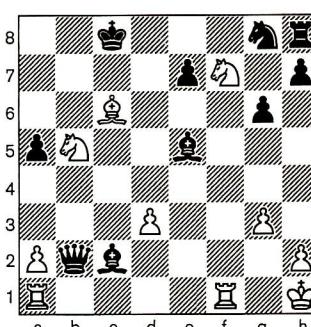
Chaque coup (mouvement d'une pièce blanche + mouvement d'une pièce noire) est précédé de son numéro d'ordre (exemples : 1.e4 g5 2.d3 f6?? 3. $\mathbb{W}h5$ mat).

Principaux signes conventionnels :

! : bon coup !! : très bon coup !? : coup intéressant
 ?: mauvais coup ?? : très mauvais coup ?! : coup douteux.

A vous de jouer !

Les Blancs ont sacrifié leur Dame contre une Tour pour amener le Roi noir dans cette position précaire. Mais leurs pièces, idéalement placées pour l'attaque, leur permettent à présent de faire mat en deux coups !



**La solution...
dans le prochain numéro !**

Par Roger Bellone et Paule Sully



① Un autoradio à logique floue

Sur les autoradios conventionnels, le RDS (Radio Data System), système de réception automatique des informations routières, analyse successivement les données transmises : il prend une décision en fonction d'un premier paramètre, en analyse un deuxième pour prendre une seconde décision, etc. Le dernier-né des autoradios Pioneer (DEH-M 990 RDS) incorpore, lui, une technologie à logique complexe, dite logique floue, qui assure une analyse globale de tous les paramètres afin d'obtenir d'emblée la meilleure réception possible. Cet autoradio

comporte par ailleurs un lecteur de disque compact pouvant se connecter à un changeur pour six disques. L'amplificateur (4 x 30 W) est équipé d'un processeur numérique permettant de régler le son en fonction des passagers (ou du conducteur) et de leurs goûts. Contre le vol, la façade est démontable, avec un signal sonore en cas d'oubli.

1 790 F

② Caméscopes sans viseur

Le caméscope View Cam VLH 400S (format Hi-8) de Sharp est bien dépourvu de viseur. Celui-ci est remplacé par un écran à cristaux liquides de 10 centimètres de diagonale, plaqué au dos de

l'appareil. Pour filmer, on ne porte donc plus le caméscope à l'œil, mais on le tient en main, l'écran face à soi. Doté de 90 000 cellules, très lumineux, il procure une image en couleurs parfaitement visible en plein jour. L'objectif est dans la poignée. Le corps du caméscope et l'écran pivotant sur 270 degrés sur le côté de cette poignée, on peut filmer dans toutes les positions en orientant l'écran vers soi. Un obturateur procure une gamme de vitesses jusqu'à 1/10 000 de seconde. Son en

stéréophonie haute-fidélité, mise au point et exposition automatiques, image analysée suivant 470 000 points.

Divers effets spéciaux sont possibles (stroboscopie, arrêt sur image...). Deux autres modèles sont également proposés : le 40 S en format 8 mm et le 30 S en format 8 mm et écran de 7,5 cm.

12 000 F, 9 000 F et 7 500 F

③ Une chaîne aux lignes futuristes

Chez Bang et Olufsen, constructeur suédois de matériel audiovisuel, la priorité a toujours été donnée à une esthétique digne de l'an 2000. Pour la Beosound Century, une chaîne hi-fi très compacte (75 x 37 x 17 cm, 12 kg), lignes très épurées et formes ultra-plates aux couleurs tendres (bleu nuit, vert,



bordeau ou anthracite). L'ensemble se compose d'un tuner (30 présélections FM), d'un magnétophone à cassette autoreverse équipé du réducteur de bruit HX PRO et de deux enceintes. Ses performances correspondent aux normes hi-fi grand public, avec une réponse en fréquence de 70 à 20 000 Hz à +4/-8 dB. Tout a été conçu pour un confort d'écoute maximal. Dès qu'on approche la main de la porte en verre du panneau de commande, elle s'ouvre et les touches s'éclairent. Le Beosound Century peut être utilisé n'importe où grâce à sa poignée et son antenne FM électronique intégrée. Télécommande Beolink 1 000 en option.

9 950 F

4 Un Rollei à deux lentilles asphériques

Depuis plus de vingt ans, la marque Rollei propose des 24 x 36 compacts aux objectifs réputés. Son dernier-né, le Rollei Prego Xenar AF, est équipé d'un Xenar 3,5/35 mm à quatre lentilles dont deux asphériques, traitées multicouches, autorisant la prise de vue "macro" à 33 cm du sujet. Ce 24 x 36 miniaturisé (115 x 65 x 37 mm, 195 g) accepte les films codés DX de 50 à 3 200 ISO et possède tous les perfectionnements des compacts actuels : autofocus sur 180 paliers, exposition de 1/2 à 1/500, entraînement et rebobinage du film automatiques, flash électronique automatique, correction de

l'exposition en contre-jour, pose B, retardateur, prise de vue en continu et intervalomètre.

1 375 F
et 1 595 F (avec dateur).

5 Le plus léger des lecteurs mini-disc

Conçu par Sony voilà un an, le mini-disc a permis de faire bénéficier le baladeur de la technique d'enregistrement numérique du disque compact. Le plus petit lecteur (8 x 1 x 2,5 cm, 290 g) a été proposé par Sharp pendant l'été. Ce baladeur entièrement automatique possède une télécommande équipée d'un écran à cristaux liquides.

2 990 F

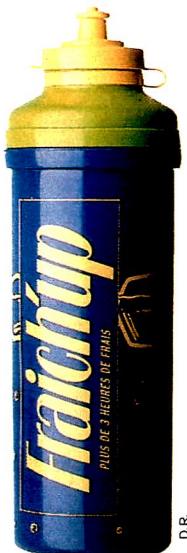
6 Téléviseurs haute-fidélité

Produits par Samsung en Corée du Sud, les téléviseurs Bio-Design, aux lignes très arrondies, proposent un ensemble particulièrement complet de caractéristiques pour un prix modéré : tube traité de type Black Matrix, PAL et SECAM, tuner interbande-hyperbande, 90 programmes mémorisables, menus affichés sur l'écran, minuterie programmable pour deux heures et réception bilingue. Un amplificateur 2 x 25 W et deux haut-parleurs assurent un son hi-fi. Ces récepteurs possèdent quatre entrées audio/vidéo et une entrée S-VHS et Hi-8.

4 500 F (écran 63 cm).
et 5 500 F (écran 73 cm).

LES OBJETS DU MOIS

Par Bruno Jacquot



D.R.

▲ Une gourde bien fraîche

Pour les sportifs et les randonneurs, un récipient isotherme : la gourde Fraich'up. D'une contenance de 0,5 litre, elle conserve pendant trois heures une boisson à la température de 10° quand, à l'extérieur, cette dernière s'élève à 25°. Un résultat obtenu grâce à un mélange à base de paraffine, l'Alcal, contenu dans la double paroi antichoc de polyéthylène. Lorsque la gourde est placée au réfrigérateur, la paraffine se solidifie et se charge en froid. **80 F** dans les magasins de cycles.



D.R.

▼ Des ciseaux sans métal

Pour les enfants, des ciseaux solides et sans danger. Les lames du Croc'lam sont en polyamide et fibre de verre. Elles s'auto-affutent et coupent (très bien) le papier et le carton. Mais ni le tissu ni les cheveux ! En outre, le Croc'lam n'est pas conducteur d'électricité. Deux modèles à bouts ronds : ciseaux classiques et ciseaux cranteurs.

20 F dans les papeteries et grandes surfaces.



E. Maemarche



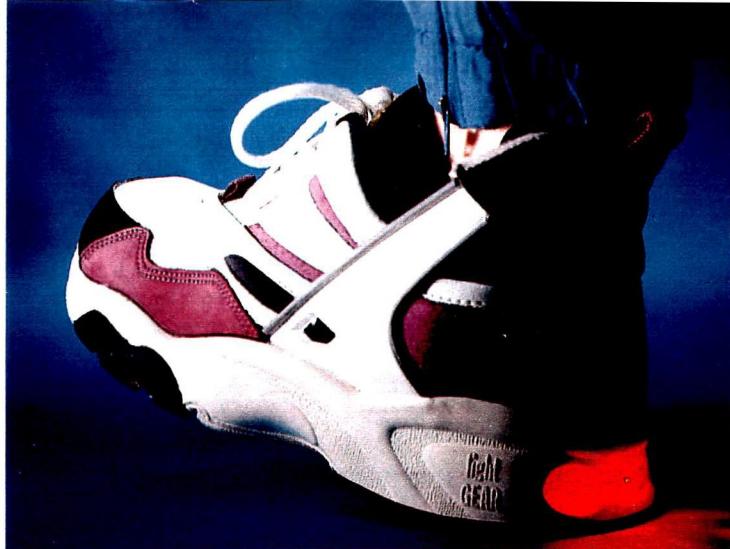
◀ Un "siège-auto poussette" pour bébé

Deux véhicules en un : grâce à son train escamotable, ce siège-auto pour enfants de 6 mois à 3 ans se convertit en poussette. La barre de poussée est réglable en hauteur (trois positions). Poids : 7,5 kg. Capote, couette imperméable et sac de rangement en option. **1 490 F** chez Contraste (Versailles).

Des chaussures pour sportifs noctambules

Pour "jogger" entre chien et loup, mieux vaut se signaler aux automobilistes. La chaussure Light Gear est équipée d'un feu de position arrière intermittent. A chaque pas, la pression du pied provoque le contact entre une diode rouge et une pile au lithium extra-plate. Diode et pile sont logées sur un support amovible en plastique transparent qui s'insère dans une cavité aménagée dans le talon. Bientôt les feux de brouillard ?

680 F la paire
dans les boutiques
d'articles de sport.



E. Malementche

Un copieur d'images

Ni appareil photo, ni photocopieur, le CP 1000 permet néanmoins de reproduire en noir et blanc textes, objets, voire paysages. La prise de vue est effectuée par un scanner et l'image restituée sur papier thermique. Mise au point et réglage de la durée d'exposition automatiques. Sa batterie donne à ce copieur d'images une autonomie de cinquante copies. Léger (2 kg), de faibles dimensions (format A4), il est facilement transportable.

Environ **9 000 F** chez les revendeurs Casio.



D.R.

PLANETICA[®]

PLANET FINDER - PLANÉTAIRE de VOYAGE

D.R.

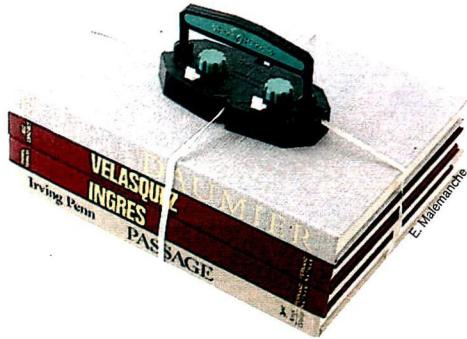
Un planétaire de poche

Il a la forme et la taille d'une boîte de camembert. Mais le Planética est un instrument destiné aux astronomes en herbe. Il permet de repérer les planètes du système solaire visibles de la Terre, de suivre leur trajectoire héliocentrique et de reconstituer des conjectures passées ou à venir. Sous le dôme transparent, les planètes et leur orbite sont symbolisées par des billes d'acier

posées sur des disques noirs concentriques. Au centre, bien sûr, le Soleil, alimenté par une pile standard et commandé par un petit interrupteur. Le système de réglage - année, jour, heure - permet de choisir le moment d'observation. Le calendrier du Planética couvre une période de quatre-vingts ans, du 1er janvier 1940 au 31 décembre 2019. **290 F** à la Maison de l'Astronomie (Paris).



LES OBJETS DU MOIS



▲ Une poignée à enrouleurs

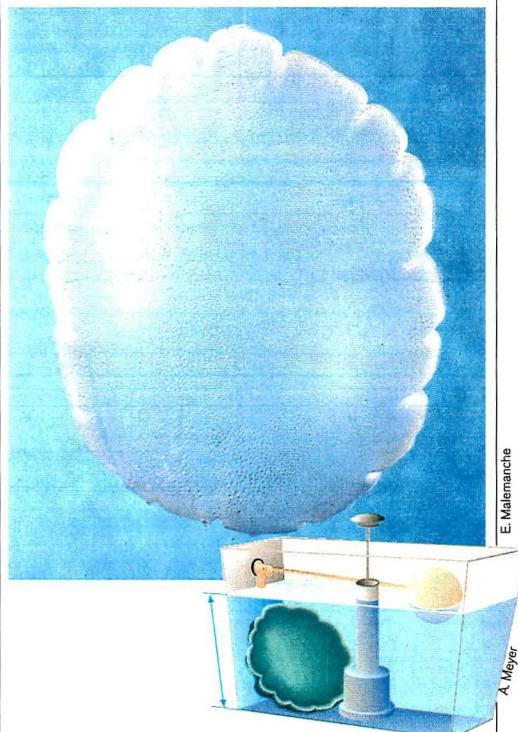
Cette poignée se place sur un objet à transporter. Dans ses flancs, elle abrite deux lanières de toile que l'on déroule pour entourer le colis ou le paquet. Une fois les lanières ajustées et fixées sur leur point d'ancrage, deux loquets verrouillent les enrouleurs et assurent la bonne tenue de l'ensemble. Cet outil "tient le coup", théoriquement, jusqu'à 25 kg. **250 F** chez Take Five (Paris).



◀ Une trottinette électrique

Une nouvelle version, motorisée mais "propre", de la patinette. L'EMX est équipée d'un moteur alimenté par deux batteries de 12 V rechargeables sur le secteur. Cette trottinette pèse 50 kg et peut atteindre 30 km/h. Autonomie de une à

polychlorure de vinyle très résistant. Lestée d'eau et placée dans un réservoir standard (d'une contenance de 10 litres), cette outre permet d'économiser 3 litres d'eau chaque fois qu'on actionne la chasse. **80 F** dans les magasins de bricolage.



Depuis le 23 septembre
il faut partager son magazine avec un PC !

Soft & Micro

LE MAGAZINE-OUTIL

GRATUIT PENDANT 30 JOURS ACT! SOUS WINDOWS DE SYMANTEC

n°100

Soft & Micro

le magazine-outil

Bien choisir
son traitement
de texte



9 stations de
bureautique
sous Windows



IBM, Microsoft,
Novell : quel Dos
pour son PC ?

Devenez expert de

DOSSIER
SPECIAL

Windows

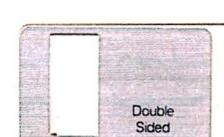
Les 100 recettes
indispensables

Chaque mois,
une disquette
d'accompa-
gnement
du magazine,
conçue comme
un véritable
outil de
productivité.

disquette-outil n°1

Abonnez-vous à nos magazines, tous les programmes
des ateliers du numéro 100.
Adresses : Les 700 fournisseurs micro qui comptent.
Le plus du mois : Les meilleurs Trucs & Astuces
pour Windows prêts à l'emploi.
Le programme du mois : Calepin II,
votre gestionnaire d'adresses.

Soft & Micro



les ateliers de Soft & Micro

Chaque mois, 40 pages d'infos
pratiques, de trucs, d'astuces,
de macrocommandes,
d'applications prêtes à l'emploi,
plus une disquette pour en tirer
profit immédiatement.

- systèmes
- réseaux
- traitements de texte
- tableurs
- graphisme
- communication
- multimédia
- bases de données
- impression
- matériel

M.2713 - 100 - 32,00 F



S O M M

● Un sommaire double

Le sommaire traditionnel représenté ci-contre est suivi par un sommaire-répertoire de l'ensemble des produits testés ou utilisés dans le numéro : une autre façon très pratique d'accéder rapidement à l'information.

● Une disquette-outil liée au contenu

Chaque numéro de *Soft & Micro* est accompagné de sa disquette-outil, permettant au lecteur-utilisateur de profiter aisément et instantanément des programmes de macrocommandes, des trucs, des fichiers d'exemple présentés dans le numéro.

● Une actualité vivante

Délibérément axée sur les produits, la rubrique Actualités est consacrée chaque mois aux nouveautés essentielles, restituées dans un contexte pratique. Elle s'attache également à suivre la vie des matériels et des logiciels, à travers l'apparition de versions de maintenance, de nouveaux pilotes ou les changements de tarifs. D'ailleurs, un observatoire des prix, concis et synthétique, traduit l'évolution du marché sur quelques configurations types. Enfin, une page de télexgrammes reflète chaque mois l'essentiel de la vie des entreprises et des technologies.

ANNEXES

4 Répertoire des produits

15 La disquette-outil n°0 de *Soft & Micro*

Lorem ipsum dolor amet, sectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut labore dolore magna aliquam erat volutpat.

7 Editorial

ACTUALITÉS

29 Nouveautés produits

Lorem ipsum dolor amet, sectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut labore dolore magna aliquam erat volutpat.

10 L'info prix

Lorem ipsum dolor amet, sectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut labore dolore magna aliquam erat volutpat.



Depuis ce dernier cas, chaque atelier pour chaque

BIENACHETER

57 Les meilleures configurations bureautiques pour Windows



4

DIALOGUES



Bill Gates
Microsoft
John Sculley
Apple

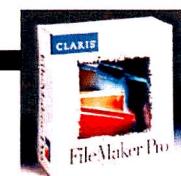
35 Tête-à-tête

Lorem ipsum dolor ed incidunt ut labore dolore amet, sectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut labore dolore magna aliquam erat volutpat.

27 Forum lecteurs

30 SOS Equipement

sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut labore dolore magna aliquam erat volutpat.



134 Quel traitement de texte pour quel usage ?

Accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend t facer

● Un espace interactif

Avec les hommes de l'art, avec ses lecteurs, *Soft & Micro* consacre deux rendez-vous au dialogue. La rubrique Tête-à-tête offre un espace d'interview ou de point de vue aux personnalités de l'industrie. La rubrique Forum, elle, donne la parole aux lecteurs, non seulement sur des questions d'intérêt général, mais également sur tous les problèmes d'achat et d'équipement. Dans le cas de conflits avec des fournisseurs, les lecteurs de *Soft & Micro* sont encouragés à faire appel à la médiation de la rédaction du magazine, qui s'efforcera de résoudre le problème. Pour cela, un formulaire SOS Equipement accompagne chaque mois la rubrique Forum.

Les Ateliers
de Soft & Micro

- 65** Présentation
Lorem ipsum dolor
- 67** Système
Lorem ipsum dolor amet
sectetur adipiscing
- 72** Réseau
Lorem ipsum dolor
sectetur adipiscing
- 74** Traitement de texte
Ut wisi enim ad minim veniam
quis nostrud exerci tation
- 78** Tableur
Lorem ipsum dolor amet, sectetur
adipiscing elit
- 82** SGBD
Lorem ipsum dolor amet,
sectetur adipiscing elit,
sed diam nonumy
- 86** Programmation
Ut wisi enim ad minim veniam
quis nostrud exerci tation
- 88** Graphisme
Ut wisi enim ad minim veniam
quis nostrud exerci tation
- 90** Multimédia
Ut wisi enim ad minim veniam
quis nostrud exerci tation
- 93** Communication
Ut wisi enim ad minim veniam
quis nostrud exerci tation
- 95** Impression
Ut wisi enim ad minim veniam
quis nostrud exerci tation
- 97** Matériel
Ut wisi enim ad minim veniam
quis nostrud exerci tation
- 99** Les fiches techniques



L'ÉVÉNEMENT

IBM DOS 6.1
MICROSOFT DOS 6.0
NOVELL DOS 7.043 Le meilleur DOS
pour Windows

Ut wisi enim dolor amet, sectetur
adipiscing elit, sed diam nonumy nibh
euismod tincidunt ut labore dolore magna
aliquam erat volutpat.

EN VÉDETTÉ

72 Les 100 meilleurs
trucs et astuces
pour Windows 3.1

Ut wisi enim dolor amet, sectetur
adipiscing elit, sed diam nonumy nibh
euismod tincidunt ut labore dolore magna
aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim
veniam, quis nostrud exerci tation

ESSAIS

Ut wisi enim dolor amet, sectetur
adipiscing elit, sed diam
nonumy nibh euismod
tincidunt ut labore dolore
magna aliquam erat
volutpat.



124 Matériel

136 Logiciel

142 Péphériques

144 Communication



DANS CE DERNIER CAS, CHAQUE ATELIER POUR CHAQUE FLUJOUR COMPREND
LES PAPIERS SUIVANTS. DANS CE DERNIER CAS, CHAQUE ATELIER POUR CHAQUE
NOMBRE COMPREND LES PAPIERS SUIVANTS. DANS CE DERNIER CAS, CHAQUE
ATELIER POUR CHAQUE NOMBRE COMPREND LES PAPIERS SUIVANTS.

OCTOBRE 1993 N°100 Soft & Micro 5

une ou plusieurs applications à réaliser soi-même, un gros plan sur une fonction type, une tribune de l'expert, une rubrique *hot line* nourrie par les services techniques des principaux constructeurs et éditeurs de logiciels, des trucs et astuces enrichis par un forum technique ouvert aux lecteurs. La disquette-outil *Soft & Micro* est le complément naturel et indispensable des Ateliers : l'une des macrocommandes décrites dans le magazine vous intéresse ? le fichier correspondant est à votre disposition immédiatement !

● Les grands sujets

Dans chacun de ses numéros, *Soft & Micro* consacre, sous une forme libre et dynamique, 15 à 20 pages aux grands événements de la micro (avant-premières sur des produits majeurs, innovations technologiques, etc.) et à de vastes dossiers pratiques permettant d'exploiter brillamment et rapidement toutes les possibilités d'un produit ou d'une famille de produits donnés.

● Bien acheter,
bien choisir

Chaque numéro de *Soft & Micro* propose deux bancs d'essai comparatifs : l'un sur les matériels, l'autre sur les logiciels. Avec pour but de guider l'acte d'achat, les comparatifs se doivent de marier exhaustivité et conseil personnalisé. Pas de classement absolu au terme de ces comparatifs, mais la réponse à la seule question que se pose le lecteur du magazine : « Lequel correspond le mieux à mes besoins ? » Fondés sur les usages, les comparatifs de *Soft & Micro* montrent les produits en action. Pas d'interminables listes comparatives de fonctions,

mais des applications types débouchant sur un conseil d'achat judicieux, en fonction de besoins précis.

● Les ateliers
de « Soft & Micro »

Au cœur de *Soft & Micro*, le magazine-outil, se trouvent les Ateliers, 40 pages d'expertise dédiées à la pratique au quotidien de la micro-informatique et couvrant toutes les grandes familles d'usage : traitements de texte, tableurs, SGBD, systèmes d'exploitation, réseaux, graphisme et PAO, multimédia, communication, impression, etc. Chaque atelier propose systématiquement

● Des essais
fondés sur l'utilité

Parmi la masse de nouveautés qui parviennent à la rédaction de *Soft & Micro*, et qui passent au crible de notre laboratoire d'essais, une vingtaine de produits sont sélectionnés chaque mois. Comme dans les comparatifs, la priorité est donnée au conseil d'achat personnalisé : l'usage auquel chaque produit est destiné est strictement défini, et sa capacité à y répondre imitoyablement jugée. Dans une présentation normalisée et synthétique, les Essais de *Soft & Micro* forment au fil des mois le plus complet et le plus utile des guides d'achat.

LIVRES

Gabriel Simonoff

La Nouvelle Eternité

Grasset, 278 p., 110 F

L'auteur est professeur de physique nucléaire à l'université de Bordeaux 1 et lauréat de l'Académie nationale de médecine. La quatrième page de couverture nous apprend qu'«à l'aide de techniques nucléaires délicates», lui et son équipe «tracent ces terribles ennemis de la jeunesse que sont les radicaux libres». Voilà qui ne présente rien de bon, car, si nous ne produisions plus ces terribles radicaux libres, en fait des électrons célibataires, c'est que nous aurions tout bonnement cessé de respirer. A chaque bouffée d'air, on fabrique en effet des sous-produits d'oxydation qui sont ces radicaux. Dieu merci, l'humanité produit encore des électrons libres.

Les pages consacrées au mode de formation de ces électrons libres sont exactes dans l'exposé, mais moins dans l'interprétation qui en est faite, car, parlant de «la conduite brutale» de ces fameux radicaux, l'éminent savant s'emballe. Il écrit qu'«elle va donner lieu à la formation de toute une cascade de nouveaux radicaux libres» et que, «en fin de compte, c'est une véritable bombe chimique qui éclate dans le territoire où le premier radical a fait son apparition».

«Véritable bombe chimique» : voire ! Au vu de ces lignes, on se demande comment l'auteur n'a pas explosé depuis belle lurette. Les lecteurs émotifs se représenteront alors des pouponnières où les bébés exploseraient en rafales sous l'effet des radicaux libres.

Il serait un peu plus sage de dire que l'alimentation comporte assez d'agents anti-

oxydants pour maintenir les radicaux libres à un taux vivable et que l'organisme fabrique une enzyme, la superoxyde dismutase, qui les neutralise. C'est dit en quelques lignes, il est vrai, mais au détour de pages apocalyptiques.

Que faire ? Prendre du sélénium ; il y en a déjà dans le poisson, les œufs, le pain. Des oligo-éléments ; on en trouve déjà dans la plupart des aliments. Vivre sainement, alors. Voilà qui est neuf.

L'auteur est bien informé et disert, il parle de tout, y compris, bien sûr, des recherches sur les motifs génétiques de vieillissement. A l'en croire, nous vivrons tous bientôt cent vingt ans, et, emporté par l'enthousiasme, il va jusqu'à six cents. Six cents ! Pour quoi faire, grand ciel ? Lire d'autres livres sur les espoirs de longévité ?

Simonoff entend émerveiller le lecteur. Exemple, le régime miraculeux du Pr Roy Walford : un bol de soupe de bortsch, une salade de concombre, un sandwich au pain complet, un maquereau et une feuille (oui, une) de laitue. Cela fait mincir, on s'en doute, et suffit à prévenir «les grandes maladies meurtrières». Fermons donc Villejuif pour remplacer l'Institut Gustave-Roussy du cancer par une cantine servant salade et concombres... Plusieurs des vues de l'auteur s'achèvent sur des morceaux ineffables : «Un mystérieux matin des magiciens illumine de ses lueurs étranges l'horizon maintenant proche de cette longue espérance que nous allons tous vivre.» Au Sahel aussi ?

«La nature ne cessera jamais de nous étonner», écrit le Pr Simonoff. L'édition française non plus. *Gerald Messadié*

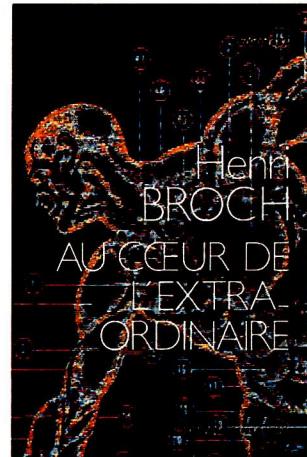
Henri Broch

Au cœur de l'extraordinaire

L'Horizon Chimérique, 7-8 rue Leyteire, 33000 Bordeaux, 386 p., 135 F

Docteur ès sciences et professeur de physique à l'université de Nice-Sophia-Antipolis, Henri Broch n'est guère homme à s'en laisser conter, et les «rigolos» et professionnels de l'extraordinaire (lisez : du faux mystère) l'ont appris à leurs dépens. Dans ce nouveau livre, il taille à nouveau en pièces les faiseurs de mystère. Titillé par la multiplicité de ses éreintements, on ne sait par où commencer, mais même en ouvrant le livre au hasard, il est difficile de réprimer un sourire tant les démonstrations de Broch sont précises et pertinentes, ses raisonnements et ses références imparables.

Mieux vaut ne pas se mettre Broch sur le dos, car, lorsqu'il expose la fausseté d'un dossier, il n'épargne aucune ligne et n'hésite pas à dénoncer les erreurs, même si elles sont le fait de gens fort respectés. S'il a beau jeu de démontrer la vacuité des fabrications des Däniken et autres Charroux sur les pyramides, les «monuments mayas» de Bretagne et autres pédantes fariboles, et s'il n'a guère de peine (qui en aurait ?) à exposer la sottise de l'astrologie, du code secret des pyramides, des élucubrations mystiques sur le suaire de Turin ou de l'«effet Geller», il le fait toujours avec des arguments définitifs. Et il fait œuvre magistrale quand il s'attaque à des



mythes complexes tels que celui de la «mémoire de l'eau».

Nous avons beaucoup parlé dans ces pages, jadis et na-guère, de cette «mémoire», pour démontrer l'inanité de la théorie. Broch avait déjà bâti, à l'époque et pour son compte, une jolie réfutation, simple et claire, disponible sur le service minitel ZET de l'université de Nice (36 15 code ZET, boîte aux lettres Z 5). On en retrouvera l'essentiel dans ce livre de référence. Broch y démontre que, dès la publication de la théorie, il était facile de repérer les contradictions évidentes du texte sous ses apparences savantes. C'est assez rafraîchissant, tout comme il est agréable de voir dénoncer un journaliste, saisi sans doute lui aussi par le goût du mystère, qui commit sur la mémoire de l'eau un livre truffé d'omissions coupables et aux limites extrêmes de l'incompétence ou de la malhonnêteté.

Des reconstitutions très astucieuses, bien expliquées et bien illustrées, des effets mécaniques extraordinaires réalisés dans l'Antiquité sur la base des recherches de Héron d'Alexandrie méritent une mention particulière.

Un livre décapant pour cure de démythification. *G.M.*

suite de la page 161

Peter Singer

La Libération animale

Grasset, 382 p., 145 F

Janine Chanteur

Du droit des bêtes à disposer d'elles-mêmes

Seuil, 183 p., 110 F

Hans Kummer

Vies de singes

Odile Jacob, 427 p., 180 F

Dale Peterson

et Jane Goodall

Visions of Caliban

Houghton Mifflin, New York, 367 p., ill., 22,95 dollars

Gary Kowalski

Les animaux ont-ils une âme ?

Jouvence, 7 chemin des Fraisiers, Grand-Lancy/Genève, 108 p., 78 F

W.C. McGrew

Chimpanzee Material Culture

Cambridge University Press, 277 p., ill.

Les temps sont décidément loin où l'on appelait les bêtes "nos frères inférieurs" !... L'abondance des publications récentes sur leurs droits, leur sociologie, leur psychologie, voire leur âme, et dont la liste ci-dessus évoque la richesse, montre le respect qu'on veut aujourd'hui leur accorder. Et aussi l'outrance où peut mener la générosité.

L'ouvrage de Kowalski, ancien élève de l'école religieuse Harvard Divinity School et "prêtre de l'Eglise universaliste", reflète des points de vue

diffus dans le public et centrés sur la question suivante : pourquoi les animaux n'auraient-ils pas, eux aussi, une âme ? Vieille affaire, car même Darwin écrivait : « Si grande soit-elle, la différence entre l'âme des animaux et la nôtre est une question de degré et non de nature. » (*La Descendance de l'homme*, 1874). La question était, hélas, aussi mal posée hier, fût-ce par Darwin,

livre de Kowalski est riche de références scientifiques et de chaleur, et se lit sans déplaisir.

Le remarquable ouvrage de Dale Peterson et de la célèbre Jane Goodall, qui connaît le succès aux Etats-Unis, est surtout consacré aux chimpanzés. Il constitue, au moins pour moitié, une dénonciation sévère des mauvais traitements individuels et collectifs que les humains leur infligent, aussi bien dans la jungle et la savane que dans les laboratoires de recherche. Certaines photos, car le livre en comporte plusieurs, sont atroces. D'un point de vue scientifique, ce livre pèse un poids considérable en raison de la richesse de ses informations. Les auteurs y affirment ainsi que les chimpanzés rient, comme nous, dans les situations où leurs congénères sont en difficulté. J'ai vu des chimpanzés rire dans des situations complexes, en présence de la détrousse des autres. Voilà donc



qu'elle l'est à présent, car nul aujourd'hui ne sait ce qu'on entend par "âme", ni si l'acception peut en être si large qu'il faille l'étendre à l'animal. Et où s'arrêter dans les attributions ? Les poissons ont-ils une âme ? Ou bien ne sont-ce que les mammifères ? Qui nous dit que la mouche drosophile n'en est pas dotée ?...

L'affectivité animale, la sensibilité même (qui peut aller jusqu'à la névrose chez les animaux domestiques), l'utilisation d'un langage rudimentaire et surtout les capacités d'intégration de données intellectuelles et technologiques élémentaires, tout cela indique qu'en effet le comportement animal peut surprendre par ses similitudes avec celui de l'homme. Mais on ne peut aller bien loin dans un tel débat, où la terminologie est confuse. Cela étant, et même s'il n'enrichit pas ce débat, le

infirmé le postulat bergsonien, selon lequel le rire serait le propre de l'homme.

Vies de singes, de Hans Kummer, est un chef-d'œuvre d'éthologie. Consacré aux mœurs et structures sociales des babouins hamadryas d'Ethiopie et d'Arabie Saoudite, il révèle, en effet, l'étonnante complexité des sociétés de

HANS KUMMER

VIES DE SINGES

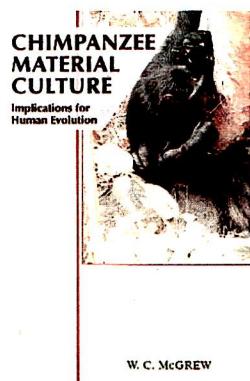
MOEURS ET STRUCTURES SOCIALES DES BABOUINS HAMADRYAS



ces primates, c'est-à-dire la variété et la précision des règles et comportements qui les caractérisent. Chez les babouins, les structures de la parenté, qui ont tant occupé l'éthnologie, n'ont presque rien à envier à celles des humains. Ainsi, un mâle hamadryas doit attendre d'avoir environ onze ans avant d'engendrer son premier petit, ce qui fait que, lorsque le fils a atteint l'âge de participer à la défense du groupe, le père a déjà vécu sa période de chef ou a cessé de vivre. Toutefois, les jeunes mâles se créent assez tôt, par maternage, des fils de substitution qui peuvent être des parents ou des demi-frères... Les jeunes mâles commencent, en effet, par materner des nourrissons mâles, puis, au fur et à mesure de leur maturation, vers sept ans, commencent à préférer les femelles. Dira-t-on que Kummer est le Lévi-Strauss des babouins ?...

C'est là un ouvrage de référence, dont les répercussions vont au-delà de l'éthologie. Il en va de même de *Chimpanzee Material Culture*, de W.C. McGrew. L'ouvrage est "brut de fonderie", sans aucun artifice destiné à émouvoir, indignier ou susciter d'autres sentiments parasites.

Il commence par dire qu'on ne sait presque rien des chimpanzés, bien qu'elle soit l'espèce la plus étudiée de tous les singes. Puis il assène un certain nombre de faits, dûment vérifiés : d'abord, et contrairement à ce qu'on a longtemps prétendu, les chimpanzés sont carnivores et éventuellement cannibales. Puis, plus grande est la variété des animaux qu'ils chassent, plus grande est leur capacité à se servir d'outils. Enfin, si l'on se réfère aux huit critères qui définissent une culture (innovation, dissémination, standardisation, durabilité, diffusion, tradition, nécessité vitale et spontanéité), les chimpanzés ont bien une "culture".



W. C. McGREW

Le plus troublant, pour la compréhension de l'évolution des espèces, est la capacité du chimpanzé à se servir d'un outil. Un chimpanzé sait naturellement choisir la branche avec laquelle il "pêchera" des termites ou volera du miel ; mieux, il sait spontanément l'apprêter et l'écorcer. Mais ces rudiments de technologie ne sont pas universels : presque tous les chimpanzés du Sénégal épluchent la branche complètement, aucun de ceux de Tanzanie ne le fait.

Un chimpanzé sait aussi se servir spontanément de deux pierres comme d'un marteau et d'une enclume, ce qui mène assez loin dans le trouble intellectuel. McGrew dit assez justement qu'il faudrait aller voir si le dernier ancêtre commun des hommes et des singes, le Proconsul, avant la division des embranchements des pongidés et des hominidés, en Afrique, il y a de 4 à 7 millions d'années, se servait lui aussi de pierres comme marteaux et enclumes. Nous n'avons hélas ni squelettes de pongidés ni outils de l'époque, qui eussent permis des comparaisons utiles, et le premier bipède auquel on puisse imputer l'utilisation de tels outils est l'Australopithèque, un proto-hominidé d'il y a 3 à 4 millions d'années. On a en effet retrouvé des pierres grossièrement taillées de cette même époque. Mais voilà : est-on bien sûr que ce soit l'Australopithèque qui les ait taillées ?

Troublante question, on l'a dit, car, s'il n'en était pas ainsi, cela signifierait que la technologie du chimpanzé fut plus avancée que celle du premier des proto-hominidés. C'est déconcertant, mais l'hypothèse n'est plus tellement aventurée quand on considère que le chimpanzé sait aussi utiliser une noix de coco vide pour recueillir de l'eau !

Ce livre est à coup sûr le plus riche de faits et de questions de tous ceux que nous recensons ici. Il démontre une fois de plus à qui en aurait besoin que le simple discours scientifique est beaucoup plus riche que les développements philosophiques.

Du droit des bêtes à disposer d'elles-mêmes, de Janine

Chanteur, traite bien plus de philosophie que d'éthologie et de Hobbes ou de Rousseau que de Lorenz ou de Goodall. L'auteur pose la question suivante : l'animal peut-il être

JANINE CHANTEUR

DU DROIT DES BÉTÉS À DISPOSER D'ELLES-MÊMES



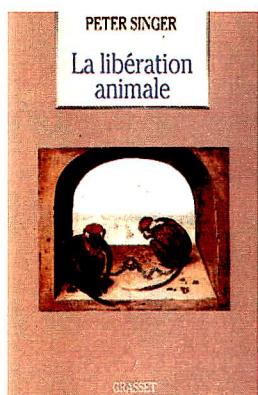
La collection des bêtes
Seuil

considéré comme un "sujet éthique", ayant des devoirs autant que des droits ? Elle n'est pas de cet avis. «L'altérité de l'animal (...) nous restera à jamais insignifiante, étrangère», affirme-t-elle sans trop s'émouvoir, *a priori*, des réactions de bien d'autres amis des bêtes. Professeur de philosophie morale et politique à la Sorbonne, elle présente une démonstration classique, brillante, mais assez sèche, de l'impossibilité d'intégrer l'animal dans le système éthique humain.

Mais l'auteur n'a sans doute pas eu le temps de beaucoup étudier l'éthologie ; on le regrettera pour elle, car, lorsqu'elle écrit que «l'indifférence de l'animal à la souffrance qui n'est pas la sienne est quasi-totale», elle se trompe. L'animal domestique est ainsi sensible au chagrin de son maître, et, dans la nature, la compassion du potto (un lémurien d'Afrique) pour son congénère malade est déconcertante (voir *Science & Vie* n° 676, p. 56). L'animal domestique, par ailleurs, peut dans certains cas témoigner

de sa conscience d'avoir commis une "faute" (par exemple, avoir mordu son maître), ce qui, implicitement, indique la conscience d'un devoir. L'auteur parle donc de l'animal comme d'une entité abstraite dont elle sait visiblement bien peu de choses. On peut se féliciter d'un effort de résistance à la sensiblerie, on doit regretter qu'il ne se fonde pas sur une meilleure connaissance du sujet. Mais il est vrai que, pour elle, ce sujet-là n'existe pas.

Philosophe et professeur, lui aussi, Peter Singer défend un point de vue diamétralement opposé à celui de Chanteur. Son livre est très richement documenté, car l'auteur connaît à l'évidence par le menu les conditions d'élevage des animaux de boucherie – dont ses descriptions couperaient aisément l'appétit. Il connaît aussi les conditions et les valeurs respectives des tests d'expérimentation ani-



male, et ne se prive pas d'user des arguments hostiles à cette expérimentation : «L'American Medical Association a admis (...) que les modèles animaux sont d'une exactitude contestable», rappelle-t-il. Et il reprend les propos d'un toxicologue : «Si la pénicilline avait été utilisée pour tester sa

suite de la page 163

toxicité chez les cobayes, elle n'aurait peut-être jamais été utilisée chez l'être humain.»

On peut juger qu'en dépit de son abondante documentation, l'ouvrage n'est pas neutre. C'est là son travers, car, malgré son intérêt, il se réduit à un plaidoyer pour le végétarisme, à l'aide de postulats bien peu convaincants. L'auteur écrit ainsi que la viande «pèse lourd sur nos estomacs». Il aurait eu intérêt à se documenter auprès d'un nutritionniste : la viande grillée se digère deux fois plus vite que le pain et l'ensemble des légumes.

Les références bibliques qui suivent ne renforcent guère, il nous semble, la défense systématique du végétarisme à laquelle se livre l'auteur, réduisant ainsi l'ampleur du propos

originel. Et l'on ne peut s'empêcher de penser que, le jour où l'on découvrira que les plantes ont une sensibilité, il ne nous restera plus qu'à nous ronger les ongles !

Peut-être serait-il opportun et plus simple de dire que, dans la mesure où nous voyons dans l'animal un reflet brouillé de notre nature, le respect de soi impose le respect de cet "autre". G.M.

*Georges Charpak
et Dominique Saudinos
La Vie à fil tendu*

Odile Jacob, 231 p, 120 F

«Modeste, pudique, secret à l'extrême», voilà comment Dominique Saudinos présente Georges Charpak, prix Nobel de physique 1992.

«Georges ne s'était jamais dérobé à mes questions, explique-t-elle. Mais il m'avait répondu par touches légères, par anecdotes, formant ainsi un véritable puzzle rempli de pudeur, mais aussi d'émotions, qui seul permettait de reconstruire son parcours, y compris dans sa dimension la plus douloureuse.» C'est l'ensemble de ce puzzle reconstitué que *la Vie à fil tendu* nous invite à découvrir. Un livre "à deux voix", mais où Charpak raconte à la première personne – et en deux parties bien distinctes – sa vie d'homme et sa carrière de physicien.

La première partie de l'ouvrage est la plus émouvante. Elle nous entraîne d'abord dans cette région d'Ukraine qui faisait autrefois partie de la Pologne, là où Charpak a

passé son enfance. Puis sa famille émigre en France et les années qui suivent lui laisseront «le souvenir d'un grand calme, d'une immense volonté d'intégration (...), de beaucoup d'application (...) et d'un grand bonheur». Ce bonheur calme et serein, vécu par une famille juive émigrée dans les années d'avant-guerre, fait bientôt place à un véritable cauchemar. Charpak tient à nous le raconter «afin que n'en disparaisse pas la mémoire». De la prison de Montpellier au camp de Compiègne, puis de Dachau, de Landsberg-am-Lech et enfin d'Allach, il nous livre «la partie la plus secrète et la plus intime de sa mémoire». Un document touchant.

Le cauchemar terminé, la vie de Charpak sera marquée par

TM

MAG-LITE®

L'accessoire

Corps en aluminium anodisé, traité anti-corrosion. Étanche aux projections d'eau. Ampoule de rechange dans le bouchon arrière. Éclairage modulable de grande puissance.

MAG-LITE®
Une large gamme 2, 3, 4, 5 ou 6 piles pour toutes durées

MAZDA
Energizer

GMT
IMPORTS
26 RUE
MALAKOFF
92601 ASNIERES
TEL 47.91.26.60

«le militantisme, la physique, le sport, les copains». Sur son engagement politique au parti communiste, il s'explique sans fard : «Il peut sembler difficile aujourd'hui de comprendre l'idéal qui nous animait alors. La réalité s'est tragiquement chargée de nous ouvrir les yeux, et mon anti-communisme est aujourd'hui profond. Mais je ne renie en rien l'idéal et la générosité qui étaient alors les nôtres.»

Enfin, dès les années cinquante, la physique devient sa «seule réelle, accaparante et impérieuse passion». Elle le conduira à ce jour d'octobre 1992 où «l'Académie de Stockholm m'a appelé pour me féliciter du choix qu'elle venait de faire».

La deuxième partie du livre est consacrée à la carrière de physicien de Charpak. Une carrière qui, dès 1959, prend le chemin du CERN, laboratoire européen de physique des particules, à Genève. «Il m'arrive de comparer mes collègues à des chasseurs de grand gibier. J'avais rêvé de chasser sur leurs terres ! J'ai finalement pu braconner un peu, mais j'ai découvert qu'il était plus fructueux de forger des armes pour leur chasse.» Concevoir des détecteurs sera sa «façon personnelle de participer à de grandes aventures». Avec un trait de caractère qui le différencie souvent des autres physiciens : «J'aime être en prise directe sur les applications pratiques, concrètes, des instruments que je mets au point.» Le parcours de Charpak l'a conduit de la physique des particules à la biologie. «Nous avons des concurrents de valeur dont les proches empruntent d'autres voies, mais nous sommes

certains qu'avant l'an 2000 les films photographiques ne seront plus employés dans les laboratoires de biologie. Nul concurrent ne peut résister à une amélioration de la vitesse des données cent fois supérieure.» Un beau livre ! *Daniel Tarnouski*

*Leon Lederman
et Dick Teresi*

The God Particle

**If the universe is the answer,
what is the question ?**

Houghton Mifflin Company, New York, 434 p, 24,95 dollars

Lederman : «Excusez-moi. Etes-vous le nouveau mathématicien que l'université de Chicago était censée nous envoyer ?»

L'homme en toge : «La profession est exacte, pas la ville. Mon nom est Démocrite. Je viens d'Abdère et non de Chicago. On m'appelle le Philosophe rieur.»

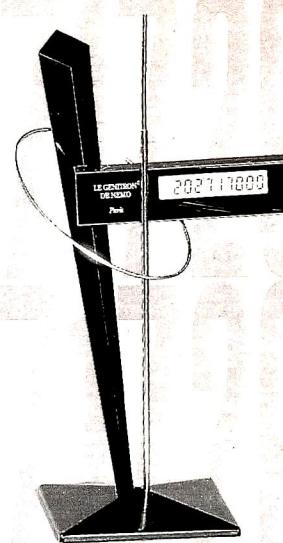
Lederman : «Abdère ?»

Démocrite : «Une ville de Thrace, sur la terre grecque.»

Lederman : «Je ne me souviens pas d'avoir demandé à quiconque en Thrace de venir ici. Nous n'avons aucun besoin d'un philosophe rieur. Au Fermilab, c'est moi qui raconte toutes les blagues.»

Ces premières répliques de ce long et étonnant dialogue imaginaire avec Démocrite (philosophe grec du V^e siècle avant J.-C.) donnent le ton : tout prix Nobel qu'il soit, Lederman a de l'humour à revendre. Un humour incisif, mordant et parfois même iconoclaste. Son livre traite pourtant d'une question fondamentale qui traverse toute l'histoire des sciences depuis l'Antiquité : quels sont les composants ultimes de la matière ? Quels sont ces «objets

LE COMPTE A REBOURS DE L'AN 2000 A COMMENCE



Chaque seconde compte. Le génitron, premier objet commémoratif d'un événement futur, affiche et décompte en permanence le nombre exact de secondes ou de jours qui nous séparent de l'an 2000 et du troisième millénaire. Le génitron, objet d'art ou de design, est le signal d'une échéance qui fait rêver... l'an 2000. Le génitron est aussi une horloge et un calendrier.

Distributeur exclusif :

Western Trading Company

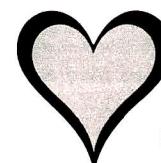
Tél. : (1) 48.06.57.96 - Fax : (1) 48.06.57.94

Liste des revendeurs sur simple demande.

NE RESTEZ PLUS SEUL(E)

Le service 3615 COEURTEL est le seul service minitel de rencontres à sélectionner les personnes présentant le plus d'affinités avec vous à partir de vos réponses à un test psychologique.

Ce procédé révolutionnaire vous permet d'entrer en contact avec celles ou ceux dont la personnalité s'accorde le mieux avec la vôtre. Alors n'attendez plus pour rencontrer l'homme ou la femme de votre vie.



Au service du cœur

**36.15
COEURTEL**

suite de la page 165

insécables" que Démocrite avait baptisés "atomes" et qu'on appelle aujourd'hui "particules élémentaires" ?

Lederman a non seulement de l'humour, mais aussi du souffle. C'est en effet en dressant un vaste panorama de toute la physique classique, de la physique quantique et de la physique des particules, qu'il nous montre comment le rêve de Démocrite est maintenant en passe d'être réalisé. Tout y est. Même la physique des accélérateurs, dont il nous présente les principes et les percées. Mais son livre n'est jamais ennuyeux. Il est constamment émaillé de digressions, remarques, anecdotes, plaisanteries qui en rendent la lecture passionnante. Il renouvelle un genre : celui de la grande vulgarisation scientifique. A cet égard, il faut sans doute saluer le rôle du coauteur, Dick Teresi, lui-même écrivain et ancien éditeur du magazine *Omni*.

Le titre de l'ouvrage sonne déjà comme un coup de tonnerre : *The God Particle* ! Cette "particule de Dieu" est présentée en détail dans l'avant-dernier chapitre. Elle est plus connue des physiciens sous le nom nettement moins évocateur de "boson de Higgs". Sa fonction est de donner à toutes les autres particules leur masse, à travers un mécanisme étonnant que Peter Higgs et d'autres théoriciens ont introduit dans les années soixante-dix (voir *Science & Vie* n° 908, p. 20).

Mais pourquoi la surnommer particule de Dieu ? « Parce que, d'une part, explique Lederman, l'éditeur ne nous aurait jamais permis de l'appeler *the Goddamn Particle* (c'est-à-dire la nom de Dieu de particule), bien que cela eût été

un nom plus approprié, compte tenu de sa vile nature et des dépenses qu'elle occasionne. » Il faut dire en effet que deux gigantesques accélérateurs de particules sont actuellement construits, à coups de milliards de francs suisses et de dollars, en Europe et aux Etats-Unis, pour démontrer l'existence de ce "darné" boson de Higgs.

D'autre part, il faut aussi reconnaître que son rôle est tout à fait crucial dans la création de l'Univers et pour la compréhension que nous pouvons en avoir. Un rôle qui, pour Lederman, évoque certains passages de la Bible dont il n'hésite pas à donner sa propre version intitulée tout simplement *The Very New Testament* !

Décidément, rien ne résiste à son humour dévastateur. On attend avec impatience la traduction française de ce livre à déguster sans attendre, en version originale, par ceux à qui l'anglais et la fantaisie de Lederman ne font pas peur.

D.T.

Denis Buican Les Métamorphoses de Dracula

Le Félin, 204 p., 98 F

Notre collaborateur Denis Buican, biologiste de son état, a dirigé son goût de l'investigation vers l'épistémologie, et a choisi comme sujet un mythe toujours vivant : celui de Dracula.

Le modèle de ce diable, car *dracul* veut dire diable en roumain, exista bel et bien ; ce fut l'abominable prince Vlad Basarab, dit l'Empaleur, qui régna au xv^e siècle sur la Valachie.

Le comportement de ce

prince, l'une des plus infectes et sanguinaires crâpules de tous les temps, fut tellement affreux qu'il marqua profondément les imaginations et se changea en mythe. Et comme le propre des mythes est d'évoluer, il prit au fil des siècles l'apparence d'un vampire et, au hasard des imaginations, des identités nouvelles, comme celle de Nosferatu et même de Staline.

L'auteur explore avec froideur et précision les abîmes de la cruauté et de la superstition, et la leçon de son travail est implicite, mais obsédante : la nature humaine ne change pas. G.M.

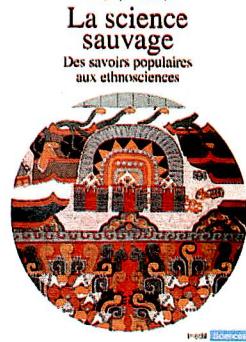
Dix-sept auteurs interrogés par Ruth Scheps La Science sauvage : des savoirs populaires aux ethnosciences

Seuil, "Points Sciences", 212 p., 42 F

Il est difficile de trouver sous un format aussi commode et pour un prix aussi modique un ouvrage plus dense, plus riche et plus accessible sur le savoir des sociétés dites primitives et la connaissance que nous, Occidentaux, en avons. Cette vertu tient à la pertinence des questions de Ruth Scheps à dix-sept spécialistes – de Jacques Barrau, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, à Nicole Revel, directeur de recherche au CNRS. Questions brèves et pertinentes, qui permettent à chacun d'exposer les réflexions et travaux qui ont enrichi son domaine.

Tous les aspects nouveaux de ce que nous savons des sociétés primitives, leur botanique, leur pharmacopée, leur

S. Aron, M. Augé, S. Bahracher, J. Baur, J. Bessière, A. Bourguignon, K. Chomka, J. Gavryš, P. Gremillet, F. Henriet-Angot, E. Le Roy Ladurie, G. Matali, C. Maveti, S. Mithen, T. Nathan, S. Palau, N. Revel, interviewé par R. Scheps



écriture, leurs maths, y sont abordés. Spécialistes et profanes y trouveront un égal bénéfice.

Nous ne pouvons donner ici, faute de place, qu'un seul exemple de l'intérêt de ce petit livre : il porte sur l'évolution d'une notion traditionnelle de l'ethnologie, qui est la distinction entre les civilisations qui disposaient de l'écriture et celles qui n'en avaient pas. Or, Serge Pahaut, anthropologue à l'Université libre de Bruxelles, montre deux points importants. Le premier est que l'usage d'une écriture n'implique pas plus la rationalité que l'absence d'écriture l'irrationalité. Le second est qu'une civilisation peut ne pas avoir d'écriture, mais posséder un code mathématique, comme une algèbre du tissage.

Tout l'ouvrage est du même intérêt.

G.M.

Durk Pearson et Sandy Shaw Life Extension

Anne Carrière, 640 p., 165 F

Drôle d'idée que d'avoir conservé le titre anglais de l'ouvrage cité ci-dessus. Un *Supplément de vie* eût sans doute été mieux compris de notre public, mais enfin, ne querellons pas l'éditeur qui a pris l'initiative de faire traduire ce déconcertant

Nouvelle méthode plus facile, aux résultats rapides

Dans 3 mois, vous pouvez parler couramment l'anglais ou l'allemand

Avec la Méthode Réflexe-Orale, vous apprenez une autre langue comme vous avez appris votre langue maternelle.

Connaitre une langue, ce n'est pas déchiffrer lentement quelques lignes d'un texte écrit. Pour nous, connaître une langue, c'est comprendre instantanément ce qui vous est dit et pouvoir répondre immédiatement.

Rien à apprendre par cœur. La Méthode Réflexe-Orale a été conçue pour arriver à ce résultat. Elle est basée sur les mêmes mécanismes que ceux qui apprennent à un enfant sa langue maternelle. Non seulement elle vous donne de solides connaissances, mais surtout elle vous amène infailliblement à parler la langue que vous avez choisi d'apprendre. C'est une méthode progressive, qui commence par des leçons très faciles et vous amène peu à peu à un niveau supérieur. Sans avoir jamais quoi que ce soit à apprendre par cœur, vous arriverez à comprendre rapidement la conversation ou la radio, ou encore les journaux, et vous commencerez à penser dans la langue et à parler naturellement. Tous ceux qui l'ont essayée sont du même avis: la Méthode Réflexe-Orale vous amène à parler une langue dans un délai record. Elle convient aussi bien aux débutants qui n'ont jamais étudié une langue qu'à ceux qui, ayant pris un mauvais départ, ressentent la nécessité de rafraîchir leurs connaissances et d'arriver à bien parler. Les résultats sont tels que ceux qui ont suivi cette méthode pendant quelques mois semblent avoir étudié pendant des années ou séjourné longtemps en Angleterre ou en Allemagne.

Dans 2 mois vous serez déjà «débrouillé». La Méthode Réflexe-Orale a été conçue spécialement pour être étudiée chez soi. Vous pouvez donc apprendre l'anglais ou l'allemand chez vous à vos heures de liberté, où que vous habitez et quelles que soient vos occupations. En consacrant moins d'une demi-heure par jour à cette étude qui vous passionnera, vous commencerez à vous «débrouiller» dans deux mois et, lorsque vous aurez terminé trois mois plus tard, vous parviendrez à parler couramment avec un accent impeccable, ce qui d'ailleurs a stupéfié des spécialistes de l'enseignement.

Demandez la cassette d'essai gratuite. Commencez dès que possible à apprendre la langue que vous avez choisie avec la Méthode Réflexe-Orale. Rien ne peut vous rapporter autant avec un si petit effort. Dans le monde d'aujourd'hui, parler une langue est un atout essentiel à votre réussite. Demandez vite la leçon d'essai et la cassette gratuites qui vous sont offertes ci-dessous.

GRATUITS

1 cassette + 1 leçon + 1 brochure

Bon à retourner à Service A, Centre d'Etudes, 1, avenue Stéphane-Mallarmé, 75847 Paris Cedex 17. Envoyez-moi gratuitement et sans engagement votre brochure «Comment apprendre l'anglais ou l'allemand et parler couramment» ainsi que la leçon d'essai et la cassette:

Anglais ou Allemand

(Joindre 3 timbres pour frais; pour pays hors Europe joindre 5 coupons-réponse.)



© C.E. Paris, 1988

Mon nom: Mon prénom: (majuscules SVP)

N° et Rue:

Code postal: Ville:

ouvrage, sous-titré *Guide scientifique et pratique pour vivre plus longtemps*. Voilà bien de l'ambition de la part d'auteurs dont l'un est physicien, biologiste et psychologue – ce qui est pour le moins éclectique –, et l'autre chimiste et "conseillère scientifique".

Le résultat est un mélange de conseils pratiques qui feraien la fortune des pharmacies, même s'ils n'étaient suivis qu'à moitié, et de considérations scientifiques de haute volée, le tout émaillé d'exemples "vécus", à l'américaine. Précisons toutefois qu'il s'agit là d'une lecture qui exige de solides connaissances pharmacologiques et médicales, parce qu'elle incite à l'auto-médication et qu'elle comporte des données qui sont pour le moins inattendues.

Par exemple, au chapitre "Revitalisons nos fonctions cérébrales" (oh oui !), on apprend que «plus d'une douzaine de produits chimiques ont fait leurs preuves quant à leur aptitude à améliorer l'intelligence des animaux et des humains». Suit une liste dans laquelle on trouve, avec surprise, les amphétamines, mais dans laquelle seuls le Métrazol et la strychnine sont qualifiés de «dangereux». Les amphétamines sont d'ailleurs citées plus loin à deux reprises, sans beaucoup plus de réserve.

On lit encore : «S'il est vrai que l'alcool et la voiture constituent un mélange parfois mortel sur la route, nous préférions avoir affaire à un conducteur qui a pris de l'alcool et du Diapid plutôt qu'à un autre qui n'a pris que de l'alcool (...), l'effet lénifiant de l'alcool sur l'orgasme [sans doute faut-il lire

l'organisme] peut être contré par le Diapid.»

Tout cela est alarmant, d'abord parce que le Diapid, nom commercial de l'hormone lypressine, est un médicament antidiurétique inscrit au tableau C, déconseillé aux allergiques et aux insuffisants coronariens. Or, en cas d'intoxication alcoolique, mieux vaut éliminer au plus vite l'excès d'alcool. Et ensuite parce que ce genre d'indications incite à des "touillages" pharmacologiques périlleux.

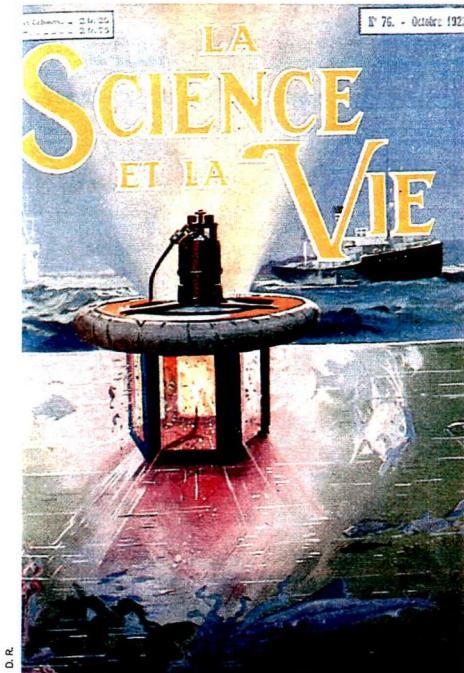
On est également déconcerté par le conseil qui invite à prendre de l'Hydergine («exiger de l'Hydergine fabriquée par Sandoz», précise plus loin ce livre) à la dose quotidienne de 12 mg. Celle-ci est un dérivé de l'ergot de seigle, qui augmente en effet l'utilisation tissulaire de l'oxygène et du glucose, et serait bonne pour des gens souffrant de défaillances intellectuelles et nerveuses. Nos auteurs en font les plus grands et plus obstinés éloges. Après l'avoir définie comme stimulant intellectuel (est-ce l'avis des chirurgiens qui, en France, l'injectent avant les interventions chirurgicales ?), ils y reviennent, en page 513, en la présentant cette fois comme une quasi-panacée, qui guérit miraculeusement «les frissons, les douleurs généralisées, les picotements d'yeux». Il faudrait quand même avertir qu'elle est contre-indiquée aux hypotendus.

Disons que c'est un livre qui sera conseillé aux médecins plus qu'au public, surtout celui qui tend à croire aux "recettes" miraculeuses. Recommandons-leur le chapitre hilarant sur les meilleurs moyens de «prolonger les plaisirs de la sexualité». G.M. ■

Science & Vie IL Y A...

Par Bruno Jacquot

...70 ANS



D.R.

Octobre 1923

«Cet appareil à acétylène permet d'attirer des milliers d'animacules dans un but d'observation scientifique.

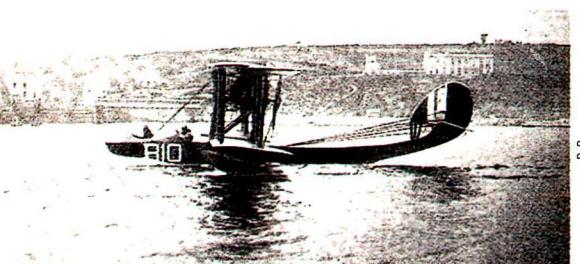
Il pourrait aussi être utilement employé pour les pêches nocturnes.»



D.R.

L'hydravion explore les fonds marins

«L'hydravion GL de 300 ch est employé pour la prise de clichés. L'appareil photographique est placé devant l'observateur, posté lui-même à l'avant de l'appareil.»



D.R.

Le tactimètre atomique

«L'instrument du Pr Charles Henry est destiné à mesurer le tact, c'est-à-dire les excitations de la peau. Ce tactimètre se compose d'une boîte sans fond et d'une aiguille sur laquelle on enfile des poids, de masse réelle de un gramme mais fondus dans six métaux différents. Quand on retire l'épingle, le poids tombe dans la main du patient. Par cette expérience, il s'agit d'étudier des sensations comme le chatouillement ou le fourmillement en fonction des vibrations atomiques et des longueurs d'ondes d'extinction lumineuse.»



D.R.

Aussi bien qu'une automobile...

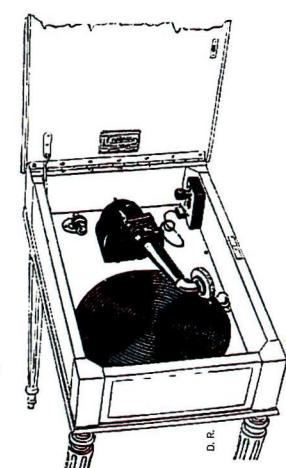
«Un nouvel "accoupleur" rend pratique le tourisme familial à bicyclette. Il s'agit d'un cadre articulé en tubes d'acier, réglable dans toutes ses dimensions et muni de colliers destinés à réunir deux bicyclettes. Il est complété par trois barres : barre d'écartement des roues avant, barre de direction, et barre d'écartement des roues arrière.»



D.R.

Une machine à coller les enveloppes

«Un tapis roulant apporte la lettre jusqu'à la machine. Un cylindre humide mouille l'enveloppe, deux autres assurent le collage par pression. Avant de ressortir de la machine, l'enveloppe passe encore entre deux cylindres chauffés qui assurent le séchage.»



D.R.

Peut-on perfectionner le phonographe ?

«Les différents organes qui composent le Charmophone, invention entièrement française, ont été étudiés et réalisés pour permettre de reproduire les sons dans toute leur fidélité : pureté et qualité des timbres, ampleur exacte des vibrations, rendement intégral du diaphragme...»



Guest Artists from Real World

AVEC



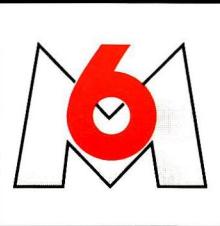
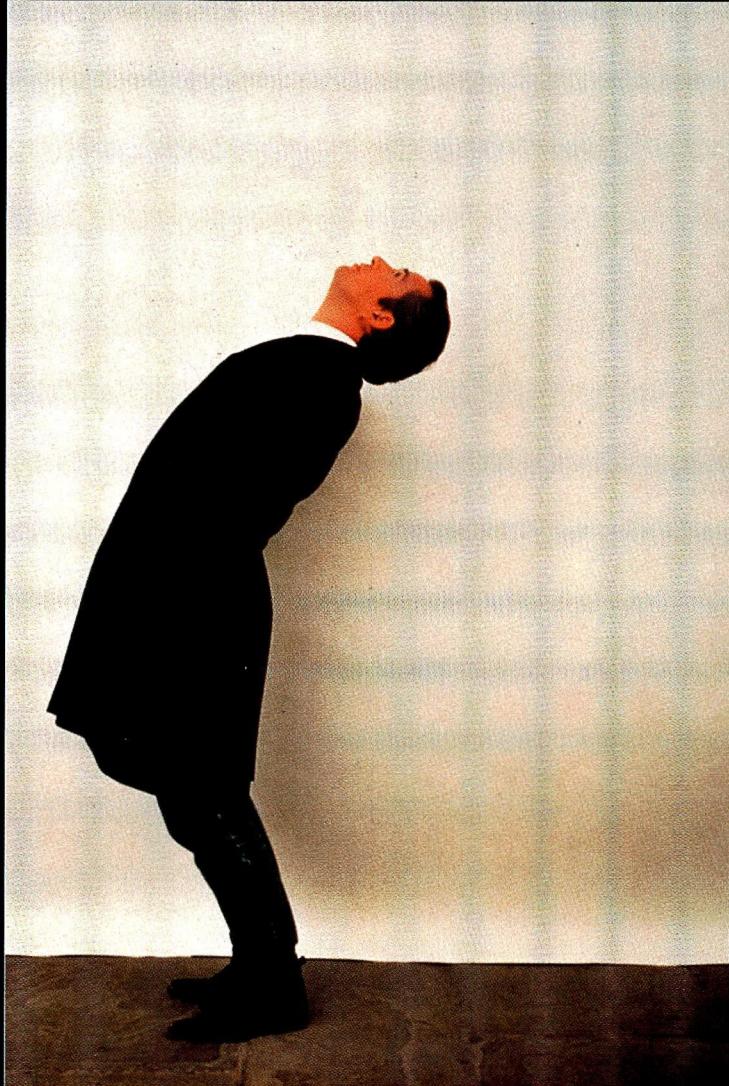
PETER GABRIEL



**24 NOVEMBRE :
PARIS BERCY**

**13 NOVEMBRE :
GRENOBLE Palais des Sports**

**14 NOVEMBRE :
TOULON Zénith Oméga**



**LOCATIONS : POINTS DE VENTE HABITUELS
ET SUR MINITEL 3615 CODE NRJ CLUB**

POUR CONNAITRE LA FREQUENCE NRJ DE VOTRE VILLE, TAPEZ 3615 CODE NRJ, RUBRIQUE STA.





UN 510
NE SE FAIT
JAMAIS SEUL



Levi's

On n'est jamais trop Levi's.