

SCIENCE & VIE

LOIRE

**Les barrages
sur la sellette**

POUX

**Les anti-poux
au crible**

GÉNÉTIQUE

**La division cellulaire
enfin expliquée**



LE TRIOMPHANT sous-marin du silence





LES COPAINS



On sert Kronenbourg
Aux Copains*



*Les Copains, 62 rue Caulaincourt 75018 Paris. Tél. 46 06 29 83.

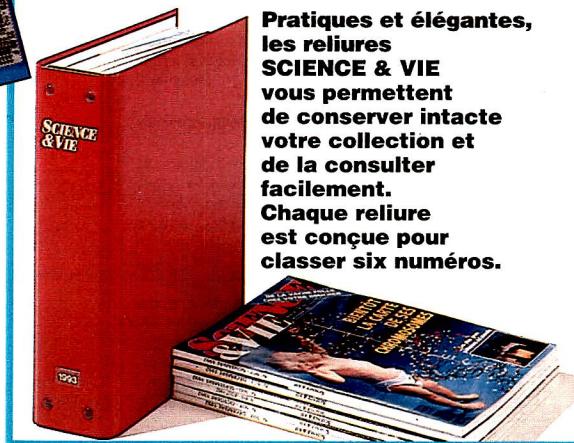
L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. A CONSOMMER AVEC MODÉRATION.

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

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

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

CIEC **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 912

Publié par Excelsior Publications S. A.
Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans
1, rue du Colonel-Pierre-Avia,
75503 Paris Cedex 15
Tél. : 1 46 48 48 48. Fax : 1 46 48 48 67
Adresse télexgraphique : 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 Remy.

RÉDACTION. Rédacteur en chef : Jean-René Germain, assisté de Marie-Anne Guffroy. Rédacteur en chef-adjoint : Gérard Messadié. Rédacteur en chef-adjoint : Gérard Morice, assisté de Monique Vogt. Rédacteur en chef-adjoint : Jean-François Robredo. Rédacteur en chef édition : Elias Awad. Secrétaires de rédaction : Françoise Sergent, Nadine Raguet, Agnès Marillier, Gisèle Casini, Lyne Strouc. Rédacteurs : Renaud de La Taille, Alexandre Dorozynski, Pierre Rossion, Jacqueline Denis-Lempereur, Marie-Laure Moinet, Roger Bellone, Jean-Michel Bader, Didier Dubrana, Henri-Pierre Penel, Marc Mennessier, Isabelle Bourdial, Thierry Pilorge. Secrétaire : Paule Darconnat. Maquette : Lionel Croson, Elisabeth de Garrigues, Houda Harfouché. Service photo : Anne Levy. Correspondant à New York : Sheila Kraft, PO Box 1860, Hemlock Farms Hawley PA, 18428-USA.

RELATIONS EXTERIEURES. Michèle Hilling, assistée de Guylaine Brehin.

SERVICES COMMERCIAUX. Abonnements et marketing direct : Patrick-Alexandre Sarradeil. Vente au numéro : Pierre Bieuron. Chef de produit : Marie Cribier. Chef marketing : Antoine Coubray, 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, 10 70 Bruxelles.

PUBLICITÉ. Excelsior Publicité Interdéco, 27 rue de Berri, 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, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 1 46 48 47 08 (de 9 h à 12 h). Au Canada : Periodica Inc. - C.P. 444, Outremont-Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse : Naville, Case postale 1211, Genève 1, Suisse.

À NOS ABONNÉS. Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,80 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec *Science & Vie* sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

Copyright 1989 *Science & Vie*.

SOMMAIRE

n°912
septembre
1993

Nos enfants se grattent. Les poux prolifèrent. Et les deux tiers des produits vendus en pharmacie ne sont pas efficaces.

p. 120



Gallard / Jéricot

Astrophysique Un satellite aux sources de la violence

Phillipe Henarejos..... 40

Astrophysique Graviton es-tu là ?

Hélène Guillermot..... 48

Physique L'holographie des atomes

Daniel Tarnowski 56

Linguistique La plus vieille langue américaine

Gerald Messadié..... 64

Biologie La division cellulaire expliquée

Pierre Rossion 68

Médecine L'affaire de l'hormone de croissance : une contamination animale en cause

Pierre Rossion 74

Ethologie Fauvette à tête noire : l'évolution en direct

Thierry Pilorge 76

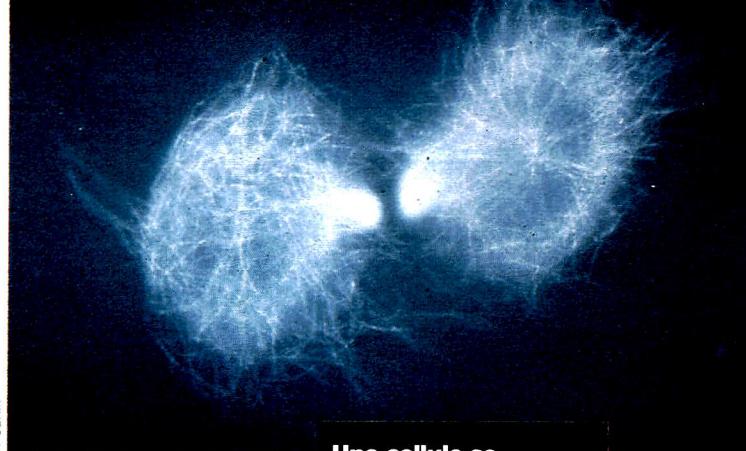
Photo de couverture :
Fourmy /REA

Encart abonnement jeté
dans *Science & Vie*, entre
les pages 84 et 85.
Diffusion vente au
numéro et abonnement
France métropolitaine.
Le coupon
d'abonnement à
Science & Vie
se trouve en page 1. Vous
pouvez aussi vous
abonner par Minitel en
tapant 3615 ABON.

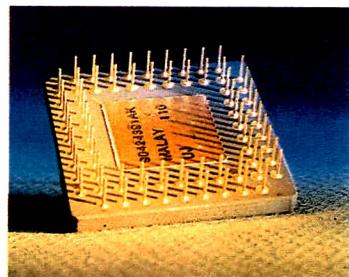


Coll. Musée de l'homme

Un secret de plus vient d'être arraché aux stèles amérindiennes. p. 64



INSERM



Le Pentium, une merveille imparfaite. p. 110

Une cellule se divise. Qui lui en a intimé l'ordre, et comment l'a-t-elle capté ? Après un siècle de recherches, l'éénigme vient d'être résolue. p. 67

D.R.

Océanologie

L'algue qui empoisonne les spécialistes

Jacqueline Denis-Lempereur..... 80

Hydrologie

Les barrages de la Loire contestés

Marc Mennessier..... 86

Défense

Le Triomphant, sous-marin du silence

Gérard Turbé..... 98

Voile

La libellule des mers

Gérard Cayeux et Jean-Michel Bader..... 106

Informatique

La fuite en avant des microprocesseurs

Atta Oloumi et Rémi Sussan..... 110

Environnement

Mort aux CFC : oui, mais après ?

Didier Dubrana..... 116

Hygiène

La guerre des poux n'est pas gagnée

Marie-Laure Moinet..... 120

Automobile

Attention, les mini radars sont arrivés !

Henri-Pierre Penel..... 128

RUBRIQUES

Courrier..... 6

Echos de la recherche
dirigés par *Gerald Messadié*..... 18

Echos de l'environnement
dirigés par *Jacqueline Denis-Lempereur et Didier Dubrana*..... 26

Echos de l'industrie
dirigés par *Gérard Morice*..... 34

Carrefour de l'innovation
dirigé par *Gérard Morice*..... 132

Comment ça marche
Renaud de La Taille..... 140

Électronique amusante
Henri-Pierre Penel..... 144

Informatique amusante
Henri-Pierre Penel..... 146

Biologie amusante
Didier Pol..... 148

Journal de l'astronome
Yves Delaye..... 150

Jeux & Paradoxes
Louis Thépault..... 153

Photo Vidéo Son
Roger Bellone et Paule Sully..... 154

Les objets du mois
Bruno Jacquot..... 156

Livres..... 159

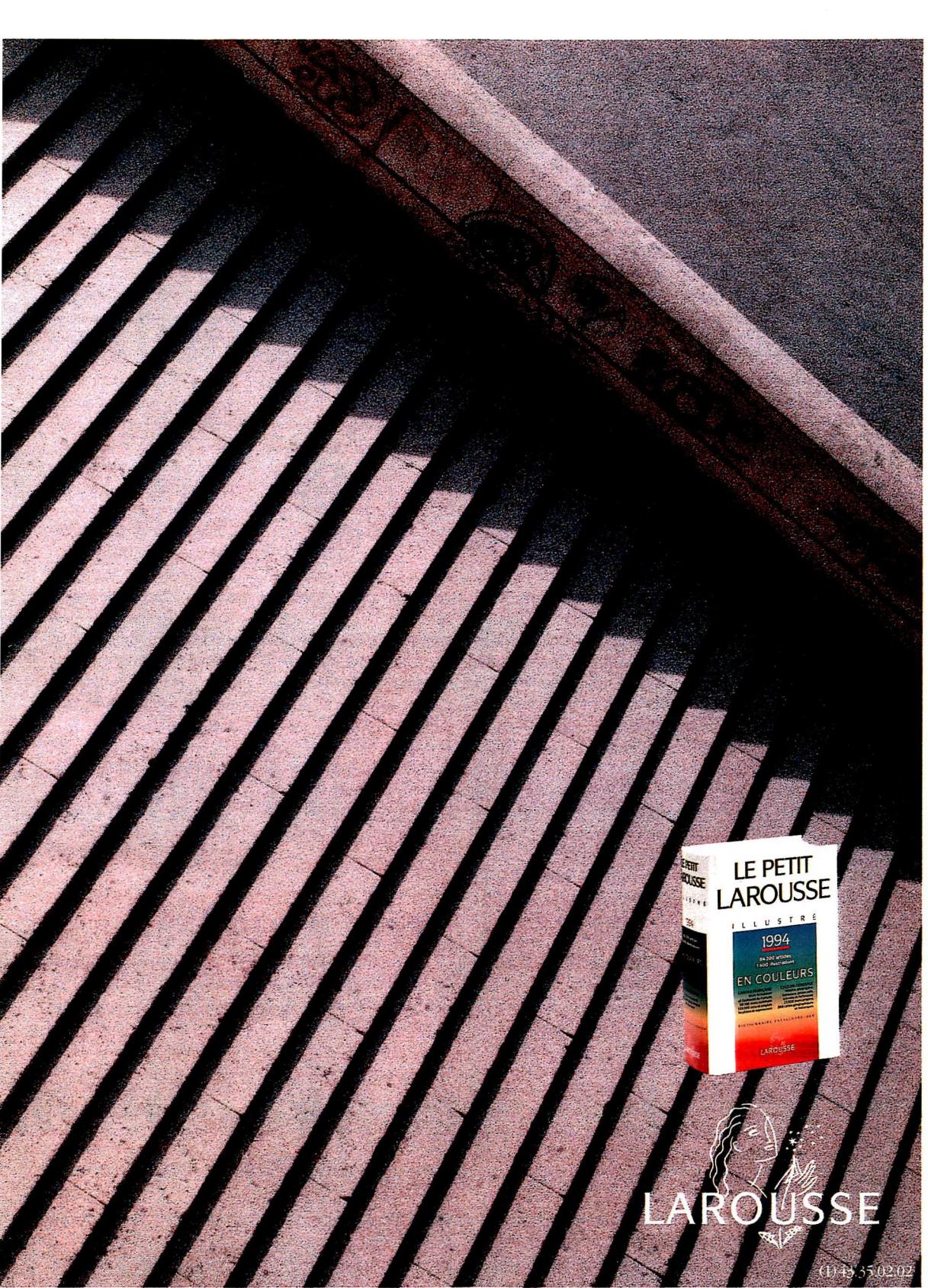
Science & Vie, il y a..... 166

Agenda..... 168



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

Notre monde change chaque année.



LAROUSSE

(1) 43 3502 02

Le Petit Larousse renaît tous les ans.

COURRIER

Le Pr Vallée s'impatiente

«Je lis avec surprise, dans le courrier des lecteurs de juillet 1993, une réponse qui n'en est pas une, intitulée "Une théorie en plan", me mettant ouvertement et nommément en cause. Pour pouvoir informer valablement vos lecteurs au sujet de la théorie unitaire "synergétique", je vous rappelle que vous disposez d'un excellent article, "Un Français découvre : le vide est une forme d'énergie", rédigé par Renaud de La Taille et publié dans "Science & Vie" n° 677, de février 1974. Depuis vingt ans, cet article est toujours d'actualité», écrit le Pr René-Louis Vallée.

«Il y avait lieu de préciser, ce que vous avez oublié de faire, que le canular grotesque de M. X... était destiné à diffamer la théorie synergétique et l'auteur que j'en suis [M. Vallée excipant de son droit de réponse, nous usons ici de celui que nous accordé la loi de ne pas reproduire des propos diffamatoires, et nous avons volontairement omis de citer le nom de la personne incriminée. Nous avons usé de ce droit pour supprimer d'autres noms]. Je regrette que "Science & Vie" s'y soit laissé prendre, malgré mes soupçons et diverses mises en garde sur les graves conséquences que ne pouvaient manquer d'avoir pour moi la diffusion d'une telle information, incohérente et fausse.

«J'eus à l'époque la chance d'être aidé par le Pr X... [nom omis] qui publia [passage

omis] un article de désinformation qui me permit de tromper l'équipe des mystiques ignorants, que vousappelez chercheurs, qui s'était agglutinée autour de moi pour tenter de me déposséder des découvertes synergétiques, après en avoir dépossédé le Commissariat à l'énergie atomique.

«Il n'est pas étonnant que vous affirmiez, avec une candide légèreté, que la théorie synergétique n'a pas reçu, à ce jour, de preuve expérimentale sûre. Alors qu'elle a permis de décrire la fusion froide, découverte en 1975 au Centre d'études nucléaires de Fontenay-aux-Roses (CEN-Far) par l'équipe de recherche Euratom-CEA, qui travaillait sur la physique des plasmas. Cette fusion inattendue avait été obtenue, sans difficultés majeures, par l'introduction d'atomes neutres, donc froids, dans un plasma constitué d'atomes ionisés... [passage omis] M. X... [nom et qualités omis] avait donné ordre, à l'époque, de passer sous silence cette découverte, taxée d'aberration, dont la presse scientifique eut quand même quelques échos (voir "Science & Vie" n° 703, p. 45).

«L'explication de la fusion froide (Clearing Up Cold Fusion Mystery) m'a valu l'honneur d'être élu membre actif de l'Académie des sciences de New York. J'ai pu apporter ainsi ma participation synergétique à de nombreux travaux de recherche fructueux aux Etats-Unis.

«Mais la science occidentale est malheureusement maintenue en état d'hypnose spiritualiste. Paralysée par

une désinformation religieusement organisée, elle se trouve incapable de réagir devant une troisième guerre mondiale, essentiellement économique et démographique. Il n'existe à ma connaissance qu'un seul pays au monde, le Japon, qui, n'ayant pas de pétrole, semble bien avoir des idées. En accueillant récemment Stanley Pons et Martin Fleischmann dans leurs laboratoires construits sur le sol français, les Japonais ont voulu acquérir la certitude de la validité pratique de la science synergétique française. Ce qui les intéresse n'est pas une quelconque machine à vapeur fonctionnant par ébullition de l'eau lourde, mais bien la construction en grandes séries de générateurs électrogravitationnels miniaturisés.»

Précisons que la réponse incriminée par le Pr Vallée était rédigée par l'auteur de l'article dont il fait éloge. Par ailleurs, une théorie ne peut être considérée comme vérifiée expéri-

mentalement que lorsqu'elle a obtenu expérimentalement des résultats prévus d'avance. Sinon, elle est infirmée. Si M. Vallée a proposé des expériences qui permettent de vérifier sa théorie, nous n'avons pas connaissance que ces expériences aient eu lieu, ni qu'elles aient été reproduites par d'autres chercheurs avec les mêmes résultats. C'est pourquoi nous avons écrit que la synergétique n'a pas reçu, à ce jour, de preuve expérimentale sûre et que nous ne pouvons pas nous prononcer sur sa validité.

Enfin, il va de soi que les opinions exprimées dans la lettre du Pr Vallée n'engagent que son auteur. Nous ne saurons, en effet, souscrire aux accusations d'"hypnose spirituelle" et de "désinformation religieusement organisée" que son auteur adresses à la science occidentale. La question intéressera sans doute M. J.S., de Tonneins, qui estime avoir une bonne connaissance de la synergétique. Nous l'en félicitons...

L'éoraptor n'était pas le seul bipède

Spécialiste de la question, sur laquelle il a publié des articles, M. François de Sarre relève notre information du n° 909 : «Le plus vieux dinosaure connu, l'éoraptor, marchait sur deux jambes, il y a 225 millions d'années». «La bipédie est bel et bien un caractère ancien (plésiomorphe, comme disent les naturalistes), et l'éoraptor, "voleur de l'aube", avait des mains préhensiles dotées de cinq doigts.» Certes, mais enfin c'était le premier.



Elite, c'est le nouveau film Ektachrome inventé par Kodak, un film qui va révolutionner l'univers de la diapositive. Bien sûr, il est impossible de démontrer sur un support papier tel que ce magazine, la supériorité du film Kodak Elite. Nous pouvons vous dire que sa brillance, sa saturation des couleurs ou son piqué sont largement supérieurs. Ils le sont, mais seule la projection d'une diapo Elite pourra vous en convaincre. Le photographe sceptique devra donc pour vérifier, l'essayer. L'amateur de technique comprendra que cette révolution s'appuie sur le grain T. Pour permettre aux émulsions grains T d'être encore plus performantes, Kodak a fait appel à trois technologies chimiques entièrement nouvelles :

1. Les amplificateurs d'inter-images augmentent le piqué et donnent des rouges, verts, bleus, plus brillants et plus

saturés sans altérer les teintes chair.

2. Les filtres de couleurs à particules solides par une action sélective sur la lumière permettent d'obtenir des couleurs absolument pures. Ils stabilisent les colorants avant traitement, garantissant ainsi des images plus piquées.

3. Les inhibiteurs super-actifs empêchent la diffusion des colorants et garantissent ainsi une excellente conservation de la prise de vue avant traitement. Les couleurs sont plus précises et plus saturées.

Grâce à ces nouvelles technologies, le film Kodak Elite 100 peut offrir le meilleur ratio vitesse/grain de sa catégorie. Avec 4 sensibilités (ISO 50, 100, 200, 400), la gamme Elite s'affirme aujourd'hui comme le nouveau standard du marché des inversibles. Kodak. Toujours un déclic d'avance.



NOUVEAU FILM KODAK ELITE.

LA MEILLEURE DIAPO DU MONDE ?



Photo Cindy Palmano



Nouvelle diapo Kodak Elite

suite de la page 6

Pas de biberons dans les fours à micro-ondes ?

«Bien que fidèle lecteur, je ne vous écris jamais», prévient M.Y.S., de Marseille. «Je me décide aujourd'hui, car j'aimerais mettre plusieurs points au clair. Je commence par un très vieil article (septembre 1973). On y déclarait que, d'après un médecin danois, Eivind Gudmand Hoejer, les adultes du tiers monde sont à 70 ou 100 % allergiques au lait. Je suis navigateur et je ne l'avais pas remarqué. Cette déclaration a-t-elle été confirmée depuis ? Je ne le crois pas.»

En effet : la totalité des nourrissons étant alimentés au lait maternel et, dans certains cas, de vache, la position de ce chercheur était irrecevable. L'ethnologie eût avantageusement tempéré ou corrigé (voire annulé) cette constatation : on ne voit guère pourquoi les Himba du Kaokoland, en Afrique, pour ne citer qu'eux, s'obstinent à éléver des bovins et des caprins et à en consommer le lait, frais, aigre ou en beurre, si c'est pour le rejeter tout de suite après. Nous avons été trop respectueux, à l'époque, à l'égard des chercheurs. Comme on le sait, nous le sommes beaucoup moins...

«Un autre entrefilet déclarait que l'abus prolongé de vitamine D au cours de la puberté, par exemple sous la forme

me d'huile de foie de morue, pouvait provoquer la schizophrénie juvénile.»

L'hypervitaminose D est connue pour ses risques d'apathie, d'hyperazotémie et d'albuminurie, ainsi que de néphrocalcinose. Le risque de schizophrénie n'a plus été évoqué à notre connaissance. Peut-être l'indifférence au milieu environnant, qui caractérise la schizophrénie, ressemble-t-elle à l'apathie induite par la vitamine D.

«Plus récemment, au sujet des fours à micro-ondes, je crois que vous n'avez pas tenu compte d'une étude parue dans la revue "The Lancet" en 1989 (mars 1990 dans l'édition française), déclarant qu'il ne fallait pas chauffer les biberons dans ces appareils, car ils transformeraient la molécule L-proline du lait en D-proline, qui est neurotoxique...»

La différence entre le chauffage courant au-dessus d'un feu et le chauffage par micro-ondes est que celui-ci se produit par frottement des molécules entre elles, qui peut engendrer des pointes de température extrêmes, aux alentours de 150 °C. La molécule de cinq carbones de la L-proline, acide amine essentiel, donne alors, en effet, de la déshydroproline, qui, par addition d'eau, donne à son tour le G-semialdéhyde du glutamate. L'effet neurotoxique des glutamates est connu.

Cette thèse demandera toutefois à être vérifiée avant qu'on conseille aux mamans de chauffer les biberons au bain-marie, selon la méthode traditionnelle.

L'homme change-t-il ?

«Vous parlez bien des dolichocéphales et des brachycéphales, dans votre article "L'homme change-t-il ?"

(n° 910). Mais vous ne dites pas que les dolichocéphales sont en cours de disparition. C'est pourtant bien là un changement...», relève M. J.J.T., d'Argentan.

Il est exact qu'on a vu apparaître, il y a dix mille ans, des populations à crânes ronds, dites brachycéphales, alors que les populations précédentes avaient le crâne allongé, c'est-à-dire dolichocéphale. On suppose, mais ce n'est qu'une supposition, que ce serait un des effets de l'élevage et de l'introduction des produits lactés, le lactose et le calcium, dans l'alimentation.

«Pourquoi n'avez-vous pas cité l'influence des épidémies dans la répartition des groupes sanguins ?» demande également ce lecteur.

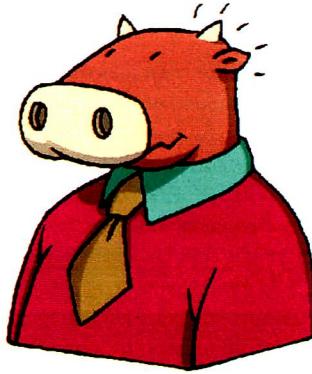
Nous supposons que ce lecteur fait allusion à une hypothèse bien connue : c'est que certains groupes sanguins semblent induire une résistance à certaines maladies, tandis que d'autres, au contraire, semblent induire une vulnérabilité à d'autres maladies. On attribue ainsi empiriquement au groupe A une résistance partielle à la variole. Cette résistance aurait modifié, au xixe siècle, les répartitions des groupes sanguins dans certaines tribus indiennes. On sait ainsi qu'en 1837 un steamer de la Compagnie de la baie d'Hudson accosta à Fort Kenzie, dans le Montana, et apporta avec lui le virus de la variole.

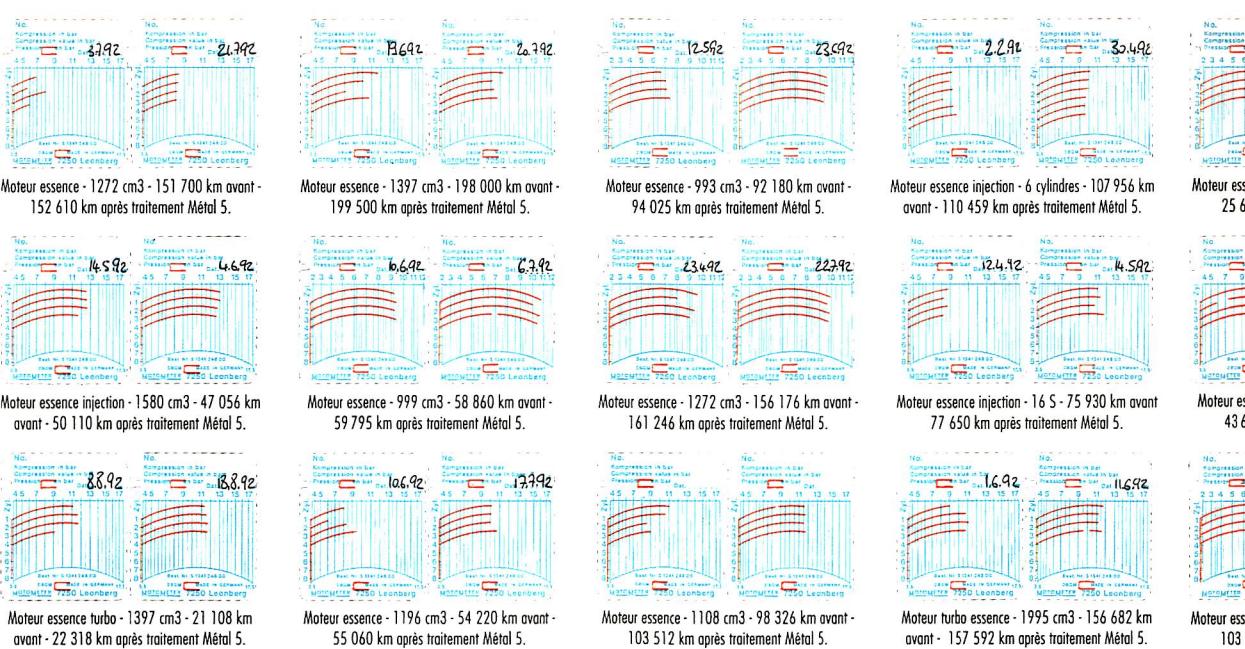
La maladie se dissémina jusqu'au Canada, où elle tua les deux tiers des tribus Blood et Blackfoot et de nombreux Pie-gans. S'il y avait, chez ces Indiens, un tiers de groupe A, ceux-ci auraient donc survécu, modifiant ainsi les caractéristiques hématologiques d'une population.

De fait, on sait qu'aujourd'hui environ 60 % des Blood et des Blackfoot sont du groupe A, ce qui est tout à fait exceptionnel chez les Indiens des Amériques, chez lesquels prédomine le groupe O et où le groupe A est rare (de 1 % au sud à 35 % au nord). Les 40 % restants s'expliqueraient par la reconstitution héréditaire des taux de O par les survivants de l'épidémie.

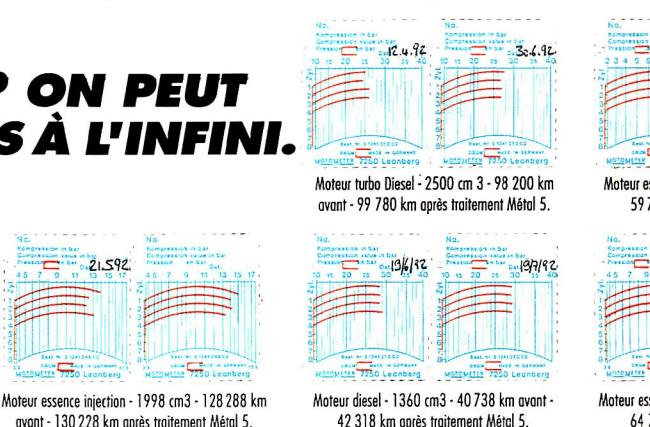
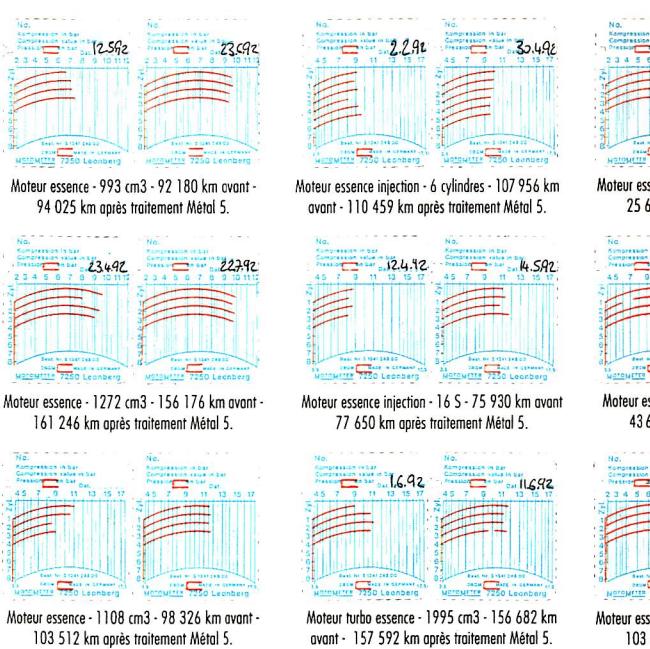
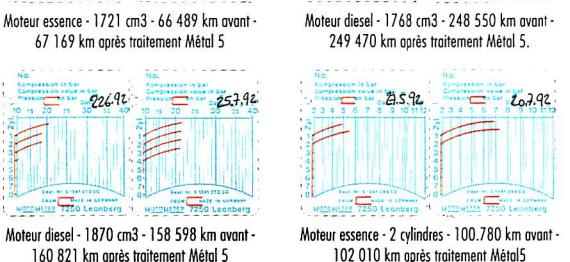
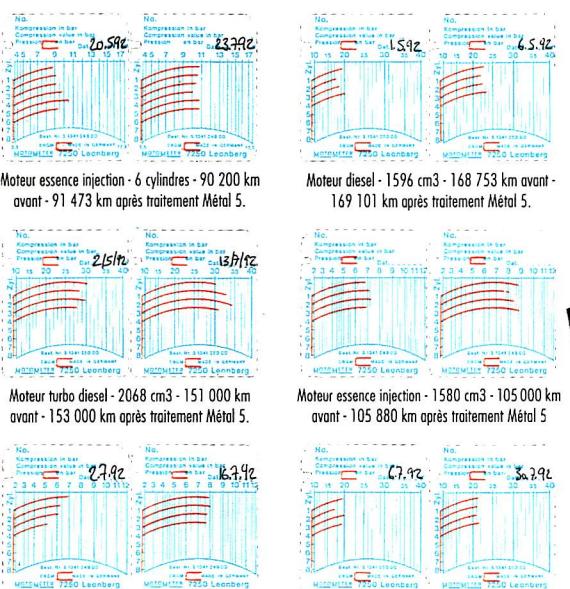
On peut supposer, mais seulement supposer, que l'hématologie, et particulièrement la résistance aux maladies induite par certains groupes sanguins et groupes HLA, expliquerait des variations de populations au cours des siècles. Mais ces particularités sont si nombreuses qu'il est difficile de tirer de leurs études des conclusions fermes. On sait ainsi que le rhésus négatif atteint son point le plus haut chez les Basques, alors que presque tous les Asiatiques et Africains sont rhésus positif.

Nous n'avons pas évoqué ce point parce qu'il ressortit plus à l'adaptation qu'à l'évolution proprement dite.





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



LES COMPRESSIONS, C'EST IMPORTANT.



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

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

MÉTAL 5, LA PROTECTION ACTIVE DES MOTEURS

260



Galéo 1000

Le téléphone-fax-copieur
pensé et dessiné
par France Télécom.

2 522 F HT

(2 990 F TTC)

Avec Galéo 1000, France Télécom vous propose un nouveau concept de produit qui associe les fonctionnalités d'un téléphone haut de gamme à celle d'un fax et d'un copieur d'appoint. Très compact, il s'intègrera là où vous le souhaitez. Fonctionnel, (appel sans décrocher, mémoire de 10 numéros, rapport d'émission...) il transformera votre vie. Pour en savoir plus, composez sur votre Minitel 3614 France Télécom.

En vente exclusive dans nos 600 Agences.



France Telecom

suite de la page 8

Alcoolisme et débilité mentale

Comme il nous a écrit ès qualités, nous citons donc par son nom M. André Michelet, directeur général du centre Les Cent Arpents et directeur du centre d'études R. Houdon pour la recherche sur les handicaps mentaux.

«Je suis parfois inquiété par l'inconscience et peut-être la partialité avec laquelle vous présentez certaines hypothèses scientifiques... ou pseudo-scientifiques comme des certitudes. Dans votre dernier numéro, l'article "Mère alcoolique, enfant retardé mental" ne repose que sur des affirmations bien éculées.

«Le "délit de facès" est à la mode, mais il n'est pas d'aujourd'hui, le diagnostic par l'aspect facial caractéristique me rappelle celui de la "tête de fœtus" à partir duquel on détectait dans les années 1940-1950 les hérédosyphilitiques, alors présentés comme le contingent essentiel des débiles mentaux.

«Cette théorie succédait à celle de l'alcoolisme (déjà !) présentée, en particulier, par Hamon du Fougeray et Couetoux, dans le "Manuel pratique des méthodes d'enseignement spécial aux enfants anormaux" (1896), qui n'hésitent pas à écrire (hors de toute recherche sérieuse) : "Nous pouvons affirmer que le nombre des idiots en France double tous les six ans. Où s'arrêtera cette progression effrayante, engendrée par l'augmentation progressive de la consommation d'alcool surtout ? Nul ne le sait." Le Pr Pélicier dit de ce

nous avons trouvé sur l'idée de la croissance du "stock" d'idiots et d'arriérés, liée aux thèses de la dégénérescence de la race."

«On sait où mènera cette idéologie qui, l'histoire le montre, a été alimentée par des expériences et des statistiques truquées. Certes, l'alcoolisme n'est pas exclu en tant que générateur de déficience mentale, mais le récent "Vocabulaire de pédagogie et de psychologie" du Pr Lafond recense près d'une centaine de causes possibles (l'hérédité ne figure dans le cadre des causes génétiques que pour une faible part) et précise que les causes inconnues, en l'état de nos connaissances, sont supérieures à 50 % – qui oserait affirmer, à part votre article, à la mère d'un enfant handicapé mental qu'elle est probablement (plus d'une fois sur deux...) alcoolique et responsable ?

«Dans le domaine des sciences humaines, toutes les théories réductionnistes sont dangereuses, et partiales. Le plus étonnant est l'intitulé de votre illustration graphique "Petite tête, faible QI".

«Il y a cent cinquante ans déjà, la mensuration de milliers de crânes a été une occupation essentielle des premiers aliénistes à la recherche d'un diagnostic. Esquirol écrit (1846) : "A chaque cas d'idiotie, j'ai toujours donné les mesures de la tête prises durant la vie...", pour conclure à la fin de sa carrière : "Les formes de la

tête, pas plus que son volume, ne sont un indice rigoureux des capacités affectives et intellectuelles." Belhomme, avec l'ensemble de ses confrères, est formel : "Il n'y a pas de forme particulière de la tête propre à l'idiotie." Et Seguin écrit dans "le Traitemen moral", à la même époque : "A quel signe la reconnaîtrait-on, cette incapacité absolue, irrémédiable ! Qui peut assurer aujourd'hui qu'il faut plus ou moins de 40 cm de tour de tête pour être capable d'éducation ? [...] Ainsi, faut-il revenir à la mensuration du crâne pour évaluer la débilité mentale ?..." »

Nous avouons une assez grande surprise, car nous avons exposé des travaux scientifiques français, allemands, canadiens, américains, que notre correspondant eût pu contester s'il n'en était pas d'accord, sans nous en faire un grief personnel. C'est ramener le débat à un niveau où nous refusons de le situer, comme le font certains lecteurs qui nous accusent, parce que nous exposons des travaux sur la relativité, d'être "vendus" à l'on ne sait quels intérêts confessionnels.

Ensuite, nous n'avons pas écrit que l'alcoolisme est l'unique cause d'arriération mentale. Nous avons rapporté qu'aux Etats-Unis, par exemple, on tient que l'alcoolisme "est la cause principale connue de

trisomie 21". Il est vrai que la craniologie et la phrénologie du siècle dernier ont été décevantes parce que les prémisses en étaient systématiques et biaisées. Mais c'est quand même une étude statistique récente publiée dans le *Journal of the American Medical Association* qui a établi la corrélation entre l'arriération mentale et la taille du crâne.

Nous sommes tout aussi surpris de la confusion évidente entre "causes héréditaires" et "causes génétiques" qui apparaît dans la lettre de M. Michelet : les causes héréditaires sont celles qui sont comprises dans le patrimoine génétique d'un géniteur ou des deux et qui, en tant que telles, sont transmises à l'enfant ; les causes génétiques sont celles qui intéressent le capital génétique propre du fœtus, car celui-ci peut être lésé par l'ingestion d'alcool par la mère pendant sa grossesse, l'alcool ayant un effet tératogénique.

Enfin, il ne nous viendrait certes pas à l'idée d'"accuser" les mères de tous les enfants anormaux d'être alcooliques, et c'est nous faire injure que de formuler un tel soupçon, qui contrevient au devoir de compassion autant qu'à celui de réserve scientifique. Mais enfin, nous nous inquiétons à notre tour des conséquences, pour l'information générale et celle des mères en particulier : notre correspondant entend-il donc innocenter l'alcool comme cause de malformations tératogéniques ? Et réprouverait-il donc une mise en garde adressée aux futures mères sur les dangers de l'alcoolisme ? Nous voulons croire qu'il n'en est rien, et que ce correspondant nous aura mal lus. ▶



CASIO®

COLLEGE

The Best*

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 S.A. - 92207 COLONNES

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



FX 92 COLLEGE



FX 92 COLLEGE

FX 250 D



FX 180 P PLUS



suite de la page 12

Formaldéhyde et lessives

De Mme G.W., de Paris : «On reproche aux producteurs de lessive allemands de mettre du formaldéhyde dans leurs produits "couleurs", ceux qui évitent que les teintes se fanent. Est-ce que les producteurs français l'utilisent aussi ? En quelles quantités ? Et quels sont les dangers pour la santé ? En Allemagne, une firme justifie l'emploi de ce produit en alléguant qu'il y a moins de formaldéhyde dans une dose de lessive que dans une pomme. Il est évident que cette comparaison cloche, car une pomme ne se porte pas sur la peau.»

Il est difficile d'apprécier la quantité de formaldéhyde qu'il y aurait dans une dose de lessive, et encore plus, les traces qui en demeuraient sur le linge après rinçage. A coup sûr, celles-ci sont infinitésimales. Il est plus aisément d'appréhender les appréhensions de notre correspondante, qui a sans doute entendu évoquer certains effets cancérogènes du formaldéhyde sur l'animal, mais à des doses de très loin supérieures à celles qui résulteraient de l'utilisation de lessives. A cet égard, il faut rappeler que le soluté officinal de formaldéhyde est un antiséptique puissant, bactéricide, viricide et fongicide. Aux dilutions courantes, il est par exemple utilisé pour la stérilisation des instruments chirurgicaux et la désinfection des locaux et tissus ; il est couramment utilisé en dermatologie (par exemple, dans le traitement de l'hyperhydrrose plantaire), en cosmétologie



(dans les shampooings), en peausserie (pour le tannage des gants lavables) et en agriculture. Son emploi offre bien plus d'avantages vérifiés que de risques supposés.

Il n'y a donc pas, jusqu'à plus ample informé, de raisons de s'inquiéter de sa présence en tant qu'agent conservateur des couleurs dans les lessives. L'essentiel est, une fois de plus, de rincer correctement le linge. Enfin, l'exemple invoqué par le fabricant que cite notre lectrice est judicieux : les pommes ne se portent pas sur la peau, certes, mais elles se mangent, et les traces d'acide formique consommées seraient, théoriquement, plus à craindre que celles qui resteraient dans un linge propre.

Chouart et autres lieux

«Le petit article que vous publiez dans la dernière livraison de votre revue, écrit M. P.V., de Saint-Junien, concernant la météorite de Rochechouart, se termine malheureusement sur une note étymologique fantaisiste. Dans ce domaine, en effet, il est souvent aisément de se laisser attirer par des analogies immédiates avec le français moderne. D'autant plus que Rochechouart se situe dans une région où la plupart des

noms de lieux ont été façonnés à travers la langue occitane. On a, bien sûr, affaire à deux éléments : roche, qui désigne le rocher, mais qui correspond souvent à l'emplacement d'une fortification et chouart, qui est très probablement un patronyme, qui est d'ailleurs attesté dans la région. Si l'on voulait faire une interprétation mot à mot, on aurait donc : "le château de Chouart".»

Notre question ("Comment donc eut-on l'idée de l'appeler Rochechouart ?") ne comportait vraiment pas d'hypothèse étymologique, et c'est nous faire une querelle un peu spécieuse pour avoir simplement relevé une coïncidence. Rappelons donc à notre correspondant que chouart désignait aussi bien le chat-huant que, en argot du XVI^e siècle, le membre viril, comme le rappelle le "Dictionnaire des noms et prénoms de France", d'Albert Dauzat, édité chez Larousse (Maître Jean Chouard n'est autre que le bon Panurge). Mais, le nom de Rochechouart remonte au moins au XI^e siècle, puisque c'est celui de la famille du Poitevin qui détint cette seigneurie. Il est donc bien antérieur à l'apparition du français. Un lecteur avisé, M. A.G., de Lingsheim, avait d'ailleurs consulté le Dauzat. Mais pourquoi faut-il donc éliminer à tout prix l'étymologie dérivée de "choir", qui est bien plus ancienne ?

Un sarcophage cosmique

«La plupart de vos reportages concernant la santé de notre planète sont assez alarmants, en particulier ceux sur l'ex-Union soviétique», écrit M. C.G.-N., de Saint-Egrève. «C'est pourquoi je pense qu'il serait bon de laisser une trace de l'existence humaine dans l'Univers. Plutôt que d'enoyer, comme on l'a déjà fait, des plaquettes gravées, pourquoi ne pas propulser un homme décédé dans une capsule, en espérant que celle-ci soit, dans plusieurs millions d'années, interceptée par des extraterrestres. Cette capsule contiendrait aussi des moyens de localisation de la Terre. Tout comme les marins sont jetés à la mer après leur mort, les astronautes seraient laissés quant à eux à la dérive dans l'espace. [...] Je pense que les budgets des associations pour la recherche d'une vie extraterrestre sont suffisants pour payer une place dans une fusée lors d'un lancement de satellite.» ►



CASIO®

Lycee
LE
LEADER*

CALCULATRICES HAUTE TECHNOLOGIE

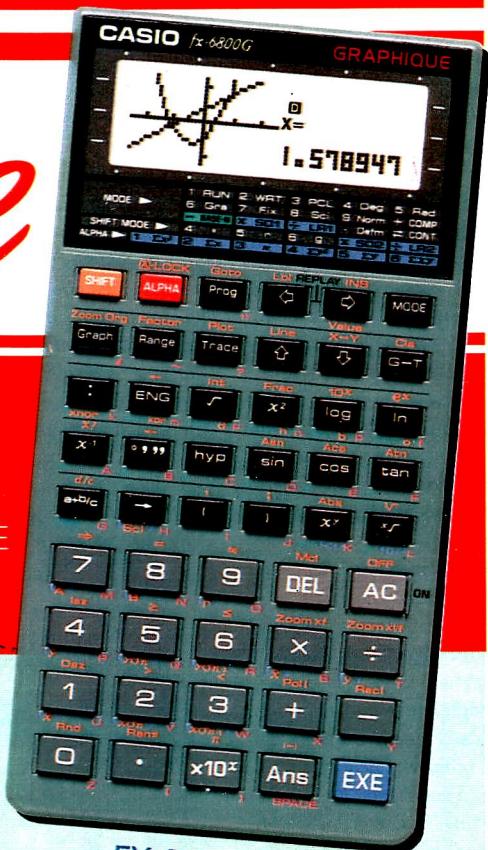
* N°1 des ventes.

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.

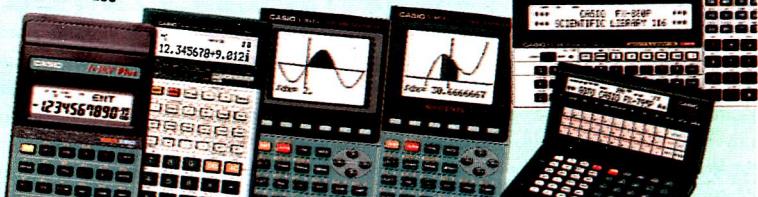


FX 6800 G

NOBLET
DISTRIBUTION : NOBLET S.A. - SEPT COLONNAIS

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

FX 180 P PLUS FX 3900 P FX 7800 GC FX 8800 GC FX 880 P FX 795 P



suite de la page 14

Traction avant et lapalissade

«Je relève dans la partie Anniversaire de votre n° 910, p.127, la mention "La traction avant inventée en trois mois" et un peu plus loin, "La propulsion arrière". Ne s'agit-il pas d'une lapalissade ?» demande M. D.F., de Villeneuve-d'Ascq, «étant donné que toute traction ne peut s'exercer qu'à l'avant et de même, toute propulsion, qu'à l'arrière ?»

L'expression "traction avant" est consacrée. Elle désigne le principe, révolutionnaire à son époque, des roues avant motrices, mis au point en France, en 1928, par les ingénieurs Grégoire et Nugue, de la firme Tracta. La petite voiture DKW fut la première à adopter ce principe, suivie par la firme Adler, puis par la firme française Rosengart, qui en avait acheté la licence. En 1932, Rosengart-Adler lança sa Supertraction 10 CV.

Plusieurs autres voitures, l'Américaine Cord, l'Italienne Bucciali, la Belge Imperia, adoptèrent la traction avant, mais la première voiture qui fut unanimement désignée sous cette appellation fut la 7 CV Citroën, lancée en mai 1934. De fait, elle fut conçue dans la hâte, pour tirer la célèbre firme de difficultés financières persistantes.

Le terme "propulsion", pulsion vers l'avant, n'implique pas, contrairement à ce qu'on pourrait penser, que l'énergie soit impartie de l'arrière. Sans quoi, comment faudrait-il entendre le fait qu'un avion est propulsé par des réacteurs ? Et qu'un réacteur peut être aussi bien à l'avant qu'à l'arrière ?

Nous ne sommes pas en foin (II)

Nous avons exposé dans notre n° 909 les raisons de rejeter les récits qui courrent sur des "combustions spontanées" d'êtres humains. Elève en seconde, M. G.D., relève une phrase : «Vous dites qu'il n'existe aucun élément qui permette d'avancer que la température corporelle pourrait atteindre et dépasser le point de combustion... Or, l'émission "Mystère" a exposé, il y a quelque temps, le cas d'une femme qu'on avait retrouvée chez elle le buste entièrement brûlé, alors que ses jambes étaient intactes. Pourriez-vous donner une explication logique à ce fait ?»

D'abord, nous réaffirmons

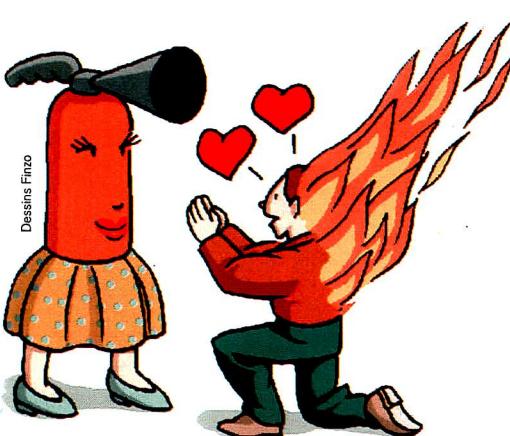
qu'il n'y a aucune raison de penser qu'il existerait un phénomène interne capable de porter à quelque 350 °C la température corporelle. Ensuite, notre correspondant inverse le raisonnement en exceptant de ce qu'il qualifie de "fait". C'est à peu près comme si l'on disait : comment pouvez-vous expliquer qu'au niveau de la mer on ait vu de l'eau bouillir à 95 °C, alors que vous dites qu'elle ne bout qu'à 100 °C ? La réponse serait évidemment que ce n'était pas de l'eau, ou bien que le thermomètre était défectueux. Enfin, il est évident que le corps n'est pas en foin et qu'une partie peut en brûler sans que le feu se propage au reste.

Quant aux témoignages, on nous permettra d'exprimer, à leur sujet, quelques réserves.

Statistiques, sondages et homosexualité

M. Y.D.-R., de Paris, se référant à notre brève : "1 % des Américains sont homosexuels", dans notre n° 910, écrit : «Il s'agit, selon toute vraisemblance, du rapport édité par l'Institut Alain Guttmacher, réalisé par le Battelle Human Affairs Research Center de Seattle... Il eût fallu écrire : "1 % d'Américains se sont déclarés homosexuels". En effet, quand on sait qu'environ 30 % des personnes interrogées refusent de répondre à ce genre de sondages, on a une idée de la valeur du résultat présenté (je crois savoir qu'environ 27 % des sondés, en l'occurrence, n'ont pas répondu)... Je ne vois guère quel scientifique oserait plaider pour une mesure entachée de 300 % d'incertitude relative.»

Il nous semble que notre rappel des taux indiqués auparavant par le rapport Kinsey, présenté tout de suite après la statistique du centre Battelle, suffisait à inspirer la réserve, sinon l'ironie, à l'égard de celle-ci : il serait surprenant qu'en l'espace d'une génération le taux en question ait été divisé par dix. On peut se poser à cet égard deux questions. La première est : l'anxiété causée par le sida et les répercussions de cette maladie sur le statut socio-professionnel de ses victimes n'ont-elles pas modifié les déclarations des sondés ? La seconde : n'y a-t-il pas, dans tout sondage qui porte sur la personnalité de l'individu, une tendance à fournir une réponse qui flatte le reflet qu'on veut donner au sondeur ?



Un escargot dévoyé

Plusieurs lecteurs, MM. R.G., de Poitiers, P.A., de Maudress-Roses, A.M., de Bourgoin-Jallieu, J.C., de Paris, M.B., de Montréal, D.T., de Cachan, B.C., de Verrières-le-Buisson, J.G.A.N., d'Arquennes, en Suisse, J.D., de Casablanca, nous ont écrit au sujet de l'article "L'escargot et l'infini" de notre numéro 908. Nous les en remercions et leur signalons que nous sommes revenu sur le problème dans le Courrier de notre précédent numéro. Ce qui nous a frappés est la différence des méthodes et raisonnements utilisés...



ECOLE UNIVERSELLE

Un Diplôme / Un Emploi

PREPARATION A UN EXAMEN OFFICIEL

ETUDES DE DROIT

- Capacité en droit
- DEUG droit
- DEUG sciences économiques
- DEUG AES
- ESEU : examen spécial d'admission pour les non-bacheliers

ETUDES SUPERIEURES DE SCIENCES

- DEUG A ■ DEUG B
- PCEM
- 1ère année de pharmacie

GRANDES ECOLES

- Classe de mathématiques supérieures
- Classe de mathématiques spéciales
- Entrée école de journalisme de Lille
- Entrée écoles de commerce
- Institut d'études politiques

ECOLES VETERINAIRES

- Préparation au concours d'entrée

ETUDES SECONDAIRES

- Classes de 6è, 5è, 4è, 3è
 - Seconde
 - Premières A.B.S. G/STT
 - Premières F1.F3.F8/SMS
 - Terminales A.B.C.D.E. G1.G2.G3/STT
 - Terminales F1.F3.F8/SMS
- Cours de soutien de la classe de 6ème à la terminale en français, mathématiques et physique.

BTS

- B.T.S. action commerciale
- B.T.S. commerce international
- B.T.S. force de vente
- B.T.S. comptabilité et gestion
- B.T.S. bureautique et secrétariat
- B.T.S. communication et action publicitaires
- B.T.S. tourisme loisirs
- B.T.S. esthétique
- B.T.S. informatique
- B.T.S. styliste de mode
- B.T.S. architecture intérieure
- B.T.S. économie sociale et familiale

Possibilité de bénéficier des dispositions sur la formation continue

ORIENTATION CONSEILS
Appelez le :
(1) 47.73.01.84

LANGUES ETRANGERES

- Les diplômes qui ouvrent les frontières
- CELE : certificat européen de langues étrangères
 - First Certificate in English
 - Certificate of Proficiency
 - Anglais des affaires de la chambre de commerce britannique
 - Examen supérieur de la chambre de commerce britannique
 - Examen de la chambre de commerce franco-allemande et espagnole
 - TOEFL : test d'anglais obligatoire pour les étudiants qui souhaitent partir étudier dans un pays anglo-saxon

INITIATION - PERFECTIONNEMENT

- Anglais
- Allemand
- Espagnol
- Italien
- Russe
- Américain
- Anglais touristique et commercial

TOURISME - AFFAIRES

- Anglais touristique
- Anglais commercial
- Allemand commercial

CARRIERES SOCIALES ET PARAMEDICALES

- Examens d'entrée dans les écoles :
- Aide-soignante
 - Infirmier(e)
 - Auxiliaire de puériculture
 - Moniteur éducateur
 - Ecoles de cadres infirmier(e)s
 - Masseur kinésithérapeute
 - Sage-femme (carrière médicale)
 - Assistante sociale
 - Educateur de jeunes enfants
 - Orthophoniste ■ Ergothérapeute
 - Laborantin d'analyses médicales
 - Manipulateur d'électroradiologie
 - Pédicure
 - Educateur spécialisé
 - C.A.P. d'employé de pharmacie
 - BAC F8/SMS

BANQUE DE FRANCE

- Préparation aux concours
- Secrétaire comptable
 - Rédacteur
 - Adjoint à la direction générale

COMPTABILITE - GESTION

- B.E.P. A.C.C.
- B.P. bureautique
- B.T.S. comptabilité et gestion
- BAC pro compta-bureautique
- BAC G2 - option gestion administrative
- D.P.E.C.F.
- D.E.C.F. (expertise comptable)

SECRETARIAT

- C.A.P. ESAC
- B.E.P. CAS
- BAC pro bureautique
- B.T.S. bureautique et secrétariat

BANQUE - ASSURANCES

- C.A.P.
- B.P. banque
- B.T.S. assurance

ESTHETIQUE

- C.A.P. esthéticienne
- B.P. esthétique
- B.T.S. esthétique

BAC PROFESSIONNELS

- Comptabilité bureautique
- Vente et représentation
- Hôtellerie restauration

CULTURE GENERALE

- Pour mieux préparer vos examens officiels :
- Résumé de texte ■ Analyse ■ Synthèse
 - Commentaire ■ Orthographe ■ Rédaction
 - Mise à niveau mathématiques, physique, chimie
 - Histoire des civilisations
 - Analyse d'oeuvres littéraires
 - Histoire de l'art ■ Histoire des religions
 - Histoire du cinéma
 - Lecture rapide
 - Graphologie
 - Pratique du micro-ordinateur

INSCRIPTION
A TOUT MOMENT
DE L'ANNEE

USVO

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.....

Adresser : N° Rue

Code postal | | | | Ville

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



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

L'éénigme de la résistance naturelle au sida

Il y a des humains naturellement immuns au virus HIV du sida et «les facteurs nécessaires à cette résistance sont inconnus», écrivent, en tête de résumé, les neuf auteurs d'un rapport sur la résistance d'un bébé qui n'a pas été infecté bien qu'il ait été exposé au virus (¹).

Le cas de cet enfant est singulier : sa mère, qui avait été contaminée par un hémophile transfusé avec du sang infecté, était séropositive lors de sa grossesse. Celle-ci fut donc particulièrement surveillée. A la naissance, le sang extrait du cordon ombilical fut analysé : il était positif.

A l'âge de 5 mois, l'enfant, qui restait sain, présentait une séropositivité particulière : il avait été contaminé par le virus maternel, mais les autres tests qui sanction-

naient la séropositivité ordinaire étaient négatifs. Toutefois, des échantillons sanguins, prélevés sur l'enfant et préparés de façon à indiquer l'existence ou l'absence de certains mécanismes immunitaires spécifiques de l'infection, indiquaient bien une activité particulière des lymphocytes T qui attaquent la protéine gag du virus. A 8 mois, l'enfant était toujours séropositif, mais ses taux d'anticorps avaient décliné, ce qui eût pu être interprété comme un signe de baisse des défenses immunitaires, mais qui ne le fut pas ; en effet, d'autres tests ne relevèrent pas de présence du virus dans l'organisme.

L'enfant a eu 18 mois en avril dernier et il se développe normalement. Il ne présente plus d'anticorps, il n'y a plus trace de HIV

dans son corps. «On s'accorde généralement à reconnaître qu'un enfant séronégatif sans symptômes cliniques et sans preuves d'infection virologique ou immunologique doit être considéré au bout d'un an comme sain», écrivent nos auteurs. C'est plus facile à dire qu'à admettre. Pourquoi cet enfant a-t-il résisté ? Il a bien été infecté, mais il s'est guéri sans traitement d'aucune sorte. Quelle en est l'explication ?

On a pris l'habitude de définir l'infection par le HIV comme inévitable. Or, on sait qu'elle ne l'est pas. Nous avons, il y a quelques mois, résumé un rapport (²) – présenté à la Conférence internationale d'Amsterdam sur le sida – portant sur des individus à risque qui n'avaient pas changé leurs comportements sexuels, sur des transfusés, du personnel infirmier blessé par du matériel infecté et, justement, des enfants nés de mères séropositives. Au bout de dix ans, période significative, aucun de ces individus n'avait été infecté et tous étaient séronégatifs et sains.

Avaient-ils eu la chance de ne pas être en contact avec le virus ? Non, car un test sanguin indiquait que si. Toutefois, ces gens exposés et non infectés présentaient un caractère sanguin (une interleukine) différent de ceux qui ont été infectés.

Ces faits indiquent qu'il reste beaucoup de travail à faire sur le sida avant d'avoir saisi tous les pourquoi et tous les comment.

L'aspirine à l'essai contre le sida

Depuis le 1^{er} août dernier, des essais cliniques sont en cours au St Luke's Roosevelt Hospital de New York, sur 46 personnes séropositives en bonne santé, pour tester les effets des salicylates sur la réPLICATION DU VIRUS HIV. Accueillis par certains avec ironie, ces essais se fondent sur le fait que les salicylates, dont l'aspirine est le composé le plus connu, semblent inhiber la réPLICATION de ce virus, *in vitro* et *in vivo*. L'infection se développerait dans l'intestin à la faveur d'un cercle vicieux d'inflammation et de réinfection que les salicylates pourraient bloquer.

(1) "HIV-specific cytotoxic T-cell activity in an HIV-exposed but uninfected infant", *The Lancet*, 3 avril 1993.

(2) *Science & Vie* n° 901, p. 91, "L'éénigme de ceux qui n'ont pas le sida".

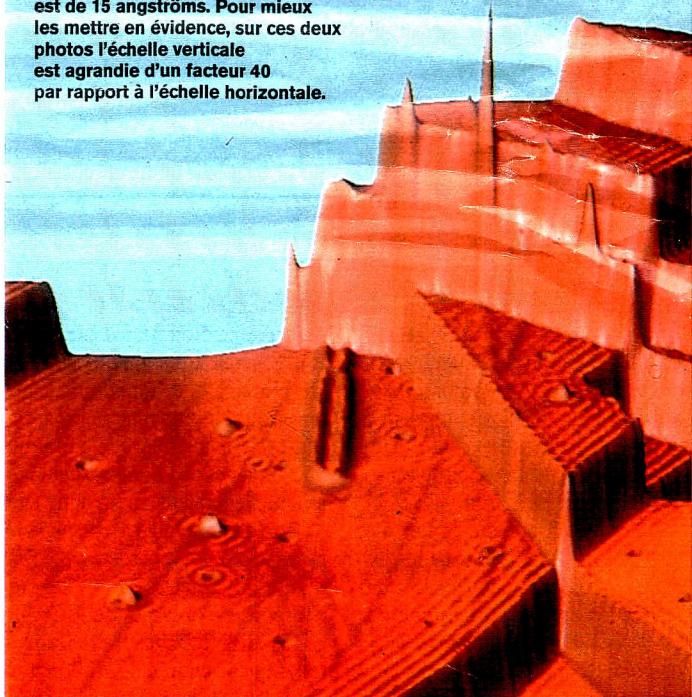
Rides d'électrons...

Des rides minuscules, mais très régulières, viennent, pour la première fois, d'être directement observées à la surface d'un cristal de cuivre. Causer par le déplacement d'électrons, elles ont été enregistrées par une équipe du centre de recherche IBM de San José, en Californie (1).

Comme toutes particules, les électrons peuvent en effet se comporter soit comme des ondes, soit comme des particules. Cette dualité est l'une des pierres angulaires de la physique quantique. Dans un microscope électronique, par exemple, c'est l'aspect ondulatoire des électrons qui est exploité. Sur les images ci-contre, c'est ce même aspect qui est rendu visible.

En tant qu'ondes, les électrons se déplacent comme des vagues sur l'océan, et viennent "buter" sur les accidents (terrasses) ou les défauts à la surface du cristal. En résulte ce que les physiciens appellent des ondes stationnaires : ce sont celles vues par les chercheurs d'IBM avec

Des ondes stationnaires d'électrons apparaissent sur ces images en fausses couleurs de la surface d'un cristal de cuivre. Leur périodicité est de 15 angströms. Pour mieux les mettre en évidence, sur ces deux photos l'échelle verticale est agrandie d'un facteur 40 par rapport à l'échelle horizontale.

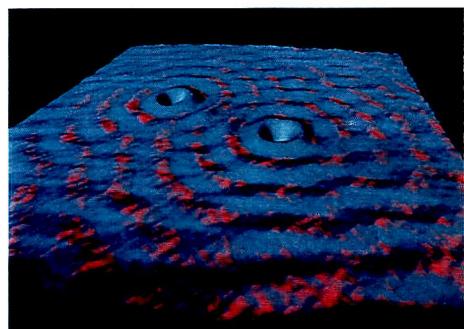


IBM Corporation, Research Division, Almaden Research Center

un "microscope à effet tunnel".

La périodicité spatiale de ces ondes (distance qui sépare deux crêtes successives) est de 15 angströms (15×10^{-10} m). Superbes images d'un phénomène physique fondamental. Et grand pas de plus dans l'observation et la compréhension des surfaces. D.T.

(1) M.F. Crommie, C.P. Lutz & D.M. Eigler, *Nature*, 10 juin 1993, p. 524.



Cristallographie

Et voici le superdiamant

Cinq chercheurs américains (1) viennent de trouver plus dur que le plus dur des matériaux : un "superdiamant", formé de carbone 13 et non de carbone 12 comme le diamant naturel.

La différence entre les deux espèces, 12 et 13, vient de la présence d'un neutron supplémentaire dans le noyau des atomes de dia-

bone 13. Par définition, celui-ci comprend six protons et donc six ou bien sept neutrons, pour ses deux isotopes stables. Dans le carbone à l'état naturel, l'isotope 12 est de loin le plus abondant : 98,9 %, contre seulement 1,1 % pour l'isotope 13.

Mais, grâce aux récents progrès réalisés dans la synthèse de dia-

mant, on peut faire croître aujourd'hui des monocristaux de ces diamants avec n'importe quel rapport isotopique. En particulier, donc, de purs diamants de carbone 13. Or, les premières mesures des propriétés physiques de ce matériau viennent d'être réalisées aux Etats-Unis. Elles montrent qu'il est bien le plus dur des matériaux terrestres connus. D.T.

(1). Communication de A. K. Ramdas et collaborateurs, *Physical Review Letters*, 5 juillet 1993, p. 189.

Génétique

"Gène de l'homosexualité" : pas convaincant

En juillet dernier, une équipe du National Institute of Health américain annonçait la découverte d'une région du chromosome X, dont certains traits orienteraient le porteur vers l'homosexualité⁽¹⁾. Le travail s'est effectué par ce qu'on appelle l'analyse de liaison.

Celle-ci se fonde sur le fait que 99,9 % de l'ADN de tous les humains sont identiques. Nous ne différons les uns des autres que par 0,1 %, ce qui représente des milliers de points à étudier sur les chromosomes. Nos chercheurs se sont donc attelés à ce travail considérable d'analyse comparative du 0,1 % restant entre des sujets reconnus comme homosexuels et des sujets hétérosexuels pour identifier le gène éventuel de l'homosexualité.

Dans ce genre de recherches, il faut évidemment des repères, et ceux-ci étaient épidémiologiques : étudiant un groupe de 114 hommes homosexuels, ils ont trouvé que 13,5 % de leurs frères étaient également homosexuels. Partant du présupposé que 2 % de la population seraient homosexuels, ils ont jugé que le taux de 13,5 % était de façon significative supérieur à la moyenne.

En remontant la généalogie de leurs sujets, ils ont également trouvé qu'il y avait plus de chances, ou de risques, comme on préfère, que les oncles, cousins et autres parents du côté maternel fussent homosexuels (7,3 % pour les cousins et 7,7 % pour les frères) que leurs symétriques du côté paternel (1,7 % et 3,6 %). Cela donnait à penser que la transmission d'un caractère hérititaire se ferait par le chromosome X. Ils ont donc prélevé des échantillons d'ADN sur leurs sujets et les ont comparés avec ceux d'hommes

hétérosexuels. Résultat : une région du bras long du chromosome X, dite X q28, serait le site du ou des gènes "responsables" de l'homosexualité ; on a trouvé là cinq marqueurs spécifiques. Une autre étude a indiqué que les gènes de l'homosexualité féminine siégeaient sur un autre site.

Cette étude semble avoir suivi une méthodologie correcte ; c'est d'ailleurs grâce à de telles recherches qu'on a pu identifier les gènes de maladies héréditaires, telles que la chorée de Huntington. Toutefois, elle appelle deux observations. La première est que les trois quarts des hommes présentant cette anomalie supposée du chromosome X ne sont pas homosexuels et que tous les homosexuels étudiés ne présentent pas cette anomalie. N'étant ni spécifique, ni nécessaire, sa valeur indicative reste donc limitée, sinon aléatoire.

La seconde observation est le "présupposé" des 2 % d'homosexualité ordinaire dans une population. Le célèbre rapport Kinsey sur la sexualité avait donné, en 1948, un chiffre de 10 % et le rapport Simon, un chiffre de 4 %, précisant que quelque 37 % des hommes interrogés avaient eu au moins une expérience homosexuelle au cours de leur vie. Le taux de 13,5 % pour les frères, qui impliquait une différence significative de 11,5 % avec 2 %, ne serait alors plus forcément probant.

Les auteurs de l'étude déclarent que celle-ci devra être confirmée. En effet, 114 sujets, c'est trop peu. Et le comportement sexuel humain dépend de bien d'autres facteurs, socioculturels et psychologiques...

De plus, s'il faut aborder par la physiologie un aspect du comportement sexuel, il faudra savoir pourquoi l'homosexualité est répandue chez les animaux, des singes aux dauphins⁽²⁾. Sera-ce, chez eux, une aberration génétique qui explique le phénomène ?

(1) *Science*, 16 juillet 1993.

(2) W. Booth, "Unravelling the Dolphin Soap Opera", *Oceanus*, printemps 1989.

Neurologie

Le QI lié à la taille du cerveau ? Pas convaincant non plus !

Utilisant la technique de l'imagerie par résonance magnétique nucléaire, des chercheurs de la faculté de médecine de l'université de l'Iowa ont mesuré les cerveaux de 37 hommes et 30 femmes âgés de 38 ans en moyenne, et dont on avait préalablement mesuré le quotient intellectuel, ou QI. La moyenne de ce quotient pour l'ensemble était de 116.

Selon les chercheurs, après étude des mesures obtenues, un tiers des

différences de QI dans le groupe s'expliquerait par les dimensions du cerveau. Plusieurs réserves ont été formulées dans les milieux spécialisés, et pour deux raisons. La première, parce que des " corrections" ont été apportées à la taille du cerveau en fonction de la taille des sujets. Ainsi, cette "normalisation" a fait que, pour un sujet au cerveau relativement petit, par exemple, a été assignée une masse cérébrale normalisée, proportion-

nelle à la taille. Opération inverse pour les gros cerveaux.

Or, cette péréquation se fonde sur le présupposé que la masse cérébrale est toujours proportionnelle à la taille, ce qui est inexact : en effet, les gens de grande taille ont bien des cerveaux plus lourds que les gens de petite taille, mais, en revanche, ces derniers ont, en valeur absolue, des cerveaux plus volumineux que les gens de grande taille.

Pour réaliser une péréquation de quelque intérêt, il faudrait convertir le volume en poids ou inversement, ce qui nous semble une bien périlleuse opération.

La deuxième réserve s'appuie sur de très nombreuses études qui ont, par le passé, et sur bien plus que 67 sujets, tenté d'établir une corrélation entre les dimensions du cerveau, volume ou poids, et l'intelligence : elles n'ont abouti à rien. On

a vu des savants de haut vol avec un petit cerveau et d'autres également de haut vol avec un grand. Quant au QI, c'est un instrument bien grossier pour mesurer l'intelligence : «Autant mesurer des électrons avec un double décimètre», comme dit Helen Haste, de l'université de Bath. Autant dire que les chercheurs de l'université de l'Iowa ont perdu leur temps et surtout «travaillé du chapeau».

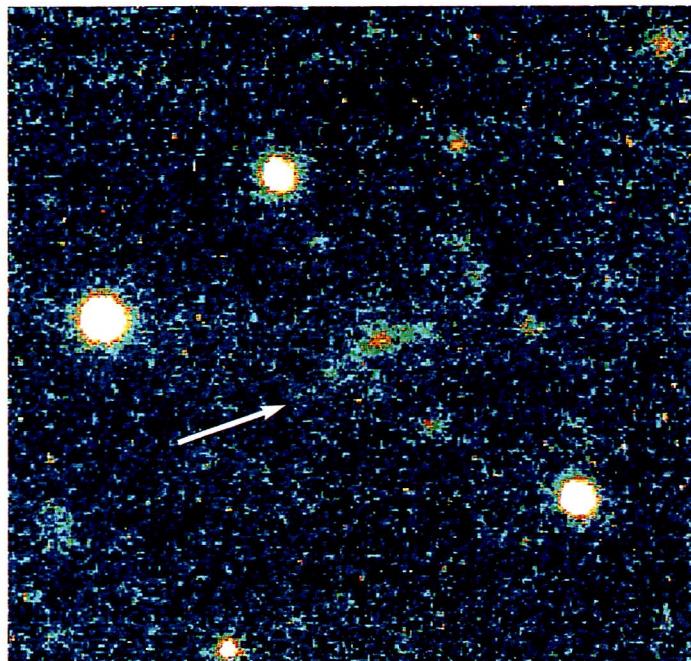
Astronomie

La plus lointaine naissance...

Nouvel exploit des télescopes géants : c'est à quelque douze milliards d'années-lumière d'ici que le Keck Telescope a vu, dans les longueurs d'onde infrarouges, la galaxie la plus éloignée connue des astronomes. Joli, pour le coup d'essai de ce tout nouveau télescope de 10 m de diamètre, installé à 4 150 m de hauteur sur le volcan Mauna Kea, à Hawaï.

S'il ne s'agit pas d'une découverte au sens strict (la galaxie a été détectée il y a vingt ans en longueur d'onde radio et enregistrée sous le nom 4C 4117), cette première image infrarouge apporte toutefois des informations précieuses. Car, d'après l'adage astronomique selon lequel voir loin revient à remonter dans le passé (en tenant compte du temps que met la lumière pour nous parvenir), 4C 4117 est vue telle qu'elle était alors que l'Univers n'avait que 10 à 20 % de son âge actuel, c'est-à-dire de un et demi à trois milliards d'années.

Une «bébé-galaxie» donc, qui permet d'affiner l'histoire de la formation des galaxies, jusqu'ici énigmatique ! Sur l'image ci-dessus, on



La galaxie 4C 4117, au centre de cette image d'ordinateur, a été vue pour la première fois, par le Keck Telescope, installé sur le Mauna Kea, à Hawaï.

K. Matthews (Caltech)/California Association for Research in Astronomy

distingue faiblement une forme allongée caractéristique, ainsi qu'une concentration centrale d'étoiles très rapprochées et brillantes. Structure «classique» qui contraste avec celle des quasars (objets compacts débordant d'énergie et situés à la même distance) dont on ne connaît toujours pas les liens avec les galaxies primordiales. Une révélation néanmoins : d'autres objets très faibles

entourent 4C 4117 et suggèrent le regroupement, dès cette époque, des galaxies en amas.

Cet exploit d'un télescope au sol ne relance pas la guerre avec les observatoires en orbite : les responsables du télescope spatial Hubble se sont immédiatement intéressés à l'objet venu du fond des âges et ont entrepris une étude complémentaire, dans le domaine visible notamment.

J.-F.R. ►

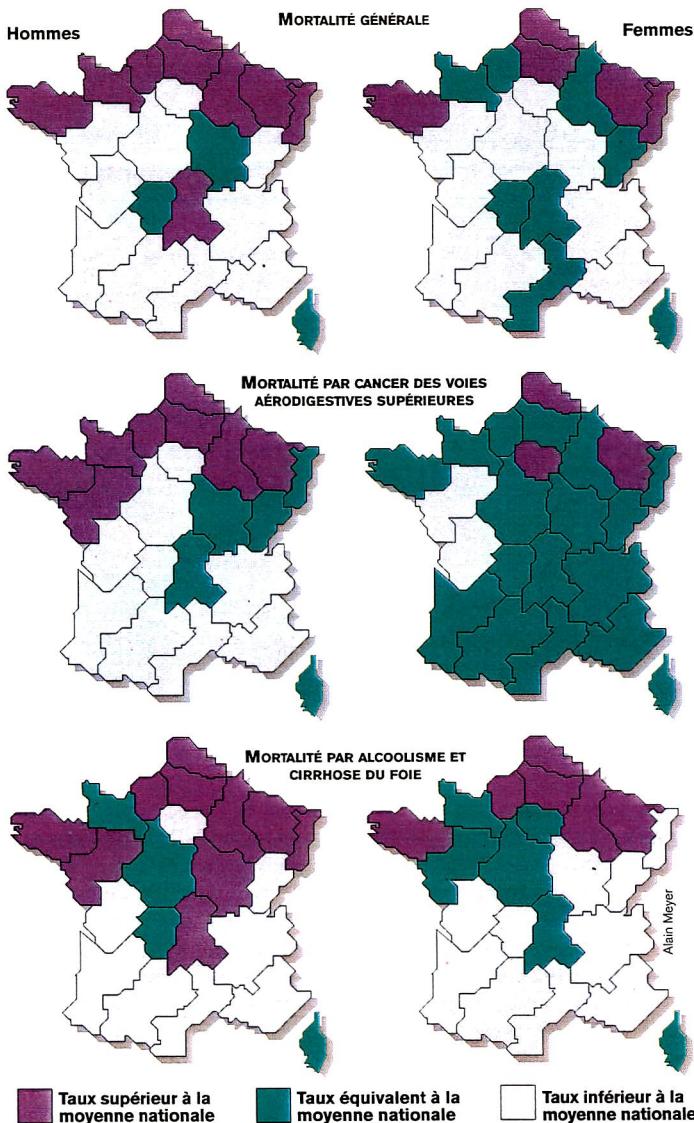
Une tombe extraordinaire découverte à Thessalonique

Elle est extraordinaire par ses dimensions : 6,25 m sur 10,30 m. Et plus encore par les dimensions du tumulus qui la recouvre : 100 m de diamètre et une épaisseur de 12 m. C'est certainement la tombe d'un grand dignitaire du royaume de Macédoine, mais sans doute pas

celle d'un roi, car les rois étaient traditionnellement enterrés à Vergina. C'est d'ailleurs à Vergina qu'on a retrouvé le tombeau de Philippe II, père d'Alexandre le Grand. La tombe de Thessalonique, qui n'a pas encore été fouillée, a été mise au jour par Pavlos Chrysostomou. Remontant à l'an 400 avant notre ère, ce serait donc celle d'un général ou d'un prince du temps d'Amyntas III.

La vision des couleurs ne change pas avec la saison

Il y a 45 ans, Manfred Richter "démontrait" que l'été on percevait moins les couleurs. Des Anglais viennent de démontrer que ce n'est pas la vision des couleurs qui varie, mais la sensibilité de l'appareil qui mesure, justement, la sensibilité aux couleurs, l'anomaloscope de Nagel !



Démographie

Des cartes qui parlent d'elles-mêmes

Tablees d'après la mortalité durant l'année 1990 (1), ces cartes montrent sans ambiguïté qu'on meurt plus dans le nord (Lorraine, Alsace, Bretagne, Nord-Pas-de-Calais et Picardie) que dans le sud de la France.

Si elles n'indiquent, outre la mortalité générale, que deux causes spécifiques, la majorité des taux de mortalité pour les autres facteurs (maladies vasculaires cérébrales, cancer du poumon, bronchites chroniques, chutes accidentelles), confirme cette tendance.

Ce n'est que dans le domaine des accidents de la circulation que le Sud-Ouest et les régions entourant l'Ile-de-France dominent. Même pour le cancer du sein, il y a légère surmortalité dans le Nord-Pas-de-Calais, l'Alsace et la Picardie, avec une exception, l'Ile-de-France, également touchée.

(1) Par Eliane Michel, Alain Le Toullc, Eric Jouglé et Françoise Hatton, de l'Inserm.

Thé d'armoise chinoise et vieilles armoires françaises

En juillet dernier, un chercheur américain⁽¹⁾ trouvait la raison pour laquelle la décoction d'armoise chinoise (*Artemisia annua*) est efficace contre le paludisme. En vingt-quatre heures, elle tue tous les parasites dans le sang des malades, et cela sans effet secondaire. Le principe actif en est l'artémisine.

Voilà qui devrait proprement révolutionner le traitement du paludisme, une maladie qui semble banale, mais qui tue deux millions de personnes chaque année, sans apparemment émouvoir à l'excès l'opinion publique.

Le mérite des chercheurs est d'avoir établi comment agit l'artémisine. Le parasite, le plasmodium, s'installe dans les globules rouges, qu'il détruit. L'organisme contaminé est ainsi privé d'oxygène et la maladie se développe inévitablement. L'artémisine, elle, se lie à la molécule de fer de l'hémoglobine, que le parasite est alors incapable de digérer. Ainsi liée au fer, elle déclenche une série de réactions chimiques à la faveur desquelles des radicaux libres s'échappent dans l'organisme du plasmodium, qu'ils tuent en une fraction de seconde.

L'information était d'autant plus précieuse qu'on a vu apparaître ces dernières années des souches de parasites qui résistent à tous les antipaludéens de synthèse, quinine et chloroquine.

Armoise est le nom générique des herbacées composées qui comprennent l'absinthe, le génoépi, l'estragon, la citronnelle. L'armoi-



A. Carrara/Jacana

Les soucis 1
écartent celui des
moustiques,
l'armoise 2
tue leur parasite.



R. Kong/Jacana

se en question, dite annuelle, est utilisée depuis quinze siècles en Chine et, apparemment, le plasmodium n'a pas développé de résistance contre elle. La découverte était assez extraordinaire pour que nous l'approfondissions.

M. J.-P. Boivin, du Museum d'histoire naturelle de Paris, nous a donc apporté ses lumières. Accimilée en France, l'armoise annuelle est commune dans les terrains vagues. Elle pousse sans se faire prier jusqu'à environ 1,80 m de haut. Mais, mieux encore, M. Boivin a retrouvé dans une armoire du Museum un ouvrage ancien, *le Livre des plantes médicinales et vénéneuses de France*, de Paul Fournier (Paul Le Chevallier éd., 1947, Paris). Celui-ci fait mention de l'efficacité du thé d'absinthe contre les fièvres récurrentes (vieux nom de la malaria). Car l'absinthe contient aussi de l'artémisine.

Comme quoi la découverte n'en est pas tout à fait une. Et, si l'on avait tenu compte à l'époque des vertus du thé d'absinthe, on aurait bien "économisé" quelque 100 millions de vies humaines. Mais

enfin, nos chercheurs auront au moins eu le mérite de vérifier que l'artémisine est bien efficace.

Autre bonne nouvelle : pour chasser les moustiques, plantez des soucis et des marguerites dorées. Ces fleurs diffusent des insecticides volatils qui sont aussi puissants que le pyrèthre (extrait du chrysanthème) : les thiophènes qui détruisent les moustiques et leurs larves.

(1) Steven R. Meshnick, de l'école de Santé publique de l'université du Michigan. L'étude sur l'effet de l'artémisine a été publiée dans *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, mai 1993 ; le compte-rendu des essais cliniques a été publié dans *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, mars 1993. ►

Le mystère des jeux vidéo en avion

Il y a déjà eu, en 1993, six fois plus de pannes électroniques dans les tableaux de bord des avions de ligne en vol que pendant toute l'année 1992. Certains d'entre eux semblent liés à l'utilisation par des passagers de PC portatifs ou de jeux vidéo.

Exemples : au cours d'un vol au-dessus des Etats-Unis, le pilote d'un avion de ligne voit le système de contrôle de la stabilité latérale de l'appareil se bloquer subitement. Or, un passager de la première rangée utilise justement un émetteur-récepteur radio. Il est prié de l'arrêter : les contrôles

se rétablissent. L'incident reste inexplicable cinq ans plus tard. Et encore : volant au-dessus du Pacifique sud, un pilote voit les cadrans de navigation de son Boeing 747-400 crétiner, puis afficher des données absurdes. Entretemps, un steward a repéré un passager qui se sert d'un PC portable. Il emmène l'appareil dans la cabine et, chaque fois qu'il l'allume, les cadrans recommencent à s'affoler. Le passager est prié de ne plus se servir de son PC jusqu'à l'atterrissement. Lorsque les ingénieurs de Boeing, alertés plus tard, tentent de reconduire l'expé-

rience, ils n'obtiennent rien⁽¹⁾.

Tout se passe comme si les appareils électroniques des passagers ne causaient d'interférences que de façon aléatoire, dans des conditions qui restent à déterminer. Plusieurs hypothèses ont été invoquées. Le blindage des appareils électroniques pourrait, à la suite d'un choc ou d'une réparation, avoir été froissé.

Ce froissement pourrait servir alors de foyer de concentration des ondes émises, et donner à celles-ci, normalement faibles, une intensité dangereuse. Ou bien, la fréquence du "bidule" serait en résonance avec celle des équipements électroniques de bord, qu'elle amplifierait de manière dangereuse.

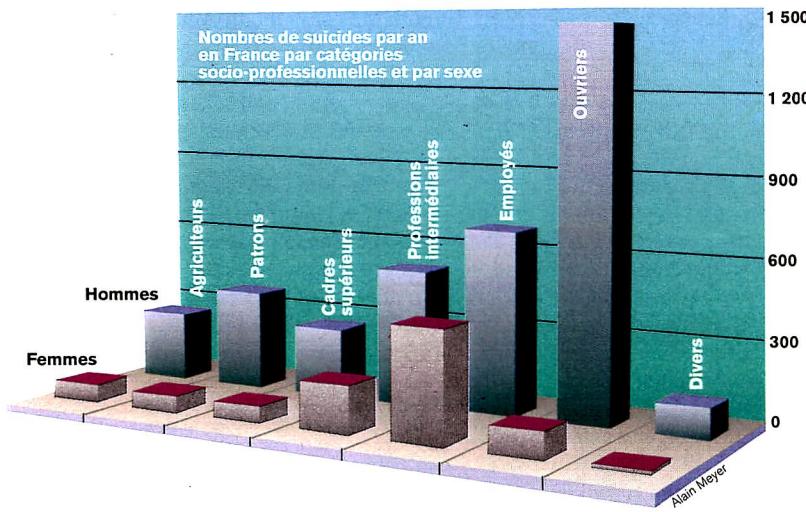
Ou bien encore, les radiations des équipements électroniques des passagers seraient réfléchies par diverses surfaces de l'avion. Celles-ci circuleraient tout le long du plancher de l'appareil jusqu'aux circuits électroniques, ou passerait par le hublot, pour rebondir enfin sur le revêtement de l'avion et atteindre les antennes réceptrices, simulant des messages tels qu'en diffusent les stations au sol.

Il s'agirait là d'un phénomène dépendant de facteurs variables, ce qui expliquerait qu'il est expérimentalement difficile, ou impossible, à reproduire.

La plupart des compagnies commerciales ont, en attendant une explication scientifique, recommandé aux passagers de ne pas se servir de "bidules" électroniques. Dans le doute, en effet, mieux vaut s'abstenir.

Tous les trois quarts d'heure, un Français se suicide

120 000 tentatives par an, 11 000 "réussies". C'étaient là des chiffres dont "il ne fallait pas parler". Le Conseil économique et social vient de lever l'hypocrisie : la France, qui détient le record de consommation de tranquillisants, est aussi le pays industrialisé où l'on se suicide le plus. Le désespoir tue plus que la route.



(1). Ces deux exemples ont été cités par notre confrère *Newsweek* du 26 juillet dernier. Nous les reprenons ici parce qu'ils sont particulièrement éloquents.



Avec cette cassette gratuite voyez pourquoi vous pourrez parler l'anglais ou l'allemand dans 3 mois

La Méthode Réflexe-Orale vous apprend à parler une langue étrangère, exactement comme vous avez appris le français.

Cela paraît étonnant, mais c'est ainsi: même si vous n'en connaissez pas un mot, vous pourrez converser en anglais ou en allemand dans trois mois. Et lorsque nous disons converser, cela veut dire «parler facilement, naturellement». Parler une langue, ce n'est pas traduire du français en anglais ou en allemand, mais transformer immédiatement et sans effort votre pensée dans la langue, exactement comme vous le faites en français.

Vous parlerez «instinctivement» comme en français. Beaucoup d'entre nous ont étudié une langue au lycée, pendant des années: ils connaissent beaucoup de choses et pourtant sont incapables de parler. La Méthode Réflexe-Orale a pour but de vous faire parler par «réflexe naturel», comme vous l'avez fait lorsque vous étiez enfant, pour apprendre votre langue maternelle. En associant le texte, le son et l'image, la Méthode Réflexe-Orale grave la langue étrangère dans votre esprit et lorsque vous avez à parler, les phrases se forment toutes seules. Les leçons sont simples, intéressantes et ne demandent pas d'effort. La grammaire n'est pas étudiée «avant», mais seulement lorsqu'on est déjà familiarisé par des exemples.

Rien à apprendre par cœur. La Méthode Réflexe-Orale est très progressive: elle commence avec des leçons vraiment faciles (vous le constaterez vous-même avec la cassette gratuite) et elle vous amène peu à peu à un niveau supérieur. Sans jamais avoir appris quoi que ce soit par cœur, vous arriverez rapidement à comprendre une conversation, la radio ou les journaux

et vous commencerez à penser dans la langue. Tous ceux qui l'ont essayée sont du même avis: la Méthode Réflexe-Orale vous amène à parler dans un temps record. Les résultats sont tels que ceux qui l'ont suivie, semblent avoir séjourné longtemps en Angleterre ou en Allemagne. Pour ceux qui ont des examens oraux, c'est une méthode irremplaçable.

Dans 2 mois vous serez «débrouillé». La Méthode Réflexe-Orale a été conçue pour être étudiée chez soi. Vous pouvez apprendre une langue à vos heures de liberté où que vous habitez, 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 peu de temps après, vous serez capable de converser. Votre accent sera impeccable, car les cassettes sont enregistrées par des comédiens et speakers ayant une prononciation parfaite.

Dans le monde d'aujourd'hui, parler une langue étrangère est un atout essentiel, dans toutes les professions.

Ce que pensent ceux qui ont étudié avec cette méthode.

Après un mois d'étude, je suis étonnée d'en être déjà là.

Mlle C. T., 75013 Paris.

Je n'ai rencontré aucune difficulté.

Didier C..., Tahiti.

J'ai appris un anglais vivant.

Mme C..., 91800 Brunoy.

Je croyais l'allemand difficile. Il n'en est rien avec votre méthode.

I. H..., 06400 Cannes.

Il est exact que l'on parle naturellement après quelques mois d'étude vraiment passionnante.

G. S..., Beringen (Belgique).

Un atout pour votre avenir. Rien ne peut vous apporter autant que cette étude passionnante. Si vous ne vous décidez pas, vous en serez au même point dans trois mois ou dans un an. Si vous agissez, vous pourrez parler l'anglais ou l'allemand dans trois mois. La première chose à faire est de renvoyer le coupon ci-dessous, mais faites-le tout de suite, car actuellement vous pouvez profiter d'un avantage supplémentaire.

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 cassette d'essai:*

Anglais ou Allemand

(Joindre 3 timbres pour frais; pays hors Europe: joindre 5 coupons-réponse.)

Mon nom: Mon prénom:
(majuscules SVP)

N° et Rue:

Code postal: Ville:

A 14Z



© C.E., Paris, 1992

Consommation

Une tomate à 25 millions de dollars

La première tomate génétiquement modifiée⁽¹⁾ fera son apparition cet automne dans les supermarchés américains du Middle West. Appelée Flavr Savr (l'omission des "o" est volontaire, le nom phonétique de cette tomate reste Flavour Savour, c'est-à-dire "fleur-savoir"), elle a été mise au point par une petite firme californienne de biotechnologie, Calgene. La modification de son ADN devrait, en principe, permettre de la conserver plus longtemps. Le président de Calgene assure aussi qu'elle a du goût... Cette modification a coûté à elle seule 25 millions de dollars, soit quelque 130 millions de francs ; elle a consisté à ajouter un gène qui bloque la production naturelle de la polygalacturonidase, un enzyme responsable de la maturation, puis du pourrissement.

Dans une économie où le marché

de la tomate représente à lui seul 4 milliards de dollars, l'annonce du lancement de cette nouvelle variété a créé une tension boursière. La nouvelle tomate devrait, en effet, être bientôt suivie par une autre qui, elle, supportera des températures inférieures à zéro sans geler, cela grâce à une greffe d'un gène producteur d'antigel, prélevé sur un poisson de l'Arctique. Viendrait ensuite une tomate... avec un gène de poulet ! On ignore à ce jour l'intérêt de cette greffe.

La réaction à l'annonce de l'arrivée de la tomate Calgene a été surprenante : une campagne hostile s'est aussitôt montée contre elle et 2 500 restaurants ont déjà informé le public qu'ils ne la serviraient pas.

Les modifications génétiques de variétés agricoles présentent pourtant de l'intérêt : ainsi, la variété de maïs actuellement mise au point

par la Mycogen Corporation de San Diego permettrait de se passer d'insecticides, le maïs produisant lui-même la toxine qui tue son principal parasite. Cette capacité a été obtenue en greffant sur le capital génétique du maïs le gène du *Bacillus thuringiensis* qui produit cette toxine. L'économie d'insecticides serait aussi appréciable pour la santé que pour le commerce : en effet, aux Etats-Unis, on en déverse 12,5 millions de tonnes par an sur les seules cultures de maïs.

Toutefois, le public, aux Etats-Unis comme ailleurs, se méfie des aliments manipulés d'une manière ou d'une autre, et l'accueil fait aux produits conservés par irradiation reste plus que circonspect. G.M.

(1) "Le génie génétique s'invite à dîner", *Science & Vie*, n° 905, p. 81.

La tomate Calgene : parfaitement ordinaire à l'œil nu.



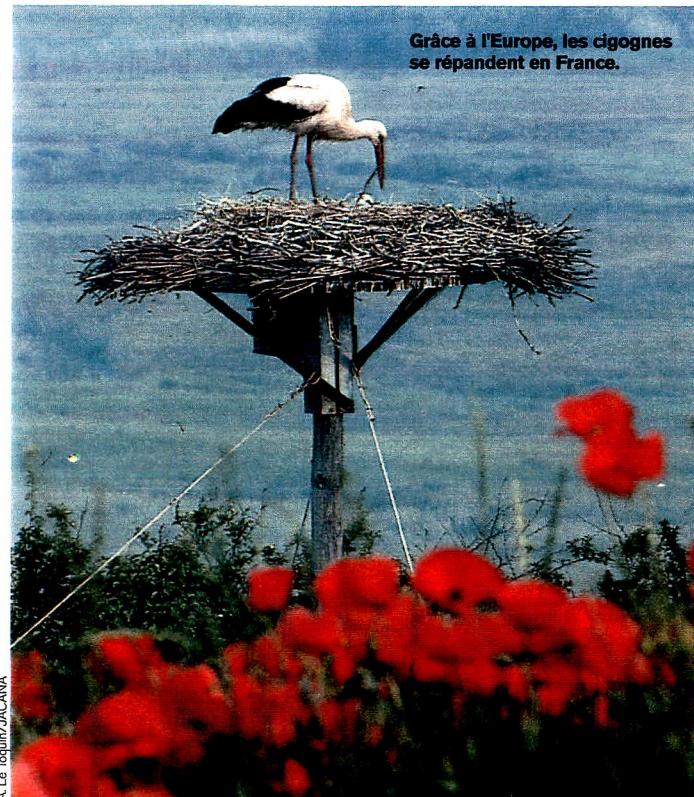
D.R.

Ornithologie

Des cigognes en Charentes

À près avoir convolé en justes noces, 25 couples de cigognes blanches se sont installés en Charente-Maritime, et 84 petits sont nés. L'année dernière, ce département riche en zones humides avait accueilli 21 couples de ces oiseaux et 16 l'année d'avant. Il n'y en avait que 8 en 1988, 4 en 1982 et... 2 en 1980. La Ligue pour la protection des oiseaux (LPO) n'attribue pas au hasard cet heureux événement, mais, entre autres, à la protection de l'espèce au niveau européen.

Malheureusement, pour d'autres espèces d'oiseaux migrateurs, les pronostics sont moins réjouissants. Leurs effectifs ont baissé d'une façon alarmante – de plus de 20 % en quelques années pour certains d'entre eux. La France, véritable plaque tournante, représente un observatoire intéressant pour l'étude de ces espèces. En effet, près de 3 milliards 300 millions



A. Le Toquin/JACANA

d'oiseaux s'y reposent, à l'aller comme au retour, en Camargue, dans le bassin de la Loire ou dans la

baie du Mont-Saint-Michel, avant de poursuivre leur périple qui atteint parfois plus de 10 000 km.

Santé publique

Attraper la tuberculose en avion ?

La contamination de la tuberculose peut se faire par les gouttelettes de salive, dites gouttelettes de Pflügge, que dissémine un malade en parlant et qui peuvent être inhalées par une personne saine. Comme la tuberculose continue de sévir (trois millions de morts et huit millions de cas nouveaux en 1992), et qu'on a vu également apparaître des souches de bacilles antibiorésistantes, le gouvernement américain

commence à s'en soucier. Il a lancé une enquête pour évaluer les risques de contracter la maladie au cours d'un voyage en avion et pour établir les risques spécifiques de contamination par l'air recyclé dans les cabines de ces appareils. Les conclusions de cette étude ne sont pas encore publiées.

Le rôle de la ventilation dans la dissémination de germes n'est pas un fait nouveau. Il a déjà été

établi dans le passé : en 1979, par exemple, tous les passagers d'un vol vers Kodiak, en Alaska, furent atteints de la grippe, en raison d'une ventilation défectueuse. Et l'on connaît par ailleurs plusieurs autres cas similaires.

Les systèmes de ventilation des appareils construits jusqu'en 1985 environ renouvelaient l'air à 100 % toutes les 3 minutes ; depuis, par économie, on ne renouvelle l'air qu'à 50 % toutes les 7 minutes. Il est donc vraisemblable que la tendance incite fortement à revenir aux anciennes normes, qui garantissaient une sécurité satisfaisante.

G. M. ►



DR

La pyramide de vos déchets

● Dans cette pyramide présentée par la société

France-Déchets au salon Geoconfine de Montpellier, du 8 au 11 juin dernier, les cendres qui résulteraient de l'incinération des ordures ménagères produites par un Français durant toute sa vie. C'est ce qu'on appelle les déchets ultimes, les seuls autorisés dans les décharges de classe I, réservées aux déchets les plus dangereux. Sur 400 kilos d'ordures ménagères produites annuellement par chacun d'entre nous, il reste environ 12 kilos de cendres après incinération.

Il n'est pas exclu, selon France-Déchets, que les futurs centres de stockage adoptent la forme de cette pyramide.



Biodiversité

La biodiversité à n'importe quel prix ?

Faut-il mettre les Américains dans des réserves ? C'est la question soulevée par un projet proposé à la réunion de la Société américaine de biologie de la conservation (Society for Conservation Biology) le 11 juin dernier. Concrètement, le Wildlands Project vise à faire passer de 4,7 % à 23,4 % la superficie des réserves intégrales aux Etats-Unis, à laquelle viendraient s'ajouter 26,2 % de zones où l'activité humaine serait sévèrement limitée. Bref, la moitié du pays laissée aux loups, aux ours et autres pumas.

Car ces grands carnivores ont besoin de vastes espaces pour survivre. La fragmentation des habitats et l'isolement actuel des réserves, qui favorisent la consanguinité au sein des populations, sont particulièrement néfastes. Pour inverser la tendance, le cœur du projet consiste à créer un "réseau régional de rétablissement de la vie sauvage". Celui-ci comprend des

zones "noyau", d'où l'homme serait banni, des zones "tampon", où l'intensité de l'activité humaine irait décroissante à l'approche de la zone centrale ; et enfin, pour permettre à l'ensemble des animaux de circuler, des corridors.

Ces derniers soulèvent les plus vives critiques. D'aucuns prétendent en effet que ces corridors joueraient surtout le rôle de routes de pénétration pour les incendies, les maladies ou les espèces introduites. Daniel Simberloff, de l'université de Floride, ajoute que les espèces qu'ils sont censés protéger hésiteraient à emprunter ces corridors du fait de leur inévitable exiguité. Sans compter que, traversant des régions développées, ils coûteraient cher à mettre en place. Ce à quoi Edward O. Wilson, de Harvard, répond que dans certaines régions, comme le Maine ou les Grandes Plaines, lieux où la densité de population est faible, leur mise en place ne dérangerait en fait pas trop de monde.

Mais c'est sur le principe même d'exclusion que certains achoppent. Ainsi, pour Deborah Jensen, de la Commission de conservation de la nature (Nature Conservancy), ce projet accentue l'opposition entre homme et nature. Selon François Ramade, professeur à l'université de Paris XI, il n'y a pourtant pas d'autre solution : seules des surfaces d'où toute activité humaine serait absolument proscrite peuvent protéger efficacement la biodiversité. D'après les estimations de l'Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources (IUCN), la mise en réserve de 20 % d'une surface donnée permet de conserver la moitié des espèces qui y vivent. Comme dit Fred W. Allendorf, généticien à l'université du Montana : « Je ne sais pas quelle est la faisabilité politique du projet, mais, au moins, il oblige les gens à faire le choix conscient de ce qu'ils laisseront survivre. »

T. P.

La déforestation surveillée par satellite

Depuis que l'on s'inquiète de la régression des forêts tropicales, les estimations de la surface déboisée se multiplient, mais leurs résultats ne coïncident pas toujours. Deux chercheurs américains, David Skole, de l'université du New Hampshire à Durham, et Compton Tucker, de la NASA, ont utilisé les images fournies par le satellite *Landsat* pour mesurer avec précision l'étendue des dégâts (1).

Résultat : entre 1978 et 1988, cette déforestation s'est poursuivie au rythme moyen de 15 000 km² par an (une surface égale à la moitié de la Belgique). La surface déboisée est ainsi passée de 78 000 km² à 230 000 km² : près de 6 % des quelque 4 000 000 km² du massif forestier amazonien ont donc été déjà anéantis.

En réalité ce sont au total 588 000 km² de forêt tropicale (15 % de celle-ci, une surface supérieure à celle de la France et de la Belgique réunies) qui étaient affectés par la déforestation en 1988, contre 208 000 km² en 1978.

Car le déboisement, outre son action directe, provoque aussi le morcellement de 15 000 km² de massif forestier. Et, surtout, il est responsable d'«effets de bord» affectant



Les photos satellite permettent de suivre le rythme rapide de déboisement de la forêt amazonienne. Ici la forêt apparaît en rouge et les zones défrichées en bleu.

341 000 km² (si l'on considère qu'ils se font sentir sur 1 km de profondeur) : la frontière entre zone déboisée et forêt est particulièrement sensible au vent, les conditions micrométéorologiques y changent de façon spectaculaire sur de courtes distances. Cette frontière constitue

aussi une voie de pénétration pour le bétail, les animaux non forestiers et les chasseurs. Bref, le déboisement provoque de nombreux effets physiques et biologiques, responsables d'une perte séche d'espèces végétales et animales.

Si le taux annuel de déboisement est inférieur aux estimations avancées lors de précédentes études (qui affichaient 21 000, voire 50 000 ou 80 000 km² par an), la surface totale d'habitats affectés par la régression de la forêt amazonienne augmente tout de même de 1 % par an (soit 38 000 km², ce qui correspond à peu près à la superficie de la région Centre). Un rythme fort inquiétant pour l'avenir de la biodiversité.

T. P.

(1) *Science*, vol. 260, 25 juin 1993, p. 1905.

De l'eau sans chlore

- Les 6 500 habitants d'Auvers-sur-Oise sont les premiers en France à être alimentés en eau potable obtenue par nanofiltration. Ce nouveau procédé consiste à faire passer l'eau à travers des membranes aux pores ultrafins qui retiennent toutes les impuretés. Il présente l'avantage de produire une eau non chlorée et très douce, permettant une réduction des doses de lessives, de sels de régénération et autres produits utilisés dans les appareils ménagers. Le syndicat des Eaux d'Ile-de-France, à l'origine de cette expérience à l'usine prototype de Méry-sur-Oise, entend bien l'étendre à d'autres communes.

Tabagisme

La nicotine des aubergines et autres surprises

Pour mesurer les quantités de nicotine que les non-fumeurs inhaleraient dans l'air pollué par le tabac des autres, les chercheurs font des dosages sanguins. C'est ce que le Dr Edward Domino et ses collègues de l'université du Michigan firent donc, une fois de plus, sur un groupe de non-fumeurs (¹)

Or, ces chercheurs savaient, par ailleurs, qu'il y a des quantités appréciables de nicotine dans des légumes aussi courants que la pomme de terre, l'aubergine, le piment et la tomate. Rien d'étonnant à cela, car ce sont des solanacées, comme le tabac, la belladone ou le pétunia.

Nos chercheurs ont vérifié ce point et ils ont trouvé que la consommation de 10 g seulement d'aubergine induit dans le sang autant de nicotine que le fait de passer trois heures dans une chambre enfumée. 10 g, ce n'est pas grand-

chose, car si l'on mange de l'aubergine, c'est plutôt à hauteur de 100 g. Ce qui revient à dire qu'on a alors autant de nicotine dans le sang que si l'on avait passé trente heures dans un environnement enfumé. Ce n'est déjà pas mal.

150 g de pomme de terre, soit l'équivalent d'une platée de frites, donnent le même résultat. 250 g de tomates mûres aussi. Idem pour 5 g de chou-fleur ou de brocolis, bien que ceux-ci ne soient que des crucifères et non des solanacées.

Comme il peut advenir qu'on mange au cours du même repas des pommes de terre, des aubergines, des choux-fleurs, des piments et des tomates, on se retrouve avec des doses de nicotine dans le sang égales à celles qu'on aurait inhalées au terme de plusieurs dizaines d'heures de présence dans une intense tabagie. Imaginons, de plus, qu'on en re-

mange au repas suivant, et c'est le désastre : le chercheur auquel un sujet soumis à un dosage sanguin assurerait alors qu'il n'a jamais touché une cigarette de sa vie douterait de sa sincérité. Les taux de nicotine sanguins équivaudraient, en effet, à ceux d'un fumeur invétéré.

Cette étude a des conséquences importantes : elle doit engager à reprendre à zéro les dosages qui ont fondé les conclusions des autorités d'hygiène sur les dangers, pour des non-fumeurs, de se retrouver dans l'environnement immédiat de fumeurs. Cette fois-ci, il faudra faire les dosages sur des gens n'ayant absorbé aucun aliment riche en nicotine. Elle devra également établir les risques, s'il y en a, d'avoir de la nicotine dans le sang.

Accessoirement, il sera aussi intéressant de mieux étudier d'autres effets éventuels de certains aliments. Qui sait, par exemple, que le café contient des doses appréciables d'hormones sexuelles ? G.M.

(¹) *New England Journal of Medicine*, 31 juillet 1993.

Pollution de l'air

Des métaux lourds dans le gaz

De fortes concentrations de plomb, de cuivre, d'argent et d'arsenic ont été mesurées dans les impuretés recouvrant les brûleurs des cuisinières à gaz dans des maisons polonaises. Telle est la constatation de deux chercheurs polonais de l'Institut de géologie de Cracovie et d'un chercheur autrichien de l'Institut de géologie de Leoben.

Certains de ces métaux lourds, présents initialement dans le gaz

naturel, ayant voyagé à travers gazoducs et canalisations, probablement sous forme de composés organo-métalliques gazeux, pourraient être relâchés dans l'atmosphère de la pièce au moment de la cuisson. Le plomb serait présent sous une forme très toxique, le plomb tétraméthyle. Le gisement incriminé contient aussi de hautes teneurs en mercure. Mais ce composant, corrosif pour les installa-

tions, est extrait avant d'arriver dans le réseau. On en a relevé cependant des traces sur les brûleurs analysés où il se concentre sous forme de méthyl-mercure, composé organique très toxique mis en cause à Minamata au Japon.

La France est quant à elle alimentée en gaz par des gisements situés dans l'ex-URSS (32 %), en Algérie (27 %), en Norvège (18 %), aux Pays-Bas (14 %) et à Lacq (9 %).

Gaz de France nous a déclaré qu'à la suite des analyses ponctuelles effectuées tous les un à deux ans sur le gaz distribué, seules des teneurs infimes avaient été décelées. Il serait toutefois intéressant de vérifier la concentration de ces métaux sur des brûleurs et dans l'air des cuisines.

15 réacteurs américains agonisent

Il n'y a pas que les réacteurs nucléaires français qui sont affectés par des fissures. La Nuclear Regulatory Commission (NRC), un organisme qui contrôle aux Etats-Unis les installations nucléaires, a identifié quinze réacteurs dont les cuves montrent des signes de faiblesse et n'offrent plus les garanties de sûreté nécessaires. Les cuves, rappelons-le, contiennent le cœur du réacteur, sous forme de barres de combustible, et donc la quasi-totalité de la radioactivité. Or, l'acier qui compose ces cuves, soumis aux intenses bombardements neutroniques et aux rayonnements, se fragilise et vieillit plus vite que prévu.

Ce n'est pas la première alerte. Le réacteur de Yankee Rowe, dans



M. Marie - Source : Nuclear Regulatory Commission

La liste noire des centrales américaines.

le Massachusetts, a déjà été définitivement arrêté en février 1992, la résistance de sa cuve ayant été jugée insatisfaisante. Plutôt que de la remettre en état, les exploitants avaient préféré cette solution pour des raisons de coût. Parmi les quinze réacteurs figurant sur la liste noire, certains pourront vraisemblablement être remis en

conformité. Les experts estiment toutefois que d'autres réacteurs, et notamment celui de Nine Mile Point 1, dans l'Etat de New York, ne parviendront pas à satisfaire aux tests et devront être arrêtés définitivement. Rappelons tout de même que les Etats-Unis n'ont pas commandé de nouvelles centrales nucléaires depuis vingt ans.

Les pillards aquariophiles

Selon les données du bureau Trafic du Fonds mondial pour la nature (WWF), 600 millions de poissons ornementaux s'achètent dans le monde chaque année. Or, la plupart des espèces marines vendues en animalerie ne proviennent pas d'élevages mais sont pêchées en mer. Aux Philippines, en Indonésie et à Haïti, on recourt parfois à des narcotiques pour étourdir les poissons afin de les attraper plus aisément. En toute illégalité... Ces substances toxiques endommagent gravement

les récifs coralliens ; elles tuent instantanément les poissons les plus fragiles et provoquent des lésions fatales à long terme chez de nombreux autres. Le sort des rescapés n'est guère plus enviable : peu de particuliers savent entretenir leur aquarium d'eau de mer.

Le cas des poissons d'eau douce est sensiblement différent : 95 % des espèces vendues en animalerie proviennent d'élevages. En revanche, les poissons amazoniens, les cyclides des grands lacs africains, ou en-

core certains poissons asiatiques comme le scléropage d'Asie, sont presque toujours capturés dans la nature. Les écosystèmes auxquels appartiennent ces espèces sont mal connus. On ignore donc si ce prélèvement intempestif compromet ou non l'équilibre des populations.

Signe des temps ? Quelques aquariophiles, conscients de la ponction que leur passion occasionne dans le milieu naturel, reconstituent une portion du bassin de l'Amazone dans leur aquarium et font, à domicile, l'élevage de poissons sud-américains qu'ils diffusent volontiers autour d'eux. Les aquariophiles du KilliesClub de France (KCF) élèvent ainsi des cyprinodontidés pour contribuer à leur pérennité. I.B.

P o l l u t i o n m a r i n e

Le littoral français n'est pas le pire

Trop de calcium dans les huîtres de la Gironde : entre 40 et 100 mg/kg, alors que partout ailleurs la concentration se situe autour de 2 mg/kg. Et trop de PCB (polychlorobiphényles) dans l'estuaire de la Seine. Mais, dans l'ensemble, le littoral français ne se porte pas trop mal si on le replace dans un contexte mondial. C'est ce qui ressort d'une étude réalisée par l'IFREMER sur la qualité du milieu marin littoral.

Trois réseaux ont permis d'obtenir ce bilan de santé. Le Réseau national d'observation de la qualité du milieu marin (RNO) mesure les polluants et des paramètres généraux comme la salinité, l'oxygène dissous ou la teneur en chlorophylle.

Pour le cadmium, les sites qui présentent les niveaux les plus élevés sont l'estuaire de la Seine, le bassin de Marennes-Oléron, l'embouchure de l'Adour et l'étang de Bages-Sigean dans l'Aude, et surtout la Gironde, qui bat tous les records.

Pour les PCB, les zones les plus touchées sont l'estuaire de la Seine, la rade de Lorient, l'estuaire de la Loire, la Nivelle et la Bidassoa, le delta du Rhône et la baie du Lazaret à Toulon.

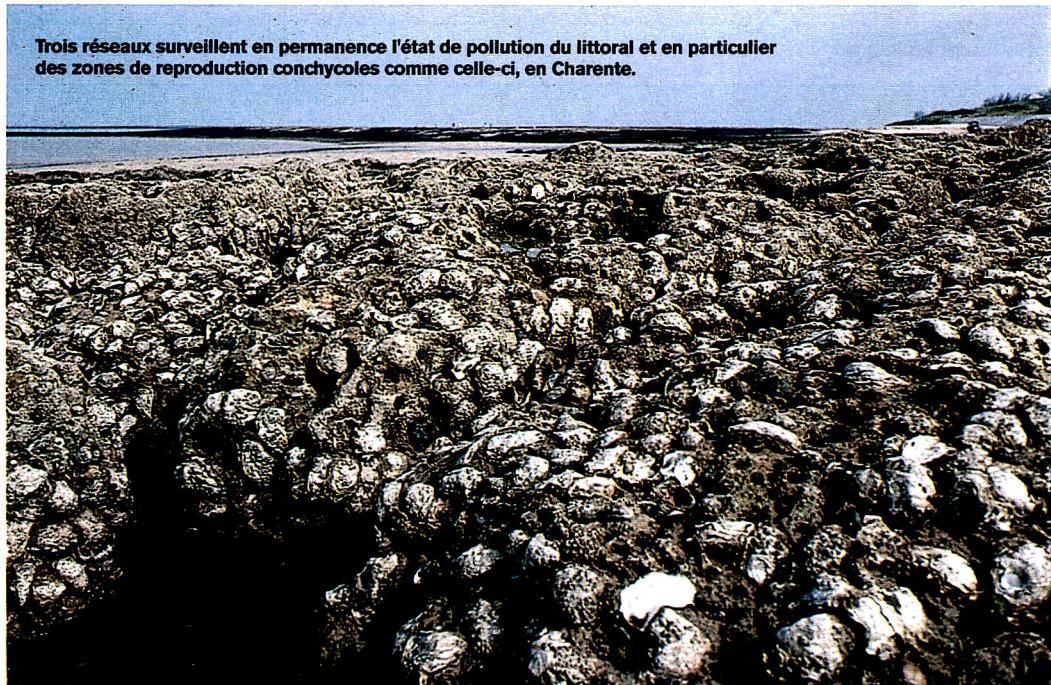
Ce sont les estuaires de la Seine et de la Loire qui renferment les plus fortes teneurs en plomb. A noter : les concentrations de DDT ont considérablement diminué, et les niveaux de mercure sont faibles.

Le Réseau de surveillance du phytoplancton (REPHY), lui, suit l'apparition d'espèces toxiques pour l'homme ou pour les animaux marins. Ainsi, de 1983 à 1986, *Dinophysis* a envahi le nord de l'estuaire de la Seine, la côte du Calvados et le sud de la Bretagne. En 1987, deux nouvelles zones étaient touchées par ce phytoplancton : le littoral atlantique entre la Loire et la Gironde et la côte méditerranéenne dans sa partie orientale. Depuis, on assiste à son extension sur les côtes françaises, et une autre espèce, *Alexan-*

drium minutum, est apparue en 1988 dans les abers de Bretagne nord, puis en 1989 également dans la baie de Morlaix.

Le Réseau de surveillance microbiologique (REMI) contrôle plus particulièrement les zones de production conchycole. Certaines de ces zones sont classées insalubres, comme les ports et la portion de littoral qui s'y rattache, les estuaires des grands fleuves et les zones de rejets d'effluents urbains. Les estuaires de la Bidassoa et de la Nivelle au Pays Basque semblent particulièrement pollués. D'autres font régulièrement l'objet d'interdiction "provisoire" pour la conchyliculture. Ce sont le cap Blanc-Nez, le littoral d'Anchelles, d'Equihen de Wimereux, d'Audinghen dans le nord du Pas-de-Calais, l'anse de l'Aber, la baie de la Fresnaye, le havre de Rotheneuf, la baie de Saint-Brieuc et la baie de l'Arguenon en Bretagne nord, la baie de Beaumer, la rivière de l'Aven et la petite mer de Gâvres en Bretagne sud. Dans tout le reste de la France, seuls deux sites, celui du lac d'Hossegor et celui de l'étang de Thau, ont fait l'objet d'une mesure de fermeture.

Trois réseaux surveillent en permanence l'état de pollution du littoral et en particulier des zones de reproduction conchycolées comme celle-ci, en Charente.

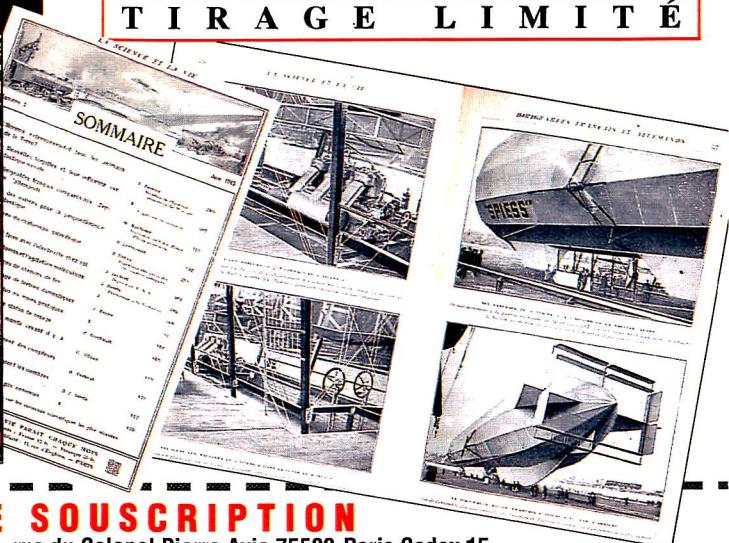
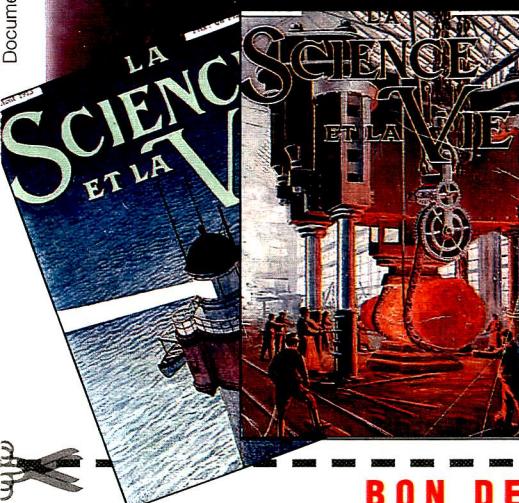
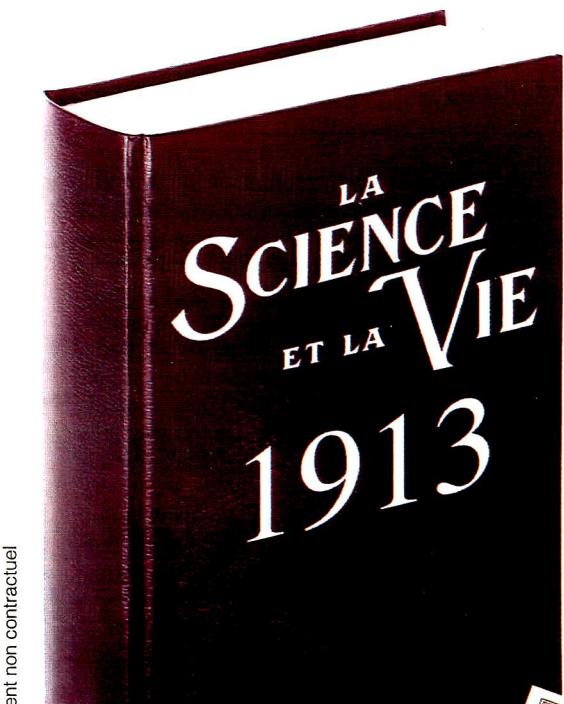


**1913-1993 SPÉCIAL ANNIVERSAIRE : OFFREZ-VOUS LA COLLECTION
DE TOUS LES NUMÉROS DE 1913 DE LA SCIENCE ET LA VIE
ENFIN RÉÉDITÉE EN ÉDITION RELIÉE.**

**LES 9
PREMIERS
NUMÉROS :
1300
PAGES**

370 F SEULEMENT !

Document non contractuel



BON DE SOUSCRIPTION

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

OUI je désire recevoir la réédition en un volume relié plein cuir des neuf premiers numéros de LA SCIENCE ET LA VIE (année 1913) au prix de 370 F (TVA à 5,5%) + 25 F de port.

● Ci-joint mon règlement total d'un montant de 395 F TTC.
J'ai bien noté que la livraison interviendra courant septembre 1993.

Nom _____ Prénom _____
Adresse _____
Code postal _____ Ville _____

Si vous êtes abonné à SCIENCE & VIE, merci de nous indiquer votre numéro d'abonné : _____
Conformément à la législation en vigueur, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant sur tout fichier à usage commercial.

échos de L'INDUSTRIE

Audovisuel

Les "cartoons" saisis par l'informatique

Le dessin animé assisté par ordinateur (DAAO) n'a pas bonne réputation, tant il est synonyme de production en série de mauvaise qualité. Le couple "cartoon"/informatique est-il condamné à n'engendrer que de vilains petits pantins ? Non, affirme la société française 2001. Avec le concours technique du constructeur informatique Digital Equipment, cette entreprise spécialisée dans le DAAO vient de mettre au point un système, baptisé Tic Tac

Toon, qui prétend marier richesse graphique et puissance de l'ordinateur.

On retrouve dans ce logiciel tous les outils couramment disponibles en dessin assisté par ordinateur : des possibilités de traçage variées (simulation de crayons, plumes), des rendus de couleurs multiples (aplats opaques, transparents, dégradés), etc. Plus important, le procédé est entièrement "vectoriel" : chaque élément de dessin est traité non



comme une collection de points, mais comme une entité propre (un vecteur), qu'il est possible de manipuler

— via des transformations géométriques, par exemple — tout en préservant la qualité graphique de l'original. Enfin, toute la chaîne de production est informatisée, ouvrant la voie à l'animation "zéro papier".

On attendra, pour juger la qualité de Tic Tac Toon, de voir ses premières productions. Une série télévisée est déjà mise en chantier avec le studio belge Odec Kid Cartoons. Le logiciel, lui, devrait être commercialisé en 1994. E.L.

Optique

L'odyssée d'un miroir géant

Un poids de 45 tonnes, 8,6 mètres de diamètre pour seulement 17,7 centimètres d'épaisseur : telles sont les caractéristiques surprenantes du disque de verre monolithique que l'usine Schott, à Mayence, a dû retourner pour le travailler mécaniquement sur ses deux faces (l'une concave, l'autre

convexe). Il s'agit de l'un des quatre miroirs destinés au Very Large Telescope (VLT) de l'Observatoire européen austral, en construction au Chili, sur le mont Cerro Paranal.

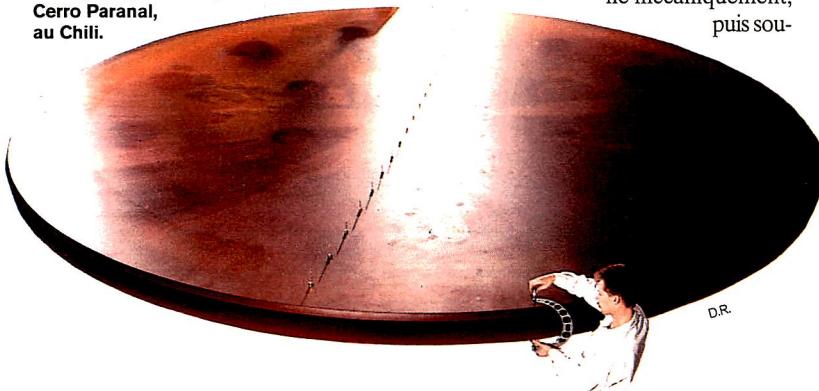
Le tout est coulé d'une seule pièce, à une température de 1 600 °C, dans un moule centrifugé pendant une heure... Le verre est ensuite ramené à température ambiante sous une cloche pendant quatre mois, usiné mécaniquement, puis sou-

mis pendant huit mois encore à un traitement thermique qui le transforme en vitrocéramique Zerodur, d'une stabilité thermique et dimensionnelle exceptionnelles : son coefficient de dilatation thermique, par exemple, est nul.

Ce miroir géant va effectuer son premier voyage (dans un conteneur spécial) : il descendra le Rhin, passera par la Manche pour remonter ensuite la Seine jusqu'aux environs de Paris, où la société REOSC se chargera de sa finition — dont la très délicate opération de polissage. Il franchira ensuite l'Atlantique et traversera le canal de Panama jusqu'au port d'Antofagasta, au Chili. Là commencera la partie la plus difficile du trajet, jusqu'au Cerro Paranal, à 2 664 m d'altitude.

De son site andin, le VLT devrait permettre de distinguer les objets astronomiques les plus lointains de l'Univers (galaxies en formation, quasars), c'est-à-dire de remonter le temps de plus de dix milliards d'années-lumière.

L'un des quatre miroirs de 45 t qui équiperont le Very Large Telescope du mont Cerro Paranal, au Chili.

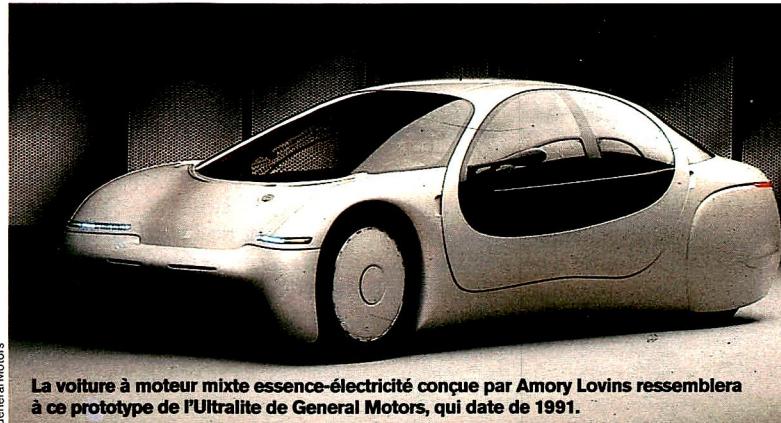


Automobile

Un litre aux 100 km en 1995...

Cette performance, digne d'un Vélosolex des années cinquante, serait celle d'une vraie voiture en cours d'études au Rocky Mountain Institute, à Snowmass Mountain (Colorado).

Son principe : un système mixte essence-électricité. Selon son concepteur, Amory Lovins, le moteur est d'une cylindrée aussi modeste que 250 centimètres cubes (ce qui représente 54,5 chevaux-vapeur au litre) et entraîne un générateur produisant 10 kilowatts. Ces deux unités sont logées dans le coffre. Le générateur alimente à son tour des moteurs logés dans les roues, et les batteries sont placées sous le capot, le châssis et les sièges. Soixante-dix pour cent de l'énergie cinétique ordinairement perdue dans le freinage est récupérée par



General Motors

La voiture à moteur mixte essence-électricité conçue par Amory Lovins ressemblera à ce prototype de l'Ultralite de General Motors, qui date de 1991.

les roues motrices et reconvertis en électricité : tous ces moteurs électriques sont réversibles et peuvent fonctionner comme dynamo.

La grande différence entre ce moteur et les moteurs d'auto actuels est que celui-ci fonctionnerait en permanence à sa vitesse optimale, alors que les moteurs d'aujourd'hui n'utilisent une grande partie du temps que 50 % de leurs capacités.

Ce moteur n'a pour l'instant été étudié que sur un écran d'ordina-

teur ; un prototype pourrait être mis à l'essai dès 1995. Le prix de celui-ci : quelque 15 millions de dollars (75 millions de francs).

On peut se demander quelle carrosserie habillerait une telle voiture, d'autant que Lovins envisage de réaliser une quatre-places. Ultralégère, en fibres de verre et de carbone, elle permettrait de ramener le poids total du véhicule à vide à quelque 400 kg. Cela allégerait d'autant la charge des freins. Inspirée du prototype de l'Ultralite de la General Motors, qui date de 1991, elle aurait évidemment un bon indice de résistance aérodynamique. A noter que, dans les économies de poids, il faut inclure celle de la boîte de vitesses, évidemment exclue d'un tel système.

Son prix théorique ne serait que de 75 000 F. De quoi faire rêver les constructeurs, alors que l'industrie automobile mondiale dépense annuellement quelque 50 milliards de francs en recherches sur la tout électrique (3 300 millions de francs rien que chez BMW)... Jusqu'ici, on a peu avancé, car on se heurte à un mur technique : il faut déjà 100 kg de batterie au plomb pour disposer d'autant d'énergie qu'avec un litre d'essence. Lovins, lui, n'a pas encore précisé le poids de ses batteries... ▶ G.M.

Expertise gratuite

● A Saint-Etienne, l'Ecole nationale des mines et l'antenne du Centre technique des industries mécaniques (CETIM) unissent leurs compétences, dans le cadre d'un programme européen, pour proposer gratuitement des services aux petites et moyennes entreprises régionales : expertises (y compris de corrosion), analyses chimiques, formations personnalisées, séances d'information, mise à disposition en libre-service de matériel de contrôle des matériaux... Contact : Robert Glain, CETIM Saint-Etienne, tél. : 16 77 43 39 50.

6 % d'énergie "propre"

● C'est la très modeste part des énergies renouvelables dans la production totale d'énergie en Europe. La quasi-totalité de cette production (92 %) provient de l'électricité hydraulique (surtout en France, en Italie et en Espagne) et de la biomasse (utilisation des déchets, principalement ceux du bois). Avec 6 % de ces 6 %, la géothermie (l'exploitation de la chaleur et de l'eau chaude du sous-sol) n'a toujours pas réussi à "démarrer", sauf en Italie.

Une "déferlante" dans le désert texan

Parler de surf aux Etats-Unis, c'est évoquer spontanément la Californie, Hawaï ou la Floride. Mais ajouter à ces noms celui du Texas ne constitue plus aujourd'hui une absurdité.

Certes, le surf n'y a pas encore détrôné le rodéo. Mais les Texans peuvent désormais se livrer aux joies de ce sport grâce à l'installation d'un parc aquatique (conçu par un ingénieur californien) équipé d'une vague artificielle. Sa forme est semblable à celle des déferlantes de l'océan, et elle est stationnaire : on peut s'y maintenir aussi longtemps qu'on en est capable.

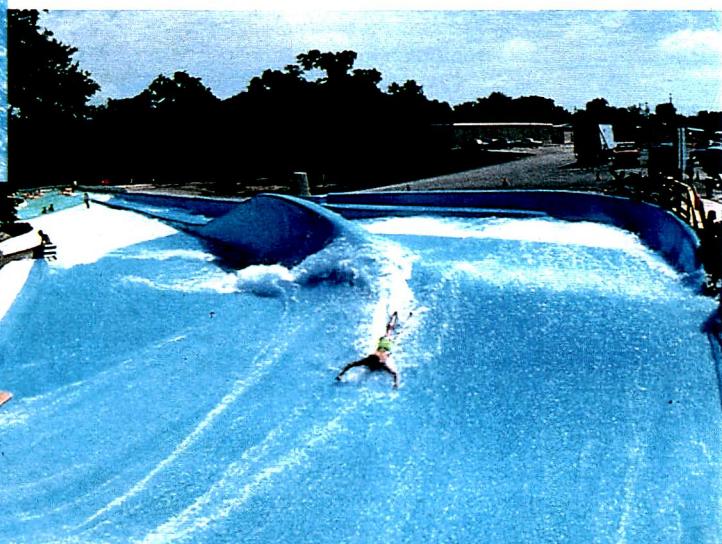
Cette vague est créée par un débit

constant de 3 000 l/s, qui se déplace sur un plan incliné en polyuréthane à la vitesse de 7 m/s. Une partie du flux rencontre une paroi incurvée constituant un contrefort, qui permet la formation ininterrompue de la vague : celle-ci s'enroule uniformément sur ce plan incliné.

Au total, la surface disponible pour la pratique du surf est de quelque 144 m². Deux pompes submersibles de 185 kW acheminent l'eau. Une seule pompe suffit généralement pour obtenir une vague satisfaisante. Mais, pour créer une vague plus haute à l'intention des surfeurs les plus habiles, on peut aussi faire fonctionner simultanément les deux pompes.

En France, un bassin à vagues de 1 750 m² s'est ouvert en juillet dernier à Étampes (Essonne), avec des déferlantes de plus d'un mètre de haut.

Au Texas, on surfe sur une vague artificielle... Mais a-t-on pensé à saler l'eau, pour retrouver l'environnement parfum des embruns ?



Essais brûlants

● Des essais de fatigue permettant de tester des matériaux et des composants travaillés à chaud (pièces de turbines à gaz, éléments de moteurs), menés à une température allant jusqu'à 1 100 °C, sont désormais possibles.

Un four à chambre cylindrique (100 mm de diamètre sur 500 mm de haut), a été installé pour cela au Centre technique des industries mécaniques (CETIM) de Senlis. Contact : Pascal Merrien, tél. : 1 44 58 34 91.

La France cancre de la télévision éducative

● Plus de trente pays réalisent et diffusent des programmes éducatifs, sur plus de cinquante chaînes spécialisées.

En France, on assiste à une régression du nombre d'heures de diffusion, ce qui nous place loin derrière la Grande-Bretagne, l'Allemagne, la Grèce et le Portugal.

La francophonie souffre de cet état de fait. Sous l'impulsion de Pierre Laffitte, président de l'Association Sophia Antipolis et sénateur des Alpes-Maritimes, le Sénat s'est donc saisi de ce problème. Une mission d'information "Télévision éducative" est en cours.

Station-service démontable

Montée en quarante-huit heures, démontée dans la journée, fonctionnant vingt-quatre heures sur vingt-quatre en libre service, avec paiement par automates à cartes bancaires : c'est la station-service mobile que le pétrolier Elf vient de mettre au point.

Transportable par la route, cette structure est adaptée chaque fois que l'implantation d'une station-service traditionnelle fixe, qui nécessite des infrastructures lourdes, n'est pas envisageable : dans les centres-villes, où manque l'espace (et où le sous-sol est encombré de réseaux de gaz, d'eau, d'électricité, etc.) ; dans les communes ru-



J.Y. Chambault/Elf
Entièrement démontable, transportable par la route, la nouvelle station-service Elf fonctionne exactement comme une pompe fixe classique.

rales, où la clientèle est rare et la rentabilité insuffisante ; dans les lieux de vacances, qui n'ont besoin d'un point de distribution que pour un temps limité ; ou encore sur les autoroutes lorsque des travaux sont entrepris qui empêchent la distribution d'essence pendant quelques mois.

Cette station est constituée d'un

module de 30 m² au sol (ou de plusieurs modules si les besoins de distribution sont importants), comportant une cuve de stockage de 20 m³ de carburant et quatre distributeurs automatiques. Un équipement assure la sécurité et la protection de l'environnement : sondes de détection de présence d'hydrocarbures ; dispositifs d'extraction et de récupération des vapeurs ; systèmes automatiques de protection contre l'incendie ; limiteurs de remplissage et de débordement ; dispositif anti-arrachement des flexibles, etc.

Le module est installé sur une dalle en béton assurant la planéité de l'aire de stockage et la résistance mécanique nécessaire à l'assise de la station. Un bâtiment à structure métallique regroupe cuve de stockage de carburant, postes de distribution et local technique (où sont situés les raccordements électriques, téléphoniques et d'eau). Une piste de stationnement démontable, partiellement recouverte d'un auvent, complète l'installation.

Pour Elf, cette nouvelle station correspond à un besoin réel des automobilistes, et s'apparente au mobilier urbain au même titre que les "abribus" ou les kiosques à journaux. Ses caractéristiques ont été brevetées non seulement dans les pays économiquement développés, mais aussi en Afrique, où elle peut être particulièrement intéressante en zone rurale.

Longue vie aux soudures

● Comment améliorer la tenue en fatigue des assemblages soudés, la fissuration compromettant leur longévité ?

En consultant le recueil des conférences organisées sur le sujet par le Centre technique des industries mécaniques (CETIM) en novembre dernier. Prix public : 480 F (384 F pour les entreprises ressortissantes du CETIM).

Contact : Elisabeth Garnier, tél : 1 44 58 33 06.

Deux heures d'images couleurs en haute résolution

● 1 300 images couleurs archivées, une par une ou en continu, sur une cassette audionumérique DAT, d'une durée de 120 minutes : c'est la performance du DAT vidéo DX 2000 E de Mitsubishi. Une pierre de plus dans le jardin des microfilms.

Le camembert japonais est né

● La coopérative normande d'Isigny-Sainte-Mère vient de vendre à un industriel nippon, pour quelque 10 millions de francs, la formule d'un "camembert" adapté au goût japonais, peu salé et doux, qui ne concurrencera pas le traditionnel camembert au lait cru qu'Isigny exporte déjà au pays du Soleil-Levant.

Précision : qui dit mieux ?

● Le thermomètre portatif le plus précis au monde vient d'être mis au point par le professeur Hans Léopold, de l'université technique de Graz, en Autriche. Couvrant une plage de mesure de - 260 °C à + 960 °C, le MK 100 garantit une précision de 0,001 °C.

Eclairage

Les lampadaires ont la fibre

Phœbus, lampadaire de l'an 2000 ? Sa particularité : la source lumineuse, une lampe à arc à iodure métallique de 200 watts, se trouve au pied du lampadaire. La lumière est acheminée par fibre optique jusqu'au sommet. Là, un réflecteur en métal ou en porcelaine permet de la diffuser avec homogénéité ou de l'orienter avec précision.

Mis au point par Virag SA, le bureau d'étude d'une société d'équipement en éclairage public, en collaboration avec le CRITT-EO (Centre régional d'innovation et de transfert de technologie électronique et optique) de Limoges,



D.R.

Phœbus se cherche encore un design avant d'être commercialisé.

Principal marché visé : l'éclairage public. Chaque année, les 36 000 communes françaises consacrent 1,6 milliard de francs à l'installation et à l'entretien de l'éclairage public. Un peu plus cher à l'achat qu'un lampadaire traditionnel, Phœbus est moins onéreux à l'entretien puisque les changements d'ampoule s'effectuent sans nacelle élévatrice.

Le lampadaire à fibre optique

pourrait aussi avoir un avenir dans la signalisation maritime et ferroviaire, en supplantant à terme les projecteurs incandescents grâce à sa plus grande portée (2 km) et à son moindre coût de maintenance. En signalisation routière, les panneaux d'information lumineux pourraient bénéficier de la meilleure visibilité à distance qu'offre la fibre optique. Autre marché potentiel, celui des zones à atmosphère explosive, où échauffement et étincelles sont proscrits.

La distribution de la lumière par fibre optique intéresse aussi les constructeurs automobiles. Une source de lumière unique – lampe à arc ou ampoule halogène – suffirait en effet à alimenter phares, clignotants, feux arrières et voyants divers. Belle économie d'ampoules en perspective ! Le projet est à l'étude chez General Motors.

OLIVIER JACQUINOT

Métaux

Or : la fin d'un mythe

Contrairement aux idées reçues et solidement établies, l'or est naturellement altérable, à la fois qualitativement (pureté du minerai) et quantitativement, dans les conditions physiques et chimiques qui règnent à la surface de la Terre.

A la surface de cette particule d'or, extraite d'un sol latéritique de la forêt équatoriale gabonaise, les nombreux vides de dissolution révèlent une altération chimique avancée.



C'est ce que vient de démontrer une étude de Fabrice Colin, chercheur à l'ORSTOM (Office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer). Cette conclusion intervient à l'issue de quatre ans de travail sur le terrain, pour extraire plus de 10 000 particules d'or de dizaines de puits situés dans un environnement naturel peu perturbé par l'homme, au cœur de la forêt vierge équatoriale (essentiellement au Gabon). Des milliers d'heures d'observation aux microscopes optique et électronique ont suivi, ainsi que des centaines d'analyses chimiques et thermodynamiques.

Le mythe de l'or, symbole de la perfection absolue, s'écroule ainsi, alors qu'il régnait depuis six mille ans dans toutes les grandes civilisations – et règne aujourd'hui encore, avec l'utilisation de l'or comme valeur monétaire refuge.

Principales conclusions du gigantesque travail de l'ORSTOM : en allant du plus profond vers la sur-

face, les teneurs en or diminuent ; les particules d'or se dispersent progressivement, et leur taille se réduit au fur et à mesure qu'elles s'éloignent de leur gisement d'origine, du fait d'une altération chimique croissante. Celle-ci est essentiellement liée à l'acidité moyenne du sol. En effet, associé aux chlorures et aux acides organiques dus à la dégradation du tapis végétal de la forêt, l'or forme des composés stables. Le minerai est ensuite entraîné sous cette forme par les rivières et les fleuves qui baignent les collines aurifères.

Les conditions de cette dissolution se retrouvent aussi bien dans les sols des forêts tempérées que dans ceux des forêts tropicales. Le facteur temps reste cependant très important : elle se produit sur des milliers d'années.

L'instabilité de l'or en fait un excellent témoin des évolutions physiques et chimiques des sols qui le renferment.

Einstein

Pour enfin comprendre la relativité.

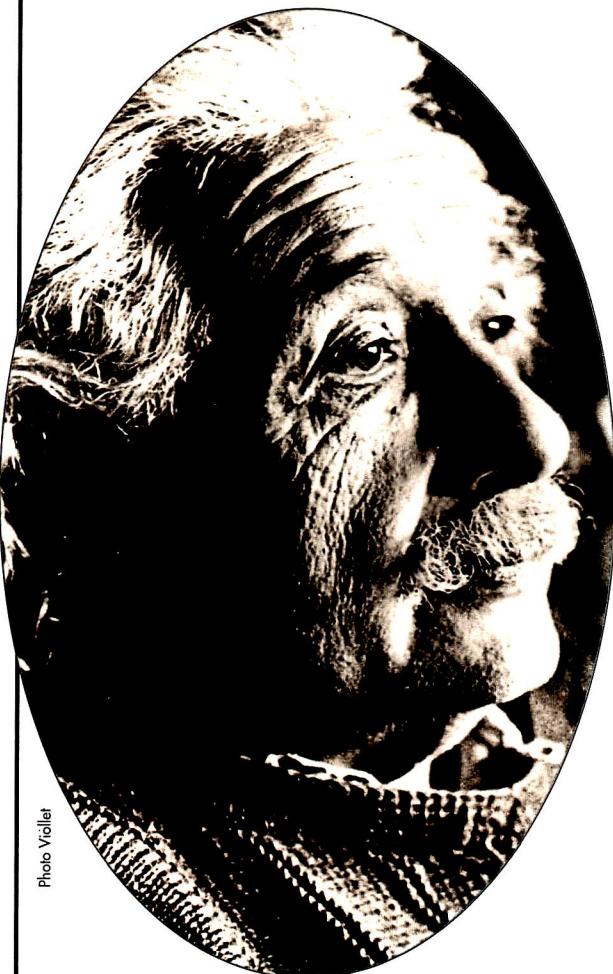
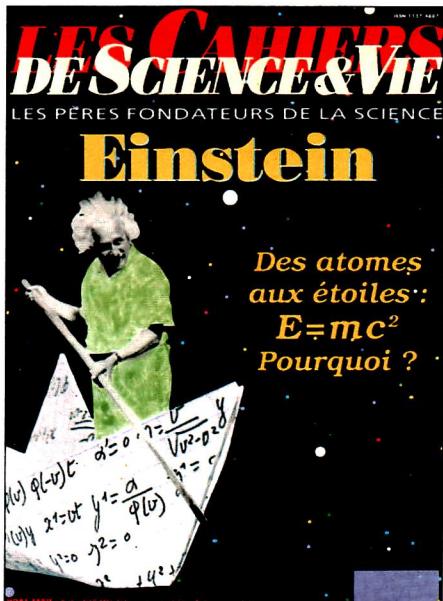


Photo Viollet

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...



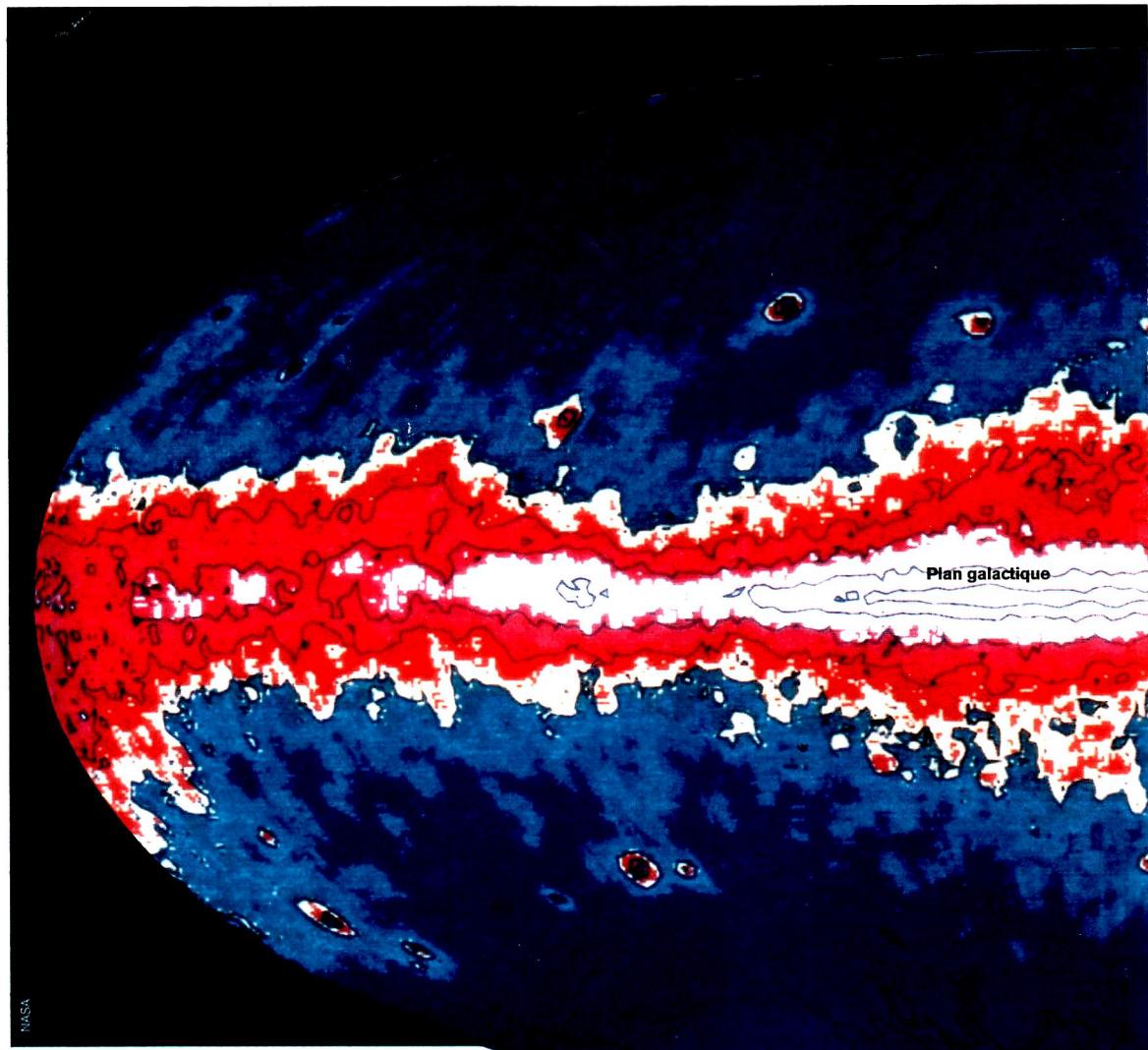
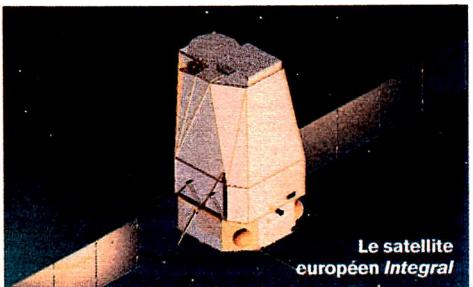
EN VENTE PARTOUT

DES HISTOIRES RICHES EN DÉCOUVERTES

Un satellite aux sourc

PAR PHILIPPE HENAREJOS

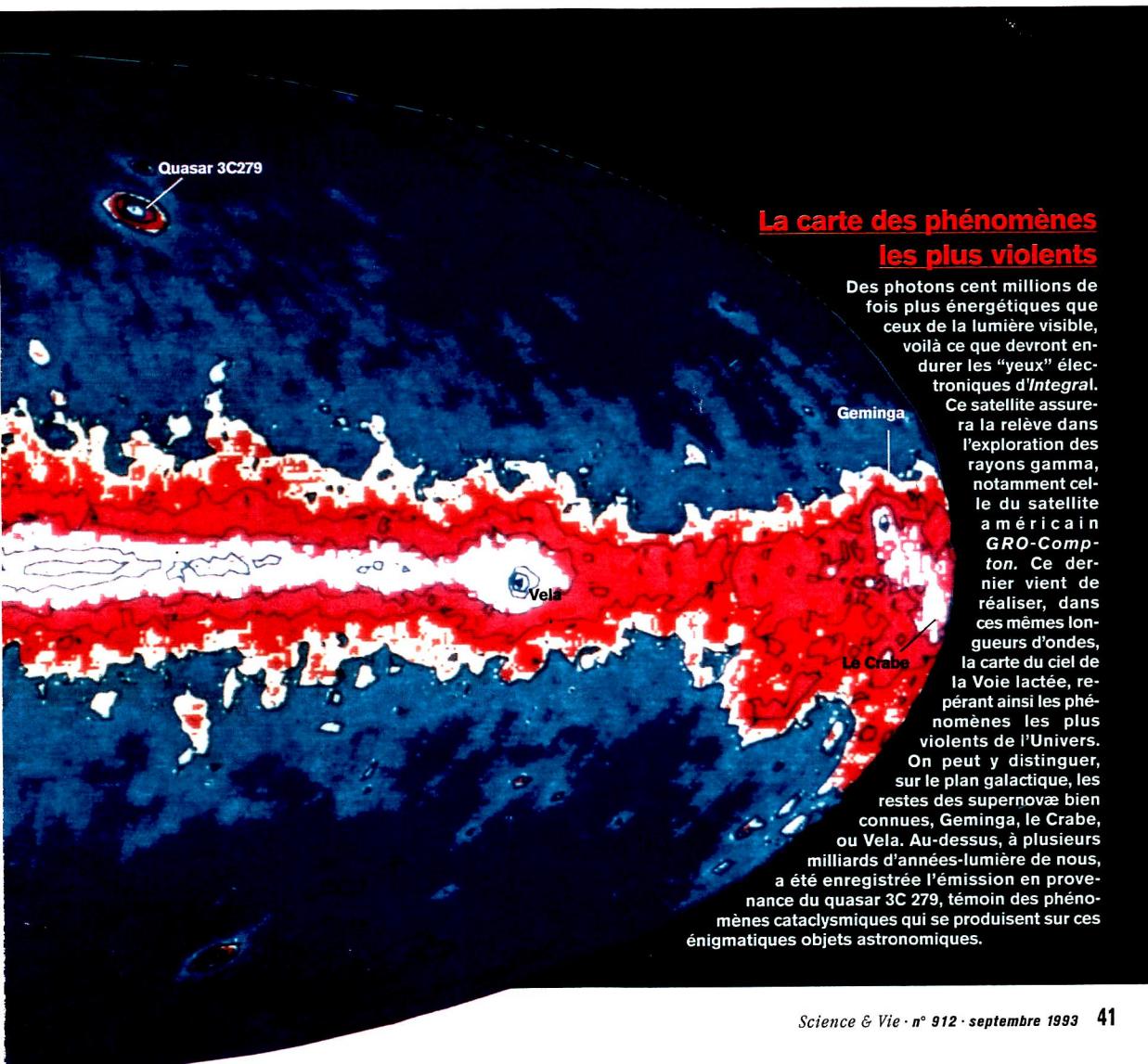
«Evolution des étoiles, des galaxies et de l'Univers actuel : tous les rêves des astrophysiciens depuis trente ans vont devenir réalité.» Pour Jacques Paul, astrophysicien au Centre d'études atomiques de Saclay, tels sont les enjeux du satellite Integral (International Gamma Ray Astrophysics Laboratory), que l'Agence spatiale européenne (ESA) a décidé de mettre en



NASA

ces de la violence

En lançant *Integral*, en 2001, l'Agence spatiale européenne va tenter d'élucider le mystère, encore touffu, des sursauts gamma, fulgurantes bouffées d'énergie dont la nature et la localisation échappent aux recherches depuis plus de vingt-cinq ans.



suite de la page 41

chantier le 4 juin dernier. Après Cassini, une sonde qui partira en 1997 vers la banlieue de Saturne pour percer les secrets de Titan, Integral sera, en 2001, la deuxième mission de taille moyenne du programme Horizon 2000. Avec une enveloppe financière de 300 millions d'écus (contre 450 millions pour les missions plus importantes dites "pierres angulaires"), cet observatoire en rayons gamma devrait ramener aux astronomes une inestimable moisson de données. Il étudiera, avec une précision sans précédent, des phénomènes très violents encore mal connus, aussi bien à l'intérieur de la Voie lactée que dans l'environnement extragalactique. Novæ, supernovæ, étoiles à neutrons, pulsars, émissions diffuses de rayons gamma, noyaux de galaxies actifs, sans oublier les trous noirs, seront ses cibles privilégiées. Les scientifiques pourront ainsi voir si leurs modèles théoriques patiemment élaborés résistent à ces nouvelles explorations. Enfin, peut-être résoudront-ils l'éénigme des sursauts gamma.

L'astronomie gamma a en effet débuté à la fin des années 1960 par un hasard et par une éénigme. Avant l'ère spatiale, nul ne pouvait savoir ce que l'Univers émettait dans cette longueur d'onde (inférieure à 1 Å) puisque l'air qui entoure notre planète l'absorbe totalement. Il fallait donc aller dans l'espace pour les découvrir. Et c'est en cherchant autre chose que tout a commencé...

En 1967, les Etats-Unis lancent un satellite militaire baptisé *Vela* afin de déceler, grâce à leur rayonnement gamma de basse énergie, les éventuels essais atomiques soviétiques dans l'atmosphère. Mais, en quelques années, *Vela* détecte beaucoup trop d'émissions gamma pour que celles-ci proviennent de la Terre ou même du Soleil. Et, en 1973, les militaires informent les scientifiques de ces découvertes. Une première explication vient alors à l'esprit : ces bouffées d'énergie, sortes de sautes d'humeur imprévisibles de l'Univers, proviennent certainement d'étoiles à neutrons. Lorsque de la matière est attirée à la surface de ces astres très denses, une réaction de fusion thermonucléaire se produit, ce qui dégage en peu de temps une énergie importante, et donc un rayonnement gamma aussi bref que puissant.

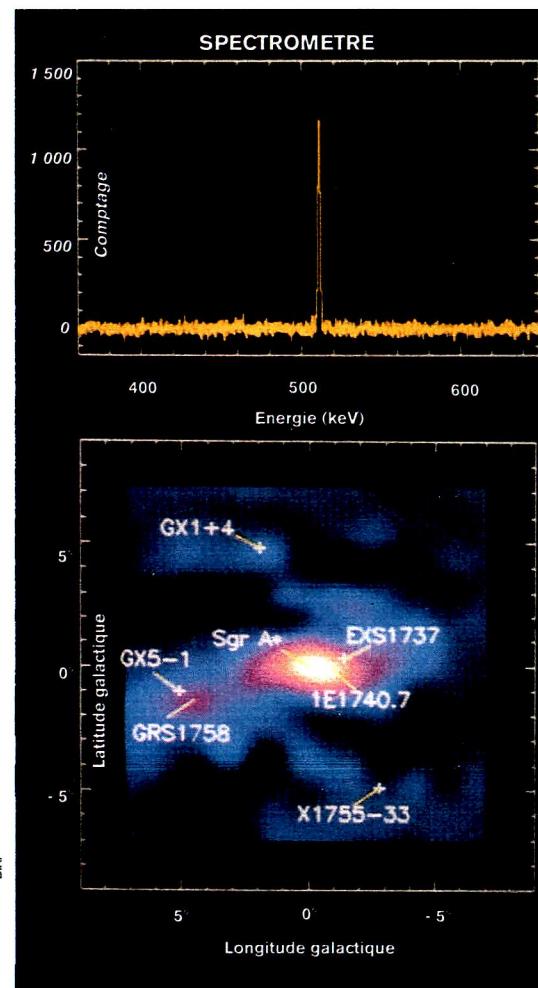
Mais, le 5 mars 1979, cette théorie se révèle insuffisante. Plusieurs satellites en orbite autour de la Terre détectent un intense sursaut gamma suivi, pendant trois minutes, de pulsations (toutes les huit secondes). Très vite, les mesures montrent que ce rayonnement provient d'une région du Grand Nuage de Magellan, une petite galaxie voisine de la Voie lactée occupée par un rémanent de supernova connu sous le nom de N 49.

Pourtant, cela ne résout rien : ce sursaut est beaucoup trop puissant par rapport aux autres, sans doute issus de notre galaxie, pour se trouver aussi loin. Les astronomes envisagent même qu'une source interne à la Voie lactée soit parfaitement alignée avec N 49. Au lieu de s'éclaircir, le mystère s'épaissit donc considérablement. D'autant que le faible pouvoir de résolution des détecteurs gamma ne permet pas de localiser précisément les sources. En effet, pour déceler ces rayonne-

QUE VA VOIR LE SATELLITE

Sur cette simulation, les astronomes ont voulu montrer, à l'aide d'exemples concrets, les futures performances du spectromètre et de l'imageur emportés par le satellite (voir encadré p. 46). L'observation est principalement concentrée

sur la raie à 511 KeV (images du haut), celle-ci étant la signature des phénomènes les plus violents de l'Univers – l'annihilation de matière et d'antimatière. Si le spectromètre (en bas, à gauche) donne une mesure précise de la



DR

ments très énergétiques, les satellites emportent des appareils à scintillation qui ne sont pas directionnels. Ils se composent d'une chambre à étincelles contenant des plaques métalliques dans un environnement de néon et d'une faible quantité d'éthane. En arrivant, le photon gamma entre en interaction avec les plaques (comme il le fait en pénétrant dans l'atmosphère terrestre) et produit une paire électron-positron. Un calorimètre mesure l'énergie de l'électron, qui est pratiquement

égale à celle du photon. Ensuite, une haute tension est envoyée entre les plaques et des étincelles matérialisent le parcours ionisé de l'électron et du positron dans les gaz. De ces trajectoires est déduite celle du photon. Mais le procédé manque de précision et il vaut mieux disposer de plusieurs instruments, soit sur des satellites différents, soit sur le même, pour pouvoir affiner les recherches par triangulation.

Ainsi, les astrophysiciens parviennent à déterminer des portions de ciel appelées "boîtes d'erreurs" susceptibles d'abriter les objets gamma. Mais ces zones couvrent quelques degrés carrés, ce qui, sur la voûte céleste, est tout simplement énorme. Par comparaison, le large disque de la pleine Lune a un diamètre apparent de 0,5° seulement. Par conséquent, à l'intérieur des "boîtes" pullulent des milliers de galaxies ou d'étoiles qui sont autant de sources possibles. Dans ces conditions, difficile de trouver aux sursauts gamma une contrepartie, c'est-à-dire un objet correspondant à la source gamma qui serait observable, en rayons X, ou même en visible.

Lancé en avril 1991 par la navette spatiale, le satellite américain *GRO* (Gamma Ray Observatory, rebaptisé par la suite *Compton*) s'attaque au problème. Une expérience appelée *BATSE* (Burst and Transient Source Experiment) doit repérer les énigmatiques sursauts. Avec une résolution angulaire de 5° à 6° carrés, et des détecteurs très sensibles, *GRO-Compton* dresse donc une carte du ciel des sources gamma. Et, là, nouvelle surprise : celles-ci, que l'on attendait regroupées dans le plan galactique, se répartissent de manière isotrope sur toute la sphère céleste (voir photo p. 45), laissant croire à une origine extragalactique. Car si les sursauts se situaient dans la Voie lactée, le bon sens et la statistique voudraient qu'ils se trouvent en majorité sur l'équateur galactique, là où demeurent le plus grand nombre d'étoiles et la plus grande quantité de matière interstellaire. Au lieu de cela, les observations révèlent donc qu'autant de sursauts apparaissent dans les régions quasi désertiques.

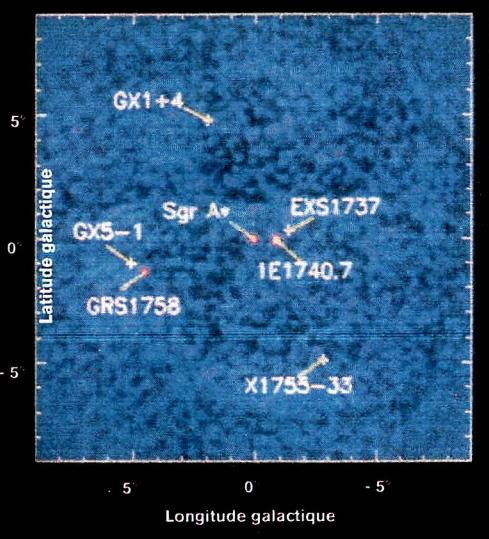
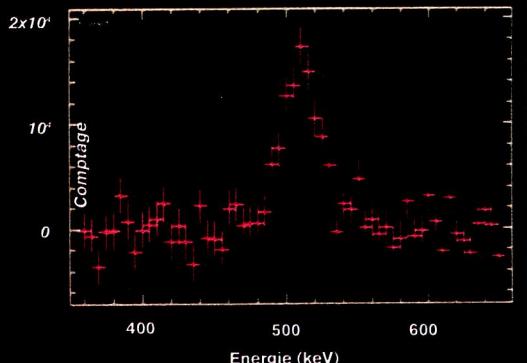
Malgré tout, l'imprécision de leur localisation couplée à leur absence de contrepartie fait que les astrophysiciens n'arrivent pas à mesurer les distances qui les séparent de la Terre. Le problème reste donc entier, comme l'explique Jacques Paul : «Les seules choses que nous connaissons avec certitude sont leur distribution et l'existence d'une limite en profondeur. Cela veut dire qu'à partir d'une distance inconnue, il n'y a presque plus de sursauts. Les possibilités sont donc très nombreuses. Il peut s'agir de petits phénomènes énergétiques de l'ampleur de "bombe

INTEGRAL ?

lumière, sa résolution ne permet pas de localiser les sources qui l'on émet. En revanche, l'imageur peut alors distinguer trois sources ponctuelles (en bas, à droite) : le centre de notre Voie lactée, Sgr A*, zone de gran-

de concentration d'étoiles, 1E1740.7 et GRS1758, des trous noirs supposés. C'est la première fois que, sur un satellite gamma, ces deux appareils complémentaires vont fonctionner ensemble avec un tel niveau de précision.

IMAGEUR



suite de la page 43

atomiques" proches du système solaire (au niveau du nuage de Oort, par exemple), ou d'étoiles à neutrons dans la Voie lactée (mais leur répartition hors du plan galactique semble bizarre), ou de phénomènes localisés dans le halo galactique, ou encore de cataclysmes encore plus exotiques à l'échelle de l'Univers entier... ».

Le champ susceptible d'abriter les sursauts gamma va donc de l'espace proche à l'infiniment lointain, ce qui se révèle particulièrement imprécis ! En fait, le sursaut gamma correspond à une libération d'énergie par un corps en un temps très court. Or, les scientifiques savent que la durée d'un tel "flash" est proportionnelle à la taille de la "lampe". Cela signifie qu'un gros objet émettra des photons gamma plus longtemps qu'un petit. Mais l'énergie captée décroît avec le carré de la distance – plus l'objet est loin, moins on reçoit de photons. Il peut donc s'agir de grosses – et pour le moins énigmatiques – "bombes atomiques" explosant près du système solaire, de trous noirs aspirant des étoiles à neutrons dans la galaxie, ou d'événements aussi incompréhensibles que violents à des distances supérieures.

Ainsi, à ce jour, l'astronomie gamma n'a toujours pas résolu le problème qui a causé sa naissance : les sursauts n'entrent toujours pas dans le cadre de la moindre théorie. Les astronomes ont pourtant découvert dans ces longueurs d'ondes d'autres objets qui devraient leur en apprendre beaucoup sur l'évolution de l'Univers. Et si *Integral* doit s'intéresser aux sursauts, l'essentiel de son programme s'attachera surtout à observer en détail ces nouvelles cibles.

En effet, en complément de *GRO-Compton*, les satellites *Cos-B* (ESA), en 1975, et *Granat* (Russie), en 1991, ont déjà exploré la galaxie et le milieu extragalactique en rayonnement gamma, mettant en évidence quantité d'autres phénomènes violents. Les premières sources à être formellement identifiées furent les pulsars du Crabe et de Vela, deux astres très massifs résultant d'une explosion de supernova. Ces corps étranges émettent un signal radio et gamma tout en tournant très vite sur eux-mêmes, ce qui en fait de véritables phares cosmiques. *Cos-B* a d'ailleurs découvert un déphasage entre les pulsations gamma et les pulsations radio. Pour sa part, *Integral* affinera la connaissance de ces mécanismes, notamment en observant le comportement de supernovæ telles que SN 1987 ou 1993 J (de la galaxie spirale M 81 dans la Grande Ourse). Les nouvelles mesures de la radioactivité viendront s'ajouter à celles déjà effectuées et

pourraient confirmer certaines théories comme celles élaborées sur les différents types possibles d'explosion de supernovæ.

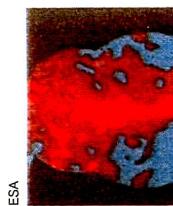
Integral s'intéressera également à l'ensemble des sources gamma, qu'elles soient lointaines comme les noyaux galactiques actifs, proches comme les novæ ou les supernovæ, ou mystérieuses comme les sursauts ou les trous noirs. Pour cela, il disposera d'une instrumentation que ses prédecesseurs lui envient déjà. En opérant dans le domaine des énergies comprises entre 15 KeV et 10 MeV⁽¹⁾, il se situera dans la continuité du satellite *XMM* (deuxième mission de type "pierre angulaire"), qui doit prendre le chemin de l'espace en 1999. Cette complémentarité permettra de couvrir la plus grande partie du spectre électromagnétique en rayons X et gamma.

A bord, cohabiteront un immeur et un spectromètre. Le premier cherchera les sources, le second les étudiera. «Pour la première fois, sur un même satellite, seront regroupées la capacité de faire de la spectroscopie fine et de grande sensibilité et la faculté d'un positionnement très précis des sources», affirme Serge Volonté, directeur des programmes scientifiques de l'ESA.

Grâce à cette instrumentation performante (voir encadré p. 46), l'astrophysique nucléaire, qui étudie tout ce qui est radioactif dans l'Univers, disposera de données directes sur la nucléosynthèse stellaire, c'est-à-dire sur l'ensemble des processus qui, au cœur des étoiles, conduisent à changer un élément chimique en un autre. Par fusion thermonucléaire, des éléments légers se transforment en éléments plus lourds (par exemple, l'hydrogène devient de l'hélium), mais également l'inverse, par photodésintégration.

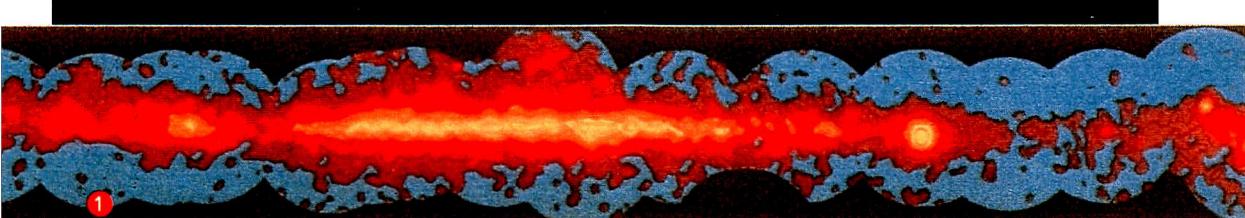
«L'intérêt, c'est de faire de l'astrophysique de l'instant. L'évolution chimique de la galaxie n'est pas finie. Elle transforme continuellement la matière d'origine des étoiles. Cette matière n'étant plus la même, la vie de ces étoiles sera différente», affirme encore Jacques Paul. En effet, au cours de leur vie, les étoiles transforment donc leurs gaz d'origine en gaz plus lourds. La génération actuelle d'étoiles qui brillent au firmament est née, en majorité, par accrétion de nuages d'hydrogène. Mais quand elles auront fini leur vie, leurs "cendres", dispersées à leur tour en nuages, seront constituées d'éléments plus lourds que l'hydrogène. Ainsi, lorsque ces gaz s'effondreront sous leur propre poids, ils allumeront de nouvelles étoiles, plus opaques, qui auront une destinée différente.

Pour suivre "en direct" les changements à l'intérieur de la Voie lactée, *Integral* effectuera tous

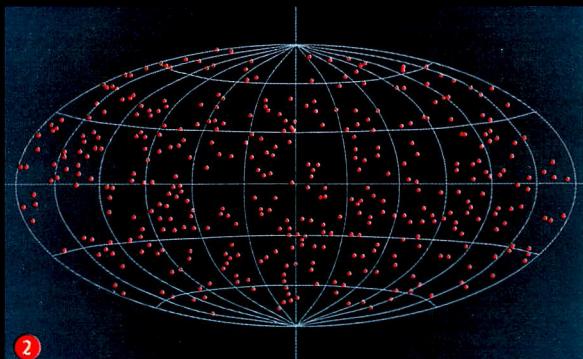


ESA

(1) 1 MeV = 10^6 eV ;
1 KeV = 10^3 eV
(electronvolt).



D'où proviennent les sursauts gamma ?



A. Meyer

Ces sursauts – à ne pas confondre avec les émissions régulières bien répertoriées, en provenance de pulsars par exemple – sont une des grandes énigmes de l'astrophysique contemporaine. Alors qu'on s'attendait à une concentration des sources dans la direction de l'équateur de la Voie lactée, là où les étoiles sont les plus nombreuses ①, le satellite *GRO-Compton* a relevé que leur répartition (points rouges) était homogène sur l'ensemble du ciel ②. Ces sursauts sont-ils galactiques ou extragalactiques ? Dans le premier cas, on ne comprend pas la répartition homogène ; dans le second, on ne connaît pas de phénomènes physiques assez puissants pour produire des flashes visibles depuis la Terre. Le grand espoir des astronomes est qu'*Integral* réponde à cette question.

les quinze jours un balayage du plan galactique. Une carte détaillée du disque de la galaxie viendra alors remplacer celle, relativement sommaire, qu'avait établie *Cos-B*. De cette manière, aucune nova ne pourra échapper aux astronomes. De plus, grâce à la capacité d'imagerie fine, le satellite distinguera ces sources particulières au milieu du rayonnement diffus qui émane de l'équateur galactique. On sait déjà que ces étoiles font preuve d'une extrême variabilité. Cela s'explique par le fait qu'il s'agit de systèmes binaires comprenant généralement une étoile normale et une étoile effondrée. Au cours de leur manège, les deux composantes se frôlent, ce qui provoque de temps à autre des transferts de matière. Lorsqu'une partie de l'atmosphère de l'étoile normale est attirée à la surface de l'astre effondré, une réaction de fusion thermonucléaire a lieu. Comme celle-ci crée de l'énergie, elle est repérable par ses émissions gamma transitoires.

L'essentiel de la mission d'*Integral* sera donc consacré à l'exploration des sources galactiques. Ainsi, le noyau de la galaxie est le siège de quelques uns des objets gamma les plus énergétiques. On a longtemps cru que Sagittarius A* (Sgr A*), source radio matérialisant le centre galactique, était un trou noir – c'est-à-dire, une étoile effondrée sur elle-même d'une masse supérieure à trois masses solaires. Les vitesses propres

des gaz et des étoiles environnantes semblaient bien indiquer la réalité de l'un de ces objets hypermassifs. Mais, simultanément, Sgr A* démontrait une activité trop réduite pour incarner l'un de ces monstres gloutons. En particulier, son éclat radio aurait dû véritablement exploser chaque fois qu'une étoile ou un nuage de gaz tombait dans son escarcelle (toujours à cause de l'énergie fabriquée par le phénomène). Et dans un espace aussi fourni en étoiles, une telle chose aurait dû arriver assez fréquemment.

Malgré tout, depuis des années, les instruments recevaient un signal montrant que matière et antimatière s'annihilaient dans cette région comme cela doit se produire aux abords des trous noirs. Sgr A* avait alors les traits du fameux Grand Annihilateur (voir *Science & Vie* n° 903, p. 47). Enfin, au printemps 1992, le télescope *Sigma* a probablement découvert le trou noir... mais à 300 années-lumière de là. En effet, sur le spectre électromagnétique, la raie à 511 KeV (signature de l'annihilation électron-positron) mise en évidence montre la présence d'une source très compacte distincte de Sgr A*. D'après les modèles en cours, cela correspondrait à un trou noir de 5^6 à 10^6 masses solaires (les plus petits font 3 masses solaires et les plus gros décelés à ce jour 3 milliards de masses solaires). Par ailleurs, cette raie pourrait aussi constituer la signature de super-

suite de la page 45

novæ, de pulsars ou de phénomènes d'accrétions de matière sur des étoiles à neutrons, si bien qu'il est pour l'instant impossible de l'expliquer. Les astrophysiciens comptent sur *Integral* pour en trouver l'origine exacte et faire évoluer leur connaissance de ces objets étonnantes. Mais il faudra peut-être un peu de patience en ce qui concerne les trous noirs, car on ne les aperçoit qu'au moment où ils aspirent de la matière, dans une profusion d'énergie.

Outre l'étude détaillée de ces objets compacts auxquels il faut ajouter les naines blanches (susceptibles de produire des rayons gamma avec de la matière environnante par le même processus d'accrétion de gaz que les étoiles à neutrons), le satellite européen explorera le milieu interstellaire dans le rayonnement gamma diffus mis en évidence sur la carte de *Cos-B*.

Enfin, l'environnement extragalactique n'échappera pas au regard perçant de ce nouvel observatoire. Les autres galaxies fourniront des renseignements sur leurs deux principaux émetteurs gamma présumés : leur noyau et les restes de leurs supernovæ. Comme il semble que l'essentiel de leur énergie soit émise en rayons gamma, l'utilisation de cette longueur d'onde pourrait révéler un maximum d'informations.

Plus loin encore dans les profondeurs de l'Univers, les amas de galaxies, qui sont des sources d'émissions X puissantes et étendues, devraient révéler quelques-unes de leurs propriétés, comme leur distribution de matière ou leur état dynamique. Ce qui pourrait fournir des informations sur la répartition de la matière à l'échelle cosmologique.

Les dernières cibles du satellite hors de la Voie lactée seront les noyaux de galaxie actifs, les radio-galaxies et les quasars. Ces astres abritent des phénomènes aussi variables que violents qui intriguent les astronomes depuis leur découverte au début des années 1960. Le télescope *Sigma* a par exemple rendu compte d'émissions gamma qui apparaissaient, grossissaient puis disparaissaient en l'espace d'un seul jour dans la radio-galaxie Centaure A. Parallèlement, la luminosité des quasars augmente et diminue de façon aléatoire dans des proportions incroyables. Cela suggère qu'en leur centre, régulièrement, des étoiles ou des nuages de matière éparses sont avalés par un corps très massif et compact. Pour l'heure, seul un énorme trou noir permet de rendre le phénomène compréhensible. Est-ce à dire que toutes les galaxies actives possèdent un trou noir en leur cœur ? *Integral* aura pour mission de vérifier cette hypothèse.

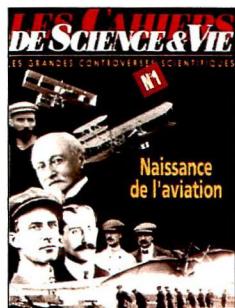
Lorsqu'en 2001, ce satellite prendra son es-

LES INSTRUMENTS D'INTEGRAL

Avec *Integral*, il n'est pas possible de collecter les photons comme le ferait le miroir d'un télescope optique ou la parabole d'une antenne radio et de les concentrer dans différents appareils de mesure. Cela tient au fait que les photons gamma sont si énergétiques qu'ils percevaient de tels dispositifs. Les ingénieurs ont donc dû imaginer de nouveaux détecteurs à scintillation. Les détecteurs à scintillation "classiques" permettent de reconstituer approximativement la trajectoire des photons et d'en déduire la provenance par l'interaction qu'ils provoquent en passant dans une "boîte" remplie de néon. Mais la marge d'erreur reste grande. Ici, la technologie dite des masques codés, mise au point par les Français à bord du satellite russe *Granat*, augmente la précision de ces appareils. Il s'agit d'un masque de plomb impénétrable aux rayons X sur lequel sont ménagés de petits trous disposés de manière aléatoire. Les rayons qui passent à travers ces trous forment une image sur le détecteur. La mesure de ces "ombres chinoises" permet de savoir d'où viennent les photons. Pour connaître la nature de la source, il faut bouger le masque et obtenir une deuxième image. Cet

sor, peut-être à bord d'une fusée russe *Proton*, il nous conviera à un formidable voyage. De ses investigations naîtra une meilleure connaissance de l'évolution actuelle de l'Univers. Par projection, peut-être deviendra-t-il alors possible d'imaginer avec plus de discernement une "portion d'avenir" pour le cosmos.

COLLECTIONNEZ LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE ET VIVEZ L'HISTOIRE DE LA SCIENCE COMME ON NE VOUS L'A JAMAIS RACONTÉE



N° 1 NAISSANCE DE L'AVIATION
Farman ou les Wright, qui a inventé l'avion ?



N° 2 GALILEE
La naissance de la physique moderne.



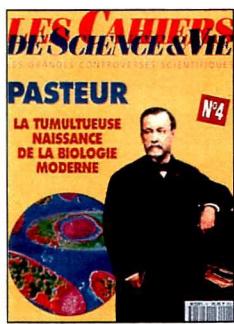
N° 7 LE PROJET MANHATTAN
Construction de la première bombe atomique



N° 8 LA RADIO-ASTRONOMIE
Une nouvelle fenêtre sur le ciel



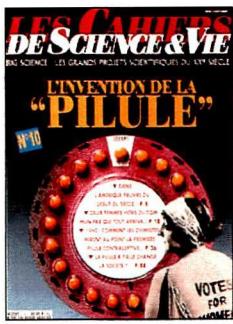
N° 3 LA DERIVE DES CONTINENTS
Wegener, l'homme d'une géniale découverte.



N° 4 PASTEUR
Tumultueuse naissance de la biologie moderne



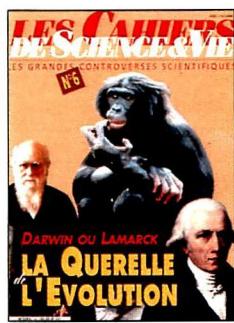
N° 9 LA NAISSANCE DU CONCORDE
Un exemple de coopération internationale



N° 10 LA PILULE CONTRACEPTIVE
De la "Big Science" chimique et médicale



N° 5 FRESNEL
Quelle est la vraie nature de la lumière ?



N° 6 DARWIN ou LAMARCK
La querelle de l'évolution



N° 11 DE SPUTNIK à GAGARINE
L'espace comme champ de bataille de la guerre froide



N° 12 LA PHYSIQUE GEANTE
Du gigantesque pour observer l'infiniment petit

BON DE COMMANDE
à compléter et à renvoyer avec votre règlement libellé à l'ordre des CAHIERS DE SCIENCE & VIE-Bred, sous enveloppe affranchie à :
CAHIERS DE SCIENCE & VIE Service VPC - 1, rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris cedex 15

NOM Prénom _____
ADRESSE _____
CODE POSTAL _____ VILLE _____

OUI, je commande les numéros suivants des CAHIERS DE SCIENCE & VIE au tarif unitaire de 30 F (étranger : 40 FF) :
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Je commande reliure(s) des CAHIERS DE SCIENCE & VIE au tarif unitaire de 65 F (étranger : 75 FF)

Le montant total de ma commande est de F

Offres valables jusqu'à fin 1993 et conformes aux recommandations de la CNIL.

RCS Paris B 572 134 773 S&V 912

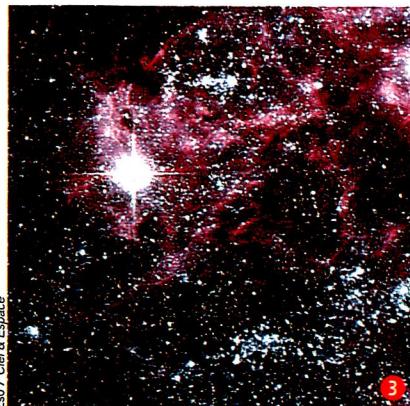
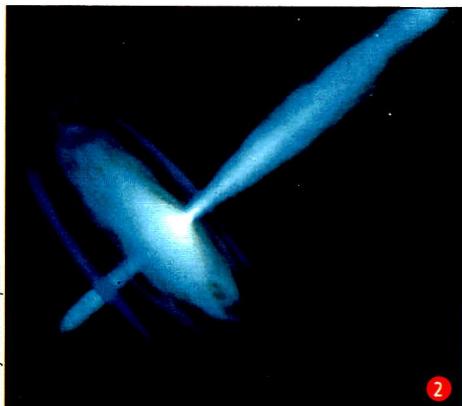


Graviton es-tu là ?

The background of the entire page is a red-toned artistic illustration depicting the curvature of space-time. It features several white, glowing, wavy lines that represent gravitational waves and the paths of light bending around massive objects like black holes or galaxies. A bright, circular light source at the bottom left creates a strong lens effect, warping the space around it.

La gravitation mène le monde. Pourtant, c'est la plus faible des forces de la nature, et les scientifiques n'avaient jusqu'ici aucun moyen de détecter les ondes gravitationnelles, infimes déformations qu'elle induit dans l'espace, dit la théorie.

Ils pourront bientôt le faire grâce au gigantesque télescope franco-italien *Virgo*. La chasse au graviton, la particule la plus mystérieuse et la plus fondamentale de l'Univers, est désormais ouverte.



Ils déforment l'espace-temps

Pulsars (dessin 1), trous noirs (simulation 2) et supernovae (photo 3) sont parmi les objets les plus denses du cosmos et ceux qui subissent les plus vertigineuses accélérations. Ce qui en fait des candidats idéaux pour l'émission d'ondes gravitationnelles

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

Parmi les nombreuses pièces manquant à notre description de l'Univers, l'une des plus importantes, des plus mystérieuses aussi, est le rayonnement gravitationnel, prédit voilà trois quarts de siècle par la théorie de la relativité générale. Pour apporter la preuve expérimentale de son existence, plusieurs détecteurs se sont succédés depuis trente-cinq ans – en vain. Il y a quelques mois, la France et l'Italie ont définitivement accepté de construire un véritable observatoire d'ondes gravitationnelles : *Virgo*. Sa mise en service est prévue dans cinq ans et, si tout se passe bien, ce détecteur sera capable de recueillir ces infimes déformations de l'espace en provenance des phénomènes astronomiques les plus violents de l'Univers.

Pourquoi regarder si loin, alors que la gravitation s'exerce partout ? C'est qu'autour de nous, dans notre système solaire, le monde est, astronomiquement parlant, très calme (les astronomes disent très "plat"). Einstein a beau nous avoir dépeint un espace déformable, courbe et "relatif", rien n'y fait : nous, simples Terriens, nous obstinons toujours à percevoir ce bon vieil espace immobile d'Euclide et de Newton, où la ligne droite reste le plus court chemin d'un point à un autre. Et nous avons raison ! La Relativité générale, avec ses espaces courbes et mouvants, n'est pas pour nous, elle ne règne que sur des régions très lointaines, très agitées et très denses du cosmos. Chez nous, dans notre petit coin d'Univers, l'espace demeure tranquillement plat... ou presque.

De temps à autre, pourtant, notre espace-temps sort de son immobilité. Il est parcouru d'étranges ondulations qui le dilatent et le rétractent imper-

ceptiblement. Ces vaguelettes sont des ondes gravitationnelles, et nous viennent tout droit des supernovae, trous noirs, et autres convulsions violentes de l'Univers. Sur le passage de ces ondes pas comme les autres, l'espace-temps se plisse très légèrement, comme l'eau calme sous la brise...

Un pouvoir extraordinaire, mais aussi incroyablement faible : les plus puissantes des ondes gravitationnelles font osciller la distance Terre-Soleil... d'à peine la longueur du diamètre d'un atome, soit un dix-millionième de millimètre sur 150 millions de kilomètres ! Dans ces conditions, on peut excuser Einstein, le "papa" des ondes gravitationnelles, de n'avoir pas cru à leur détection. Même lui ne pouvait imaginer la fulgurante accélération des techniques...

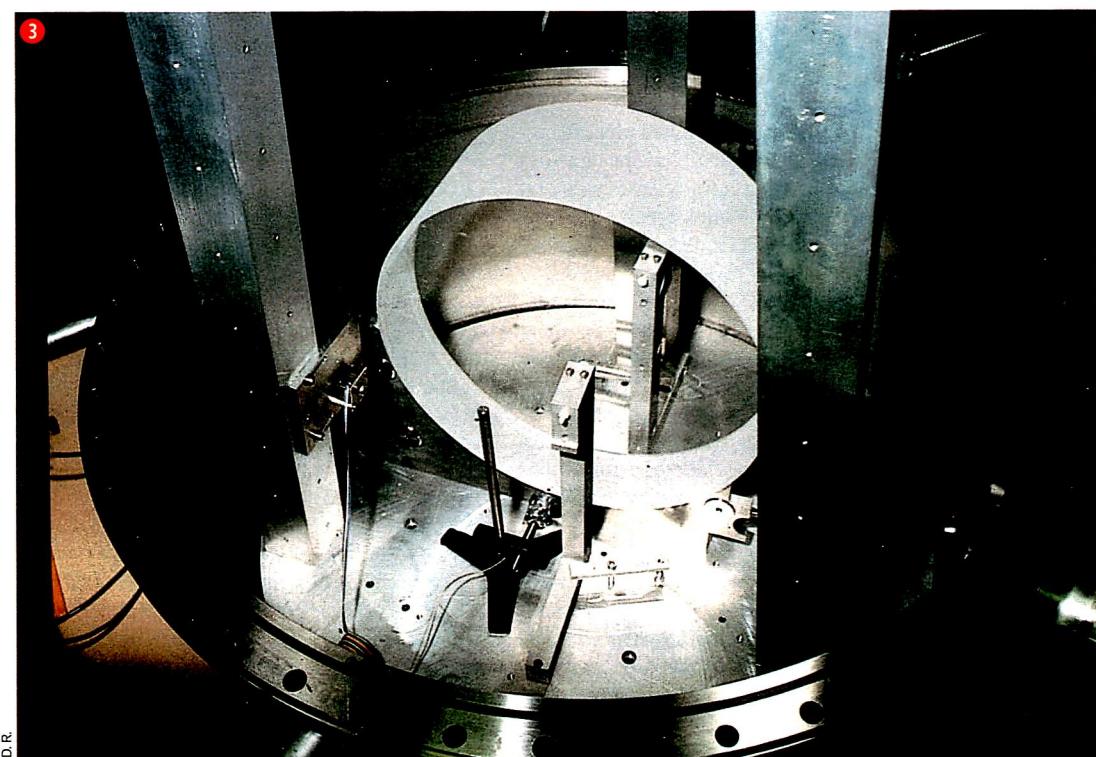
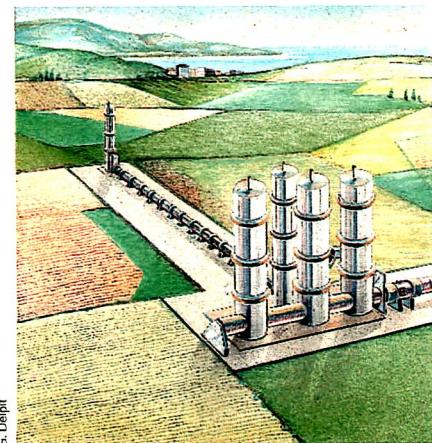
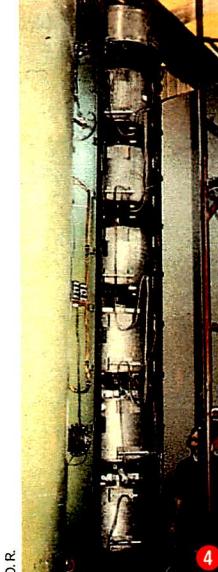
Nées en 1915 des équations d'Einstein, les ondes gravitationnelles constituent une des prédictions essentielles de la Relativité générale (qui a reçu, depuis, d'autres preuves expérimentales – voir *S & V* n° 894, p. 40). L'idée centrale de la théorie d'Einstein est simple et incroyablement audacieuse : la gravitation n'est pas vraiment une force, au sens où on l'entend généralement (attraction entre deux corps) ; c'est une courbure de l'espace-temps engendrée par la matière elle-même.

Imaginez une orange posée sur un édredon et qui en creuse la surface ; si on fait rouler des grains de raisin à proximité de l'orange, ils seront attirés vers le creux... De même, la déformation de l'espace-temps créée par la matière agit réciproquement sur celle-ci. La trajectoire d'une étoile, l'orbite d'une planète ne sont alors rien d'autre que les chemins les plus courts possibles (appelés "géodésiques") dans un espace courbe. C'est une immense révolution conceptuelle : l'espace et le temps abandonnent leur place privilégiée de décor absolu et immuable, ils descendent dans l'arène et se mêlent aux jeux de la matière.

suite de la page 49

De cette vision radicalement nouvelle sont issues les ondes de gravitation. Pour Newton, les masses s'attiraient instantanément, quelle que soit la distance qui les séparait. Chose rigoureusement impossible en Relativité puisque rien ne peut dépasser la vitesse de la lumière ! La force de gravitation ne peut donc s'exercer plus vite que cette limite ; autrement dit, les déformations de l'espace-temps se propagent à une certaine vitesse à partir des masses de matière qui les créent, comme les ripples à la surface d'un étang quand on y jette un caillou. Ces vagues spatio-temporelles sont justement des ondes gravitationnelles.

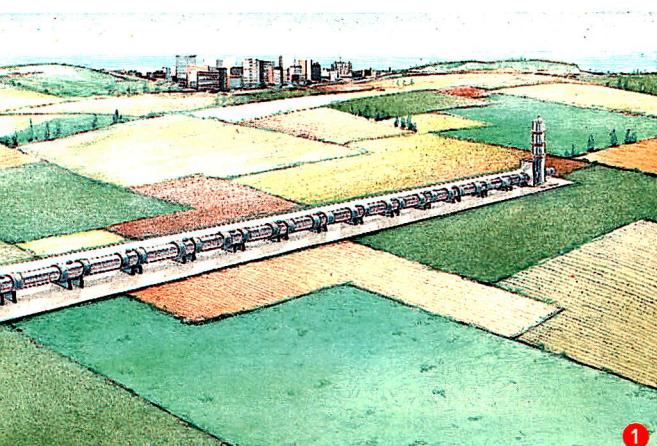
Comment se les représenter ? Contrairement aux vagues de l'étang, elles sont bien sûr immatérielles... tout comme les ondes électromagnétiques,



pourtant si familières (lumière visible, ondes radio, rayonnements infrarouge, ultraviolet, etc.). Les points communs ne manquent d'ailleurs pas : ondes électromagnétiques et gravitationnelles se déplacent à la vitesse de la lumière ; elles sont polarisables. Elles sont même engendrées de manière assez semblable : si une charge électrique accélérée émet du rayonnement électromagnétique, les ondes gravitationnelles sont émises par des masses en mouvement accéléré. Enfin, ces deux types d'ondes peuvent être considérés comme... des par-

ticules dans le cadre de la théorie quantique. De même que l'onde électromagnétique n'est autre que le photon, "grain" de lumière et porteur de la force électromagnétique, de même, ce que la Relativité générale nomme onde gravitationnelle s'appelle "graviton" en physique quantique.

Quoi qu'il en soit, après les analogies, il y a une différence essentielle entre ondes gravitationnelles et électromagnétiques. Les premières sont généralement beaucoup, beaucoup moins puissantes que les secondes : 10^{36} fois moins pour être exact (un



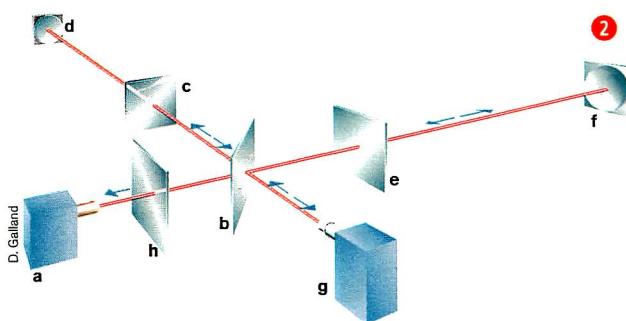
milliard de milliards de milliards de milliards)! Ce nombre astronomique n'exprime rien d'autre que le rapport des intensités de la force électromagnétique et de la gravitation, deux forces fondamentales de l'Univers.

La gravitation est en effet, et de très loin, la plus faible des interactions fondamentales : au point qu'elle ne joue aucun rôle à l'échelle des particules. Mais elle se rattrape à grande échelle : ayant une portée infinie, étant toujours attractive et touchant toutes les particules, elle bénéficie d'un effet cumulatif. Les corps s'attirent, les masses augmentent petit à petit, accroissant sans limite théorique les forces gravitationnelles... Ainsi se constituent les astres et les galaxies, des grains de poussière jusqu'aux trous noirs.

La faiblesse des ondes gravitationnelles s'explique donc par la faiblesse même de la force de gravitation. Rien d'étonnant si, à petite échelle (par exemple, lorsque nous bougeons), l'émission de rayonnement gravitationnel est parfaitement négligeable. La Terre elle-même, en tournant autour du Soleil, émet un rayonnement gravitationnel de... 100 watts ! La puissance d'une vulgaire ampoule électrique...

Tout compte fait, les seuls émetteurs dont la puissance ne soit pas ridicule sont des corps ultra-massifs et dotés d'une grande accélération, les étoiles... Mais pas n'importe lesquelles. Encore faut-il que la fréquence du rayonnement soit, elle aussi, détectable, c'est-à-dire comprise entre 10 et 10 000 Hz. En dessous du seuil de 10 hertz, le signal se perd dans le bruit de fond sismique de la Terre. Haute fréquence signifie très grandes vitesses de rotation : 10 hertz correspondent déjà à 10 tours par seconde... Pour atteindre de telles rythmes, les sources potentielles seront nécessairement des objets célestes très denses. Dernière condition : le mouvement ne doit pas avoir une symétrie sphérique. Un astre tournant sur lui-même parfaitement régulièrement n'émet pas le moindre rayonnement gravitationnel – c'est ce que montre la Relativité générale. L'éventail des candidats émetteurs se rétrécit encore... Des astrophysiciens s'emploient, depuis plusieurs années, à inventorier ces sources potentielles restantes.

En tête, on trouve les paires d'étoiles à neutrons. Ces étoiles petites mais très denses tournent l'une autour de l'autre à des vitesses folles, et perdent une faible partie de leur énergie en émettant des ondes gravitationnelles, tout en se rapprochant lentement jusqu'à la fusion finale. C'est d'ailleurs un couple assez semblable, le pulsar binaire 1913+16, découvert en 1974, qui a apporté la preuve de l'existence de ce rayonnement. Un pulsar, rappel-



Virgo, un piège à ondes gravitationnelles

D'ici quatre ou cinq ans, la construction, dans les environs de Pise, de l'interféromètre franco-italien *Virgo* sera achevée. Une onde gravitationnelle arrivant verticalement sur ce détecteur, comme elle déforme l'espace perpendiculairement à sa direction de propagation, créera dans le plan horizontal des deux bras à angle droit de *Virgo* ① deux effets opposés : l'un sera allongé et l'autre raccourci, puis ce sera l'inverse, et ainsi de suite à une fréquence correspondant à celle de l'onde. Cette déformation alternative sera infime : environ 10^{-15} cm, soit le millième du diamètre d'un atome. Pour la détecter ②, *Virgo* aura recours à un laser ultra-stable (a) dont le faisceau sera partagé en deux rayons égaux (b) qui parcourront chacun un des deux bras. Chaque rayon fera des centaines d'aller et retour entre les deux miroirs d'une cavité résonante (c et d, e et f pour l'autre bras). Puis les deux rayons se recombineront, formant alors des franges d'interférence détectées en g (à la sortie, pour gagner de la puissance, la lumière laser est recyclée grâce à un autre miroir, h). Tout déplacement de ces franges sera la preuve qu'une onde gravitationnelle est passée par là, car elle aura modifié la longueur des bras de *Virgo* et donc les distances parcourues par les rayons du laser. Cette expérience exige une sensibilité hors pair : pour renvoyer toute la lumière, les miroirs doivent être sans défaut, ne pas subir de déformation et rester parfaitement propres. Afin d'atténuer l'effet des vibrations sismiques, chaque miroir ③ est suspendu à une chaîne de sept pendules à ressort ④ isolés horizontalement et verticalement. L'ensemble réduira le "bruit" sismique d'un facteur supérieur à 10 milliards !

suite de la page 51

lons-le, est une étoile à neutrons qui tourne sur elle-même en émettant un rayonnement très régulier, comme un phare de l'espace. En étudiant le signal du pulsar 1913+16, on s'est aperçu qu'il tournait autour d'une autre étoile très dense à une vitesse de 300 km/s, mais que cette vitesse orbitale diminuait légèrement au fil du temps. Or, cet infime ralentissement correspondait exactement à l'émission d'ondes gravitationnelles : c'est ce qu'a montré le physicien Thibault Damour, de l'Institut des hautes études scientifiques, par des calculs de relativité générale. La preuve était irréfutable, mais indirecte : on n'avait toujours pas "vu" ces ondes, seulement décelé leur présence, "en creux", dans le rayonnement du pulsar.

Aujourd'hui, c'est leur détection directe qui est en vue : «Pour capter ces ondes, le moment le plus propice se situe dans les cinq dernières minutes de vie du couple d'étoiles, juste avant qu'elles fusionnent : la fréquence de rotation de deux étoiles l'une autour de l'autre passe alors de 10 à 100 tours par seconde (de 10 à 100 Hz) ! C'est alors que le rayonnement gravitationnel devient, en principe, détectable», explique Thibault Damour. Notre galaxie héberge de tels couples d'étoiles à neutrons, mais en faible nombre. En revanche, si l'on étend le champ de recherche aux galaxies voisines, dans un rayon de 600 années-lumière, les calculs prévoient en moyenne une émission d'ondes par mois...

Seconde source de rayonnement gravitationnel accessible : les explosions d'étoiles, ou supernovæ. Ayant brûlé tout leur combustible, ces étoiles massives s'effondrent brutalement sous leur propre poids. Tandis que l'intérieur implose, les couches superficielles sont violemment projetées dans l'espace, accompagnées d'un intense éclair lumineux et de la création d'ondes gravitationnelles. Là encore, pour avoir de meilleures probabilités de détection, il faut viser loin : l'amas de galaxies de la Vierge a semblé tout indiqué, d'où le nom de *Virgo* donné à l'expérience européenne. Les astronomes voient dans ce millier de galaxies situées à environ 30 millions d'années-lumière un terreau fertile en supernovæ, et misent sur plusieurs émission d'ondes gravitationnelles par mois. En craignant, toutefois, que ce signal soit faible : l'asymétrie du mouvement des supernovæ est un facteur encore mal connu.

D'autres phénomènes encore peuvent engendrer ces vaguelettes de l'espace-temps : une étoile à neutrons isolée (si elle présente des asymétries) ou un trou noir (même condition), ou encore un couple composé d'une étoile à neutrons et d'un trou noir, ou de deux trous noirs... Sans parler de sources en-

LA PREUVE PAR LES SATELLITES

L'occasion était trop belle : trois sondes interplanétaires, chacune en route vers son propre objectif, ont travaillé ensemble à une expérience commune entre le 21 mars et le 11 avril dernier, avec un enjeu spectaculaire : détecter, pour la première fois, le passage d'ondes gravitationnelles, ces déformations de l'espace produites par des phénomènes cosmiques ultra-violents. Et cela sans bourse délier, ou presque, puisque les trois satellites – *Ulysse* de l'ESA (Agence spatiale européenne), *Mars Observer* et *Galileo* de la NASA – poursuivaient leur route respectivement vers les pôles du Soleil, de Mars et de Jupiter.

L'expérience est également possible avec un seul satellite, mais la coïncidence de trois engins spatiaux la rend plus crédible, et aurait permis, en cas de succès, de déterminer la direction d'origine du rayonnement gravitationnel. En fait, on n'a rien vu du tout. Cela n'a surpris personne, car les chances de succès étaient très minces, à cause, bien sûr, de la faible puissance des signaux..

Mais l'idée d'utiliser des engins spatiaux pour détecter des ondes gravitationnelles

core plus spéculatives, comme ces immenses structures elles aussi hypothétiques appelées cordes cosmiques (*S & V* n° 820, janv. 1986, p. 22).

L'hypothèse existe même d'un fond continu d'ondes gravitationnelles qui baignerait l'Univers entier, analogue au rayonnement électromagnétique fossile à 3 K (*S & V* n° 897, p. 23).

Cette première ride de l'Univers créée dans les tout premiers instants du big bang, est une sorte de Saint Graal pour les cosmologistes. A supposer qu'un tel message du début du temps et de l'espace existe, encore faut-il que la fréquence et l'amplitude du rayonnement se situent dans le domaine détectable par *Virgo* ou par son homologue américain *LIGO* ! A suivre.

Théories et calculs ne manquent pas. L'enjeu est rien moins que la naissance d'une nouvelle astrophysique. Depuis la plus haute Antiquité, en effet, la science astronomique repose sur l'observation de signaux électromagnétiques venus des étoiles : lumière visible, puis infrarouge, ultraviolet, X, gam-



ciles à capter qu'à émettre ! C'est sur l'espace-temps que s'exerce leur influence : leur seul effet est de modifier les rapports des distances autour d'elles. Très peu, en vérité : une onde gravitationnelle émise par une supernova pas trop lointaine produirait une variation relative des distances de 10^{-21} , c'est-à-dire qu'un objet de un mètre verrait sa longueur varier du millionième de la taille du proton !

Pourtant, pas découragé pour si peu, l'Américain John Weber entreprit, dès 1958, de détecter le passage de ces ondes par l'infime variation de longueur qu'elles engendrent en traversant une barre d'aluminium. Après quelques faux espoirs, on s'aperçut que la sensibilité des expériences était insuffisante. Les conditions ont été améliorées depuis : aujourd'hui, afin d'éliminer les vibrations thermiques, les barres de Weber sont refroidies à quelques millièmes de degré au-dessus du zéro absolu.

Mais, à l'horizon, se profile un obstacle inédit, non plus technique mais fondamental : le principe d'incertitude de Heisenberg. Cette loi de physique quantique impose une limite naturelle à la précision des mesures à l'échelle des atomes et des particules, et cette limite devrait bientôt être atteinte par la sensibilité des détecteurs de Weber. Autrement dit, ces barres d'aluminium – pesant tout de même plusieurs tonnes ! – se comporteront comme des particules quantiques, tant sont extrêmes les conditions qu'on leur impose ! Difficile d'aller plus loin dans cette voie. Quelques expériences de barres de Weber se poursuivent néanmoins, en Italie, en Australie et aux Etats-Unis.

Dès 1975, les physiciens se sont tournés vers une méthode de détection plus prometteuse : l'interférométrie. Un interféromètre est constitué d'un faisceau laser, scindé en deux rayons égaux partant dans des directions perpendiculaires. Au bout d'exactement la même distance, les deux rayons frappent deux miroirs, reviennent en sens inverse et se recombinent pour former des interférences lumineuses. Si une onde gravitationnelle vient à passer par là, elle augmente la distance dans une direction et la diminue dans la direction perpendiculaire : les lasers seront donc décalés entre eux, ce qui modifiera leurs franges d'interférence (voir dessin p. 51).

Le principe, on le voit, est assez simple. Mais la réalisation est un véritable casse-tête, à cause de l'extravagante précision exigée. Après plusieurs prototypes élaborés aux Etats-Unis et en Allemagne, un projet se détache en Europe à la fin des années 80 : l'expérience *Virgo*. Cette collaboration entre le CNRS et l'Istituto nazionale di fisica nucleare (INFN) italien est dirigée conjointement par le physicien Alberto Giazotto, à Pise, et par Alain

est prise très au sérieux. Avec plusieurs satellites porteurs de miroirs, on peut constituer un immense interféromètre, dont les branches pourraient atteindre des millions de kilomètres (ce qui accroîtra la sensibilité de l'expérience : la déformation spatiale engendrée par le passage d'une onde gravitationnelle étant proportionnelle à la distance mesurée) ! Surtout, ce détect-

teur serait capable de capter des rayonnements de basse fréquence, inaccessibles sur Terre à cause du bruit de fond sismique, donnant ainsi accès à d'autres sources gravitationnelles que les expériences terrestres.

Le projet est aujourd'hui devenu mondial : sous le nom de Sagittarius, il réunit l'ESA et la NASA, et pourrait voir le jour vers 2010.

ma : tout le spectre a progressivement été mis à contribution.

Les ondes gravitationnelles sont d'une toute autre nature. Avec elles s'ouvrira l'ère de l'astronomie de l'extrême, car elles donneront accès aux événements du cosmos qui impriment les plus fortes déformations à la trame de l'espace-temps, et sont pour la plupart invisibles aujourd'hui. Et puis, contrairement au rayonnement électromagnétique, qui émane d'une multitude d'atomes microscopiques à la surface des étoiles, le signal gravitationnel, émis par d'énormes masses en mouvement, est par nature global et cohérent. Fidèle aussi : les ondes gravitationnelles sont absolument insensibles à la matière ; elles traversent tout, rien ne les arrête ni ne les altère, à l'inverse des ondes électromagnétiques (absorbées, réémises, diffusées, diffractées par la matière...), si bien que leur témoignage conserve une totale authenticité.

Hélas, de par leur faiblesse "congénitale", les ondes gravitationnelles sont presque aussi diffi-

suite de la page 53

Brillet, du Laboratoire de l'accélérateur linéaire (LAL) d'Orsay.

Une dizaine de laboratoires des deux pays participent au projet, dont le coût total est estimé à 500 millions de francs. Côté français, le feu vert officiel a été donné il y a un an par Hubert Curien, ministre de la Recherche de l'époque. Côté italien, les avatars politiques ont retardé la décision, mais il semble y avoir bon espoir... Dans le meilleur des cas, la construction débuterait à la fin de cette année, et durerait environ quatre ans. Le site a été choisi de longue date : Cascina, près de Pise, lieu symbolique pour une expérience sur la gravitation !

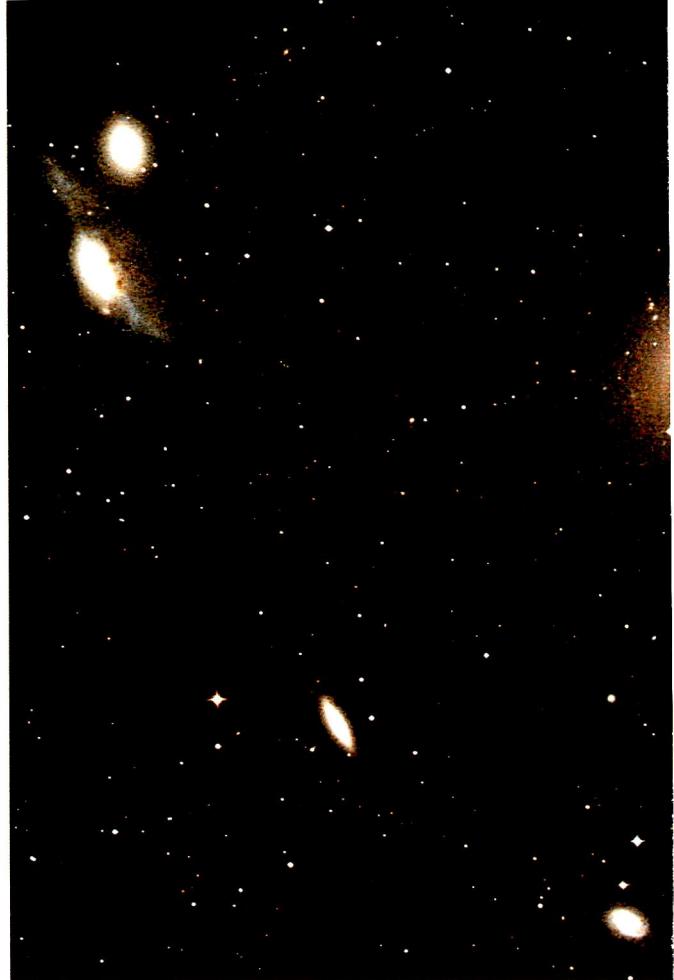
Premier problème à résoudre : la taille

de l'instrument. Pour qu'une antenne ait une efficacité optimale, sa dimension doit être la moitié de la longueur d'onde du signal à capter : c'est vrai pour une antenne radio comme pour une antenne gravitationnelle. Les ondes recherchées ayant une fréquence de un kilohertz en moyenne, soit une longueur d'onde de 300 kilomètres, l'interféromètre devrait avoir des bras de 150 kilomètres de long ! Impensable, bien entendu. On s'en tire par une astuce : les faisceaux parcourront bien cette distance, mais "repliés", en se réfléchissant plusieurs dizaines de fois entre des miroirs à l'intérieur de grands tubes à vide. Des bras de 3 kilomètres "seulement" seront donc nécessaires – cette longueur étant définie à un angström près (10^{-10} m).

Chaque laboratoire a en charge une partie de l'instrument, et pour atteindre la sensibilité exigée chacun devra établir des records. Par exemple, afin de capter l'infime modification des franges d'interférence signant le passage d'une onde gravitationnelle, la fréquence du laser doit être stabilisée à 10^{-20} près ! L'équipe d'Alain Brillet, qui se consacre au développement du laser, a mis au point une technique de stabilisation en fréquence par cavité résonnante, qui donne actuellement une précision de 10^{-19} . On parvient aussi à multiplier la puissance du laser, beaucoup trop faible à l'origine, grâce à un procédé de "recyclage" de la lumière. A la fin de son parcours, celle-ci n'est pas perdue mais réinjectée dans l'instrument.

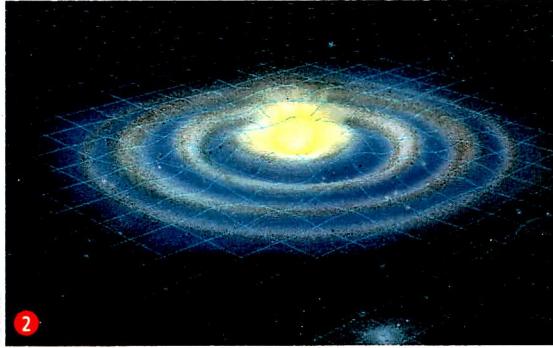
Par ailleurs, la réalisation des miroirs est confiée à l'Institut de physique nucléaire de Lyon. Ceux-ci doivent réfléchir à la perfection, non seulement pour ne pas perdre de puissance lumineuse, mais aussi parce que la lumière absorbée les chauffe, donc les déforme légèrement... Aujourd'hui, la qualité des miroirs est telle qu'après une centaine d'aller et retour, les lasers n'auront perdu qu'un pour cent de leur puissance.

Plus primordiale encore est l'isolation sismique, lourde responsabilité qui incombe à l'équipe d'Al-



berto Giazotto. La région de Pise n'a pas une grande activité tellurique, et pourtant le simple bruit de fond sismique engendrerait des déformations d'ampleur dix milliards de fois supérieures aux variations dues aux ondes gravitationnelles ! Les physiciens italiens ont trouvé la méthode pour réduire d'autant ce bruit de fond : les miroirs seront suspendus à une chaîne de sept pendules à ressorts, chaque ressort isolant à la fois verticalement et horizontalement. Alain Brillet se veut optimisme : «Aujourd'hui, je ne vois pas d'obstacle technologique majeur devant nous, même si bien sûr des améliorations doivent encore être apportées.»

Une sérenité qui n'est pas de mise outre-Atlantique, où l'analogue américain de Virgo, *LIGO* (*Laser Interferometer Gravitation wave Observatory*) est très critiqué dans les milieux scientifiques. Projet commun au MIT et à Caltech (respectivement instituts de technologie du Massachusetts et de Californie), *LIGO* comporte deux interféromètres, pour mieux authentifier les signaux très faibles. Mais, depuis plus d'un an, le projet est paralysé à la fois par des dissensions internes et des attaques extérieures, et les rivalités de personnes se

1. Coréa
2.

L'amas de la Vierge en ligne de mire

Les astronomes comptent sur les milliers de galaxies de l'amas de la Vierge ① pour fournir de nombreuses explosions d'étoiles en supernovæ. On sait que ces explosions, avec les étoiles à neutrons et les trous noirs, comptent parmi les phénomènes les plus violents de l'Univers et sont capables d'émettre de puissantes bouffées d'ondes gravitationnelles. Ces fortes distorsions de l'espace se propagent comme des vagues à travers le cosmos ② et à la vitesse de la lumière. L'amas de la Vierge étant parmi les plus proches de notre galaxie, les ondes gravitationnelles qui en seraient issues seraient plus faciles à détecter. D'où le nom de *Virgo* donné à l'interféromètre franco-italien avec lequel les scientifiques espèrent les capturer un jour.

D. Malin / ROE / AAO / Ciel & Espace

mèlent aux polémiques scientifiques. Certains physiciens et astronomes mettent en doute les chances de *LIGO* de détecter des ondes gravitationnelles, et trouvent que ces 250 millions de dollars (1,3 milliard de francs) seraient mieux utilisés ailleurs...

«Les situations sont différentes en Europe et aux Etats-Unis, s'empresse de dire Alain Brillet. Chez nous, *Virgo* a le soutien des astrophysiciens, de la physique fondamentale et de la physique des hautes énergies, chacun pensant en bénéficiaire. Alors qu'aux Etats-Unis, les astronomes sont assez largement opposés au projet *LIGO* et préféreraient voir construire de nouveaux télescopes.» Il est vrai qu'avec le *VLT* (*Very Large Telescope*), l'Europe a pris quelque avance sur ce terrain...

Partout, les grands instruments scientifiques sont aussi des victimes de la crise : deux autres projets d'interféromètres, en Grande-Bretagne et en Allemagne, sont stoppés pour plusieurs années faute de financement. Les physiciens de ces deux pays se rabattent sur *Virgo*, qui devient du coup une expérience vraiment européenne !

Bien sûr, chacun aimerait que son détecteur soit le premier à «voir» des ondes gravitationnelles,

mais cette course n'est pas la vraie justification de l'énorme effort scientifique (et financier...) que constituent ces interféromètres. Le véritable enjeu est plus élevé, si l'on peut dire : c'est d'astrophysique qu'il s'agit !

Car les ondes gravitationnelles sont incontestablement de formidables et inédits instruments d'exploration du cosmos. Avec un seul interféromètre, à partir de l'amplitude des ondes détectées et de leur variation dans le temps, on pourra, notamment, déduire le type de la source, sa masse, son asymétrie, voire sa distance. Mais pas sa direction dans l'espace. Pour cela il faut avoir... trois interféromètres de même type que *Virgo*. Un argument de plus en faveur d'une collaboration étroite entre les détecteurs européens et américains.

Validité de la théorie de la Relativité, découverte du support de la force de gravitation, plongée au plus près de l'origine de l'Univers, confirmation de l'existence des trous noirs, cartographie du ciel plus exacte ou encore témoignage inédit sur les événements les plus catastrophiques du cosmos : les scientifiques sont impatients d'entrer en communication avec l'espace.

L'holographie

PAR DANIEL TARNOWSKI

On ne les voit jamais. Pourtant, ils sont partout. Tout ce que nous avons sous les yeux ; tout ce qui nous entoure, de près ou de loin ; tout ce qui existe dans le monde, y compris nous-mêmes ; tout est formé d'atomes. Le spectacle qu'ils nous offrent est l'un des plus fascinants qui soit. C'est aussi l'un des plus inaccessibles. Car les atomes sont d'une petiteur qui défie l'imagination. Ils sont minuscules : de l'ordre d'un angström (10^{-10} m), soit dix millions de fois plus petits qu'un point sur la lettre i.

Pour voir les atomes, les physiciens ont dû faire appel à des techniques qui sortent de l'ordinaire. C'est ainsi qu'ils ont inventé le microscope électronique et, plus récemment, le microscope dit à effet tunnel. Exploitant le comportement quantique de la matière à très petite échelle, ces instruments ont réussi à nous montrer l'invisible : le spectacle des atomes à la surface des matériaux.

Il restait pourtant encore un pas à franchir : trouver un moyen de "voir" directement la structure atomique d'une surface. C'est-à-dire l'arrangement des atomes non seulement en long et en large, mais aussi en profondeur. Bref, dans les trois dimensions de l'espace. Pour les scientifiques, il s'agit là d'une information capitale, dans la mesure où cette structure dicte les propriétés électroniques, chimiques et physiques d'une surface.

Or, pour l'obtenir, on ne dispose encore aujourd'hui que de méthodes indirectes. La structure atomique d'une surface – et plus généralement celle d'un matériau – doit en effet être "devinée" par approximations successives, sur la base de multiples indices, et au terme d'une procédure qui est d'autant plus longue que la structure est compliquée.

En 1986, Abraham Szöke propose une nouvelle méthode. D'origine hongroise, ce physicien au Lawrence Livermore National Laboratory, en Californie, affirme qu'il est possible d'obtenir une image directe et à trois dimensions de la structure atomique des surfaces. Comment ? En combinant deux techniques : l'holographie et la photo-

**Voir les atomes
en trois dimensions,
c'est d'abord un
spectacle
exceptionnel. C'est
surtout l'accès direct
à une information
capitale : la structure
atomique des
surfaces. Lancée à la
fin des années 1980,
l'holographie
des atomes vient enfin
de donner ses
premiers résultats
convaincants.
A quand les photos ?**

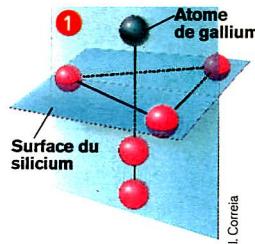
toémission, c'est-à-dire l'émission d'électrons provoquée, à la surface même des matériaux, par l'impact des rayons X.

L'idée est reprise par John Barton, du centre de recherche IBM de Yorktown Heights, sur la côte Est des Etats-Unis. En 1988, Barton montre comment "mettre en musique" ces deux techniques et développe une méthode de reconstruction numérique des images. Est alors lancée ce qu'en termes savants on appelle "holographie par photoémission d'électrons" mais que nous appellerons, plus simplement, holographie des atomes.

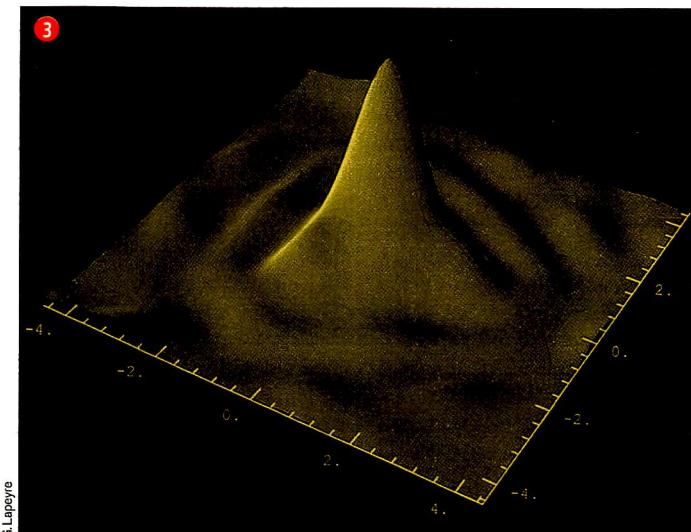
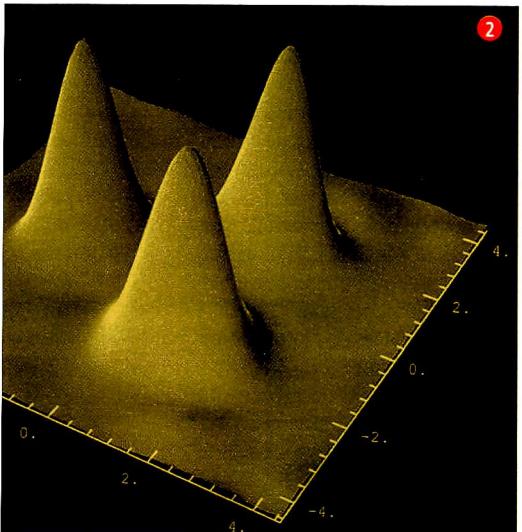
Hélas ! Les premières séries d'expérimentations donnent des résultats bien décevants. Les images sont floues, imprécises, entachées d'artefacts, voire d'erreurs. Peu à peu, le doute s'installe dans l'esprit des physiciens, qui finissent



des atomes



I. Correia



G. Lapeyre

En surface et en profondeur

Le dessin ① montre les atomes de la maille élémentaire d'une surface de silicium sur laquelle sont "collés" des atomes de gallium. Mais ce n'est qu'un dessin... L'holographie en donne une représentation complète en trois dimensions. Chaque "pic" des images ci-dessus (échelle en angströms) indique l'intensité avec laquelle un atome apparaît dans le plan de coupe correspondant. L'image ② concerne les trois atomes de surface de la structure observée ; la ③, l'atome au "second sous-sol" de cette surface. La reconstitution d'une "vraie" image en 3D est en cours ; elle montrera les atomes eux-mêmes. Il faut dire que ces résultats, obtenus par G. Lapeyre et ses collaborateurs, sont tout récents, ils n'ont même pas encore été publiés sous forme de communication scientifique.

par jeter la méthode aux oubliettes.

Au mieux, le scepticisme est de rigueur. «J'ai tout de suite pensé que c'était une idée très intéressante. Et j'aimerais qu'elle puisse être appliquée avec succès. Mais les difficultés rencontrées dans sa mise en œuvre me laissent plutôt sceptique sur ses chances de réussite», affirme John Pendry, du Blackett Laboratory, à Londres, l'un des plus éminents spécialistes de la physique de l'état solide.

Changement de situation le 12 juillet dernier, avec la publication des résultats obtenus par Gerald Lapeyre et ses collaborateurs (1). En dépit d'un nom qui sonne bien français (et qu'il tient de ses grands-parents effectivement nés en France, près de Gap), Lapeyre est américain et physicien à la Montana State University. C'est aussi un chercheur expérimenté : il travaille depuis trente ans sur la photoémission d'électrons. Ce n'est donc une surprise pour personne s'il est aujourd'hui le premier à montrer de façon convaincante comment mettre cette technique au service de l'holographie des atomes.

Les résultats qu'il vient de publier ne sont que les premiers d'une série d'expériences qu'il mène depuis plusieurs mois. Avec une petite équipe de chercheurs et en collaboration avec Shuk Tong, de l'université du Wisconsin, à Milwaukee. Ces ré-

sultats concernent un "cas d'école" (bien connu des spécialistes) : la structure d'une surface de silicium sur laquelle sont adsorbés (c'est-à-dire "collés") des atomes de gallium.

D'un point de vue scientifique, les images obtenues sont exceptionnelles. Elles montrent directement, avec précision et sans ambiguïté, où se trouvent les atomes les uns par rapport aux autres. Le profane risque, cependant, de ne pas y retrouver son compte, dans la mesure où toute l'information à trois dimensions n'est encore présentée – faute de temps pour la traiter autrement – que sous la forme de coupes à deux dimensions (photos ci-dessus). Comme le dit ►

(1) Communication de H. Wu, G. J. Lapeyre, H. Huang et S.Y. Tong, publiée dans *Physical Review Letters* du 12 juillet 1993, p. 251.

suite de la page 57

jaliment Jürg Osterwalder, de l'université de Fribourg, en Suisse, «les atomes, on les voit à trois dimensions. Mais de façon numérique» !

Tout n'est pas définitivement joué pour autant. Et l'avenir de la méthode n'est pas encore scellé dans le bronze. En effet, l'holographie des atomes doit maintenant faire ses preuves dans le cas de structures où le résultat n'est pas connu d'avance. Lapeyre et ses collaborateurs s'y emploient...

En attendant, leurs résultats montrent à quel point la méthode a évolué en quelques années. Les ingrédients de base sont pourtant restés les mêmes. Ils sont au nombre de trois : l'holographie, les électrons et la photoémission.

L'holographie fait aujourd'hui partie de notre univers quotidien. On retrouve en effet ses images dans des musées, dans des boutiques, sur des cartes bancaires à "puce" ou encore à Euro DisneyLand. Leur caractère tridimensionnel ne nous surprend donc plus vraiment. Pourtant, leur origine reste une véritable source d'étonnement. D'où vient le relief des images holographiques ?

Le secret de ces images à trois dimensions tient en un mot : la phase. Avec la fréquence et l'intensité, la phase est l'une des trois grandeurs physiques qui décrivent une onde. La lumière est une onde. Le son est une onde. Mais lorsqu'on aborde cette notion, le meilleur exemple est celui – simple comme bonjour – des ondes à la surface de l'eau. Il faut en effet des yeux de physicien pour reconnaître la signature d'une onde dans le comportement de la lumière.

A la surface de l'eau, en revanche, tout est clair parce que visuel. En observant un train de rides qui s'y propagent, on peut ainsi voir à l'œil nu ce qu'est une longueur d'onde : la distance entre deux crêtes successives. On peut compter la fréquence : le nombre d'oscillations par seconde. L'intensité traduit, quant à elle, l'amplitude maximale du phénomène : la hauteur des vagues.

Reste la phase, dont on ne peut voir que l'effet : c'est elle qui module – périodiquement – l'intensité. En un point et un instant donnés, la phase indique que l'on est, par exemple, au sommet ou bien au creux de la vague. Ou encore entre les deux. Plus précisément, la phase est un angle, compris entre 0 et 360°. Le point important est que sa valeur dépend de la direction d'où vient l'onde et de la distance qu'elle a parcourue. A sa manière, la phase véhicule ainsi une information de nature géométrique.

Fréquence, intensité, phase : on retrouve ces mêmes grandeurs dans le cas de la lumière. A deux différences près : la lumière est une onde à

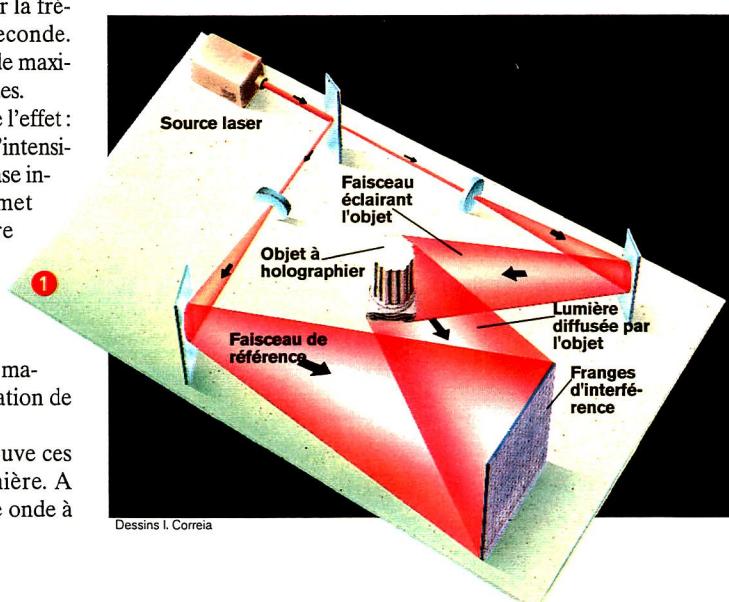
trois dimensions et elle est de nature électromagnétique. Cela signifie que ce qui se propage – cette fois dans l'espace –, c'est le couple formé par un champ électrique et un champ magnétique (voir la rubrique "Comment ça marche" de notre n° 910, p. 130). Plutôt abstrait, me direz-vous. C'est vrai. Mais tout ne peut pas toujours être aussi simple que les ondes à la surface de l'eau. Sinon, la vie serait trop triste !

Prendre une photo d'un objet, cela revient à enregistrer sur un film l'intensité des ondes lumineuses réfléchies (ou éventuellement émises) par cet objet. La phase, ici, n'intervient pas. Elle est purement et simplement ignorée. Et avec elle tout l'aspect géométrique relié à la direction d'origine des ondes et à la distance parcourue par elles. Voilà pourquoi les images photo sont "plates" : elles ne restituent qu'une partie de l'information physique véhiculée par la lumière.

L'holographie, en revanche, est un procédé où l'on enregistre simultanément l'intensité et la phase des ondes lumineuses. On utilise pour cela le phénomène d'interférence, qui décrit en quelque sorte le " mano a mano" de deux ondes de même fréquence confrontées l'une à l'autre.

En un point donné, si les deux ondes sont en phase, leurs intensités s'ajoutent et l'interférence est "constructive". Si les ondes sont en opposition de phase, l'interférence est "destructive" : la lumière "détruit" la lumière. Il en résulte des franges alternativement claires et sombres, qui présentent tout un dégradé d'intensité entre elles. Un dégradé qui dépend de la différence de phase entre les deux ondes.

Ce sont ces figures d'interférences que, dans une première étape de l'holographie, on enre-



gistre dans un plan (tout simplement avec un film photo) : à l'aide d'une onde de référence, on vient mesurer, par l'intermédiaire d'interférences, l'intensité et la phase de l'onde diffusée par un objet (voir dessin page ci-contre).

On obtient alors ce qui est appelé un hologramme. Du grec *holos*, qui veut dire tout, ou complet. L'hologramme contient, en effet, sous la forme codée de figures d'interférence, toute l'information en intensité et en phase de l'onde objet.

Dans une deuxième étape, on "redonne vie" à cette double information, en éclairant cet hologramme uniquement avec l'onde de référence. La lumière est alors diffusée par les figures d'interférence, ce qui a pour effet de reconstituer l'onde objet telle qu'elle se propageait dans l'espace (voir dessin ci-dessous). Cette deuxième étape est dite de "reconstruction". En restituant, à partir des franges d'interférence, toute l'information physique véhiculée par l'onde, elle reconstruit une image avec son relief, à trois dimensions.

L'holographie a cependant ses limites, qui sont celles de la lumière. En chiffre rond, la longueur d'onde moyenne de la lumière visible (celle de la couleur jaune) est en effet de 5 000 angströms. C'est beaucoup trop pour espérer voir les atomes. Aussi impossible à réaliser que peindre des détails de 1 mm avec un pinceau large de 5 m !

C'est là qu'interviennent les électrons, le deuxième ingrédient de l'holographie des atomes. Le principe adopté est le même que celui mis en œuvre dans un microscope électronique. Pour voir des objets d'une taille de quelques angströms, on utilise en effet non pas de la lumière visible mais une onde de nature

différente. C'est l'onde dite "de matière", associée à chaque objet quantique.

La signification de cette onde dépasse très largement le cadre de cet article. Disons simplement que dans le formalisme quantique, elle caractérise la probabilité de présence d'une particule dans l'espace. Le point qui nous intéresse ici est qu'il s'agit véritablement d'une onde, avec une fréquence, une intensité et une phase. Et que sa longueur d'onde dépend de la vitesse des particules. Elle est d'autant plus courte que cette vitesse est grande. En accélérant des particules, on peut donc l'ajuster à la valeur désirée pour la rendre comparable à la taille des objets que l'on cherche à visualiser.

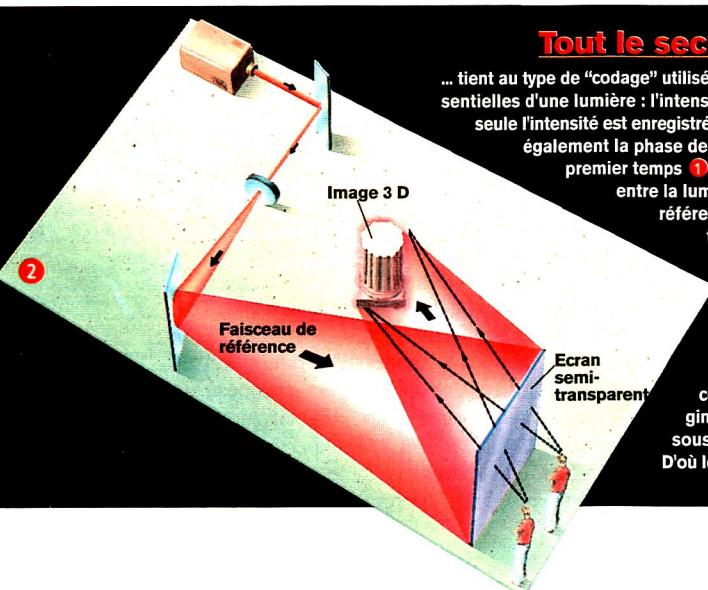
La solution pour voir les atomes en trois dimensions apparaît donc toute tracée : faire de l'holographie avec des faisceaux d'électrons. Malheureusement, ce n'est pas aussi simple que cela. Il reste en effet un dernier obstacle à lever : celui de la cohérence de phase.

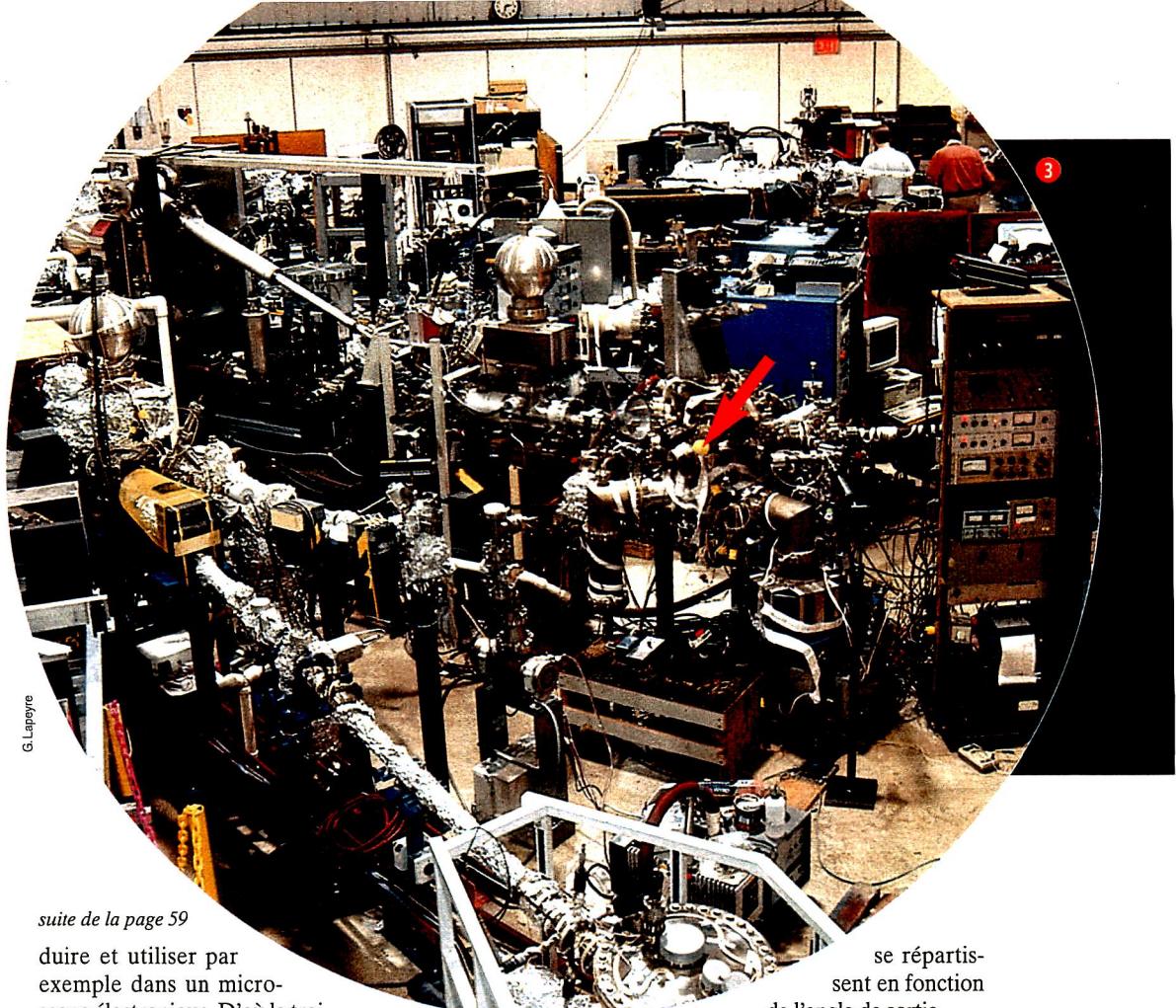
Cette cohérence est indispensable à la bonne marche de l'holographie. Pour enregistrer les phases dans un hologramme et les restituer fidèlement dans l'étape de reconstruction, il faut en effet qu'une condition toute simple – mais très contraignante – soit réalisée : les ondes doivent initialement être parfaitement synchronisées en phase et surtout garder la mémoire de cette synchronisation. C'est cette propriété qu'on appelle cohérence de phase. Et c'est justement parce que les lasers sont des sources de lumière cohérentes qu'on les utilise en holographie.

Les faisceaux d'électrons, eux, ne possèdent pas cette propriété. Du moins pas ceux qu'on sait pro-

Tout le secret de l'holographie ...

... tient au type de "codage" utilisé pour enregistrer les deux informations essentielles d'une lumière : l'intensité et la phase. Dans une photo ordinaire, seule l'intensité est enregistrée sur le film. En holographie, on enregistre également la phase de la lumière diffusée par un objet. Dans un premier temps ①, on provoque pour cela des interférences entre la lumière diffusée par l'objet et un faisceau de référence (de même fréquence). La "confrontation" des deux donne naissance, en effet, à des franges d'interférences, dont la distribution est enregistrée sur un écran semi-transparent. Dans un deuxième temps ②, en éclairant cet écran avec le seul faisceau de référence, on restitue toute l'information physique contenue dans le faisceau provenant à l'origine de l'objet, donc l'image qu'elle véhiculait sous tous les angles d'observation possibles. D'où le relief restitué en trois dimensions.





G. Lapeyre

suite de la page 59

duire et utiliser par exemple dans un microscope électronique. D'où le troisième ingrédient nécessaire pour procéder à l'holographie des atomes : la photoémission.

L'idée est la suivante : on bombarde la surface d'un matériau avec un faisceau de rayons X. Sous l'impact, des électrons sont éjectés hors des atomes. Ce phénomène, appelé effet photoélectrique, est connu de longue date (Albert Einstein fut le premier à en donner l'explication). En 1986, Abraham Szöke a montré qu'il apportait une solution élégante au manque de cohérence des faisceaux d'électrons.

L'intérêt de la photoémission est de fournir localement, à la surface même des matériaux, une source d'électrons qui sont directement "prêts à l'emploi". L'onde de matière associée à ces photoélectrons – c'est ainsi qu'on les surnomme – est en effet diffusée par les atomes les plus proches. Ce qui provoque le phénomène d'interférence requis pour l'holographie (voir dessin page ci-contre). Pour obtenir l'hologramme correspondant, on détecte les photoélectrons à quelques centimètres de la surface et on mesure comment ils

se répartissent en fonction de l'angle de sortie.

Le seul inconvénient – à l'origine

de sérieux déboires dans les premières applications – se manifeste dans l'étape suivante : lors de la reconstruction des images. Cette reconstruction n'est pas aussi simple à réaliser qu'avec la lumière visible. Cela tient à la nature des électrons, qui sont des particules chargées. De ce fait, ils interagissent davantage avec les atomes que ne le fait la lumière.

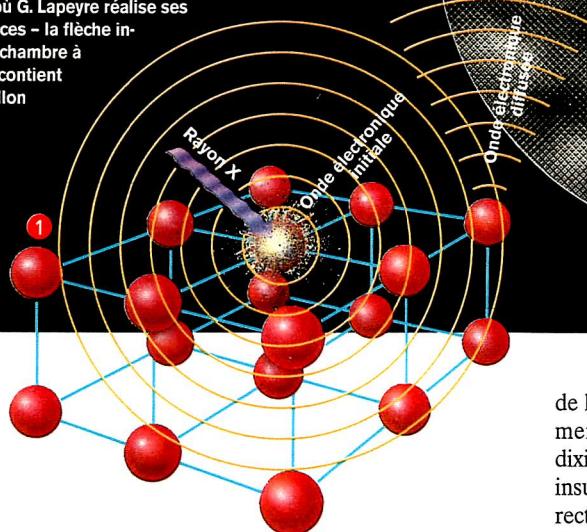
C'est ainsi que les électrons subissent par exemple des diffusions multiples sur les atomes, contrairement à la lumière qui n'est diffusée qu'une seule fois. De plus, ces diffusions ont tendance à être très concentrées vers l'avant, alors que la diffusion de la lumière est isotrope (elle n'a pas de direction privilégiée).

Conséquence : pour reconstruire les images des atomes sur lesquels des électrons ont diffusé, il faut passer par des méthodes numériques. Autrement dit par le calcul. John Barton a proposé en 1988 le premier formalisme mathématique pour y parvenir. Mais, par la suite, celui-ci s'est révélé incomplet. Il a montré des faiblesses que Barton lui-même a été l'un des premiers à corriger.

La lumière à l'échelle atomique

Pour voir les atomes d'une surface de matière, on utilise l'onde associée à des électrons. Ceux-ci sont éjectés hors des atomes d'une surface, sous l'impact d'un faisceau de rayons X ①. L'onde qui leur est associée est alors diffusée par les atomes voisins (de même que la lumière ordinaire est diffusée sur un objet visible à l'œil nu). Le "mélange" de l'onde électronique initiale et de celles diffusées par les atomes voisins donne naissance au phénomène d'interférence qui, une fois enregistré, constitue l'hologramme ②. L'appareillage nécessaire est d'une grande complexité, comme le montre la photo ③, prise aux Etats-Unis, au Wisconsin Synchrotron Radiation

Center, où G. Lapeyre réalise ses expériences – la flèche indique la chambre à vide qui contient l'échantillon observé.



D'autres méthodes numériques de reconstruction ont fleuri : on en compte une bonne demi-douzaine aujourd'hui. Le problème est que les spécialistes ne s'accordent pas entre eux sur les mérites respectifs de ces différents formalismes. Plusieurs ont d'ailleurs déposé des brevets, ce qui n'aide en rien à y voir clair.

Une chose est sûre : la méthode de reconstruction utilisée par Lapeyre a donné d'excellents résultats. Elle a été élaborée par Shuk Tong, un physicien né à Hong-Kong, aujourd'hui de nationalité américaine et directeur du laboratoire pour l'étude des surfaces de l'université du Wisconsin.

De son côté, Barton pense qu'il n'y a «pas de différences significatives» entre le formalisme de Tong et la dernière version du sien. Pour lui, c'est clair : la balle n'est plus aujourd'hui dans le camp des théoriciens mais dans celui des expérimentateurs. «C'est à eux qu'il appartient maintenant d'affiner leurs méthodes pour obtenir les meilleures reconstructions d'images.»

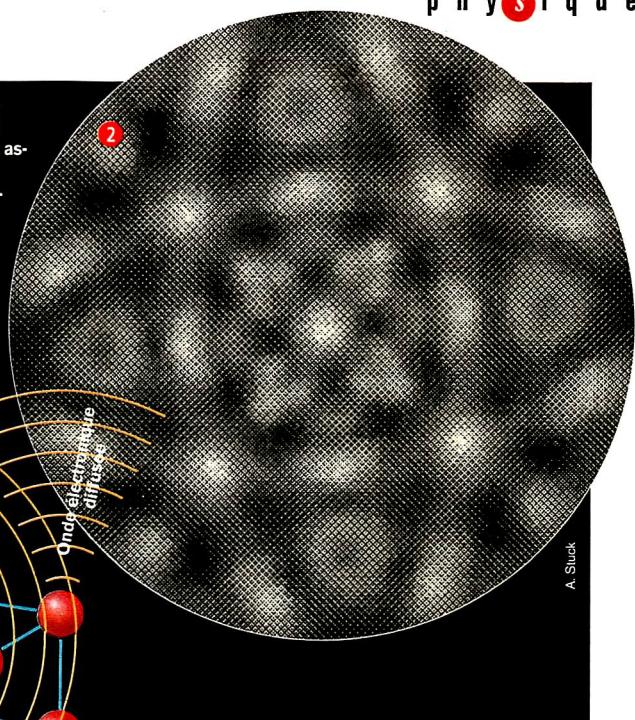
Avec quelle précision peut-on holographier les atomes ? C'est là une question décisive pour juger

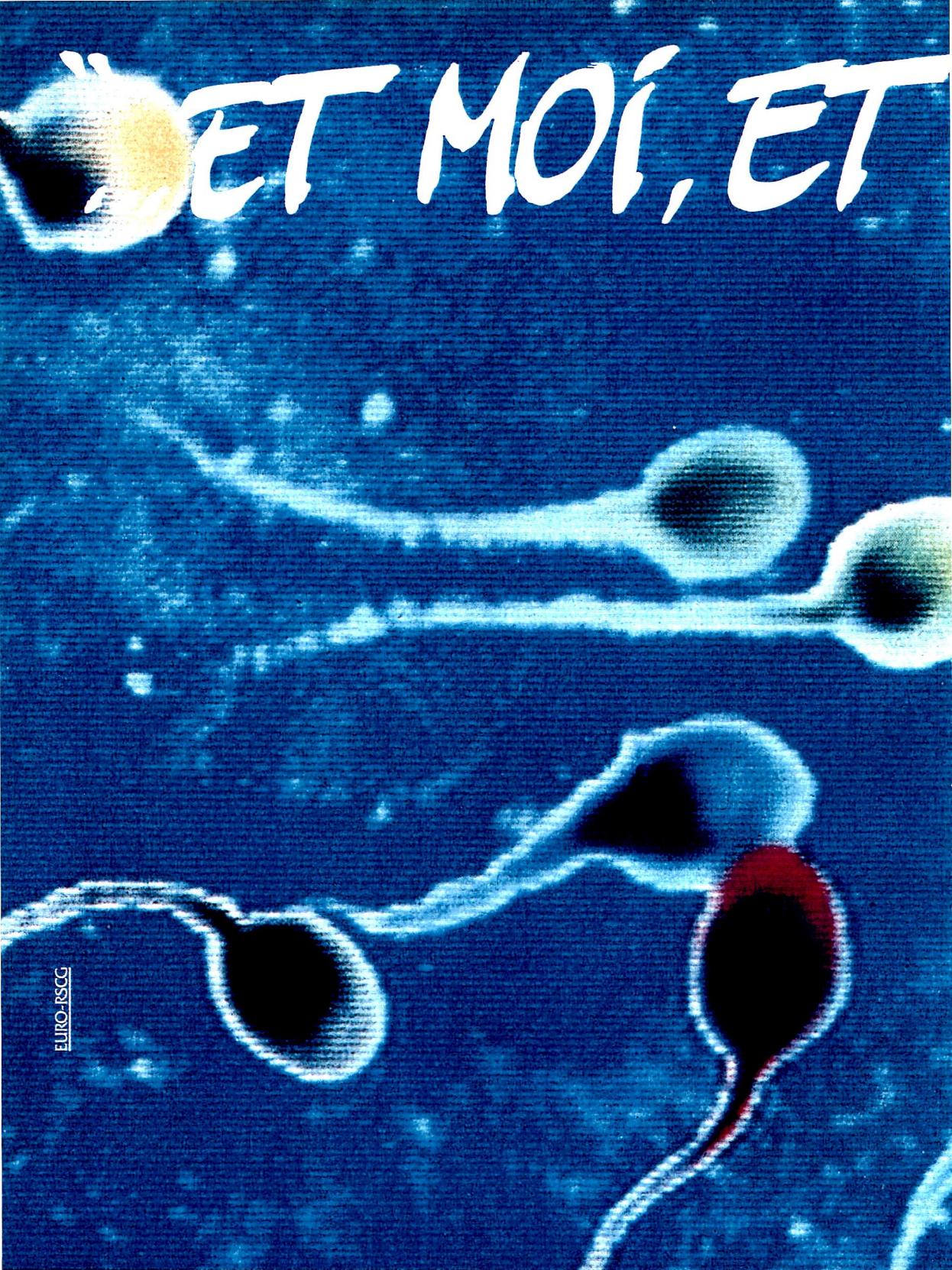
de l'intérêt scientifique de la méthode. Actuellement la meilleure précision est de l'ordre d'un dixième d'angström. Or, pour les spécialistes, c'est insuffisant pour rivaliser avec les méthodes indirectes de détermination des structures atomiques (par diffraction de rayons X, par exemple).

L'holographie n'a cependant pas encore dit son dernier mot. Et quand bien même sa précision serait limitée, ce procédé jouerait malgré tout un rôle essentiel pour déterminer les grands traits d'une structure et fournir ainsi un premier modèle servant de point de départ aux méthodes indirectes.

Mais à quand les images ? Jusqu'à présent, Lapeyre et ses collaborateurs n'ont présenté visuellement leurs résultats que sous la forme de coupes à deux dimensions. D'un point de vue scientifique, en effet, les belles images en relief que l'on est en droit d'attendre lorsqu'on parle d'holographie, n'apportent aucune information supplémentaire. Pour les chercheurs, elles ne sont donc pas prioritaires. En outre, il ne faut sans doute pas s'attendre à des surprises. Si l'on en juge par les coupes à deux dimensions, les atomes devraient apparaître tout bonnement sous la forme de petites boules, aux contours un peu flous.

Il n'empêche ! On aimerait bien les voir en relief, ces fameux atomes. Et savourer le spectacle qu'ils nous offrent à trois dimensions. Après tout, il n'y a pas que la science dans la vie. Il faut aussi savoir rêver de temps en temps !





EURO-RSCC

ET MOI, ET

MOI, ET MOI..."

Jacques Dutronc



LA MUSIQUE EST UNE FORCE.

La plus vieille langue américaine

PAR GERALD MESSADIÉ

Un exploit de linguistique réalisé ces derniers mois par deux anthropologues américains, et salué par la presse scientifique, vient de jeter un coup de projecteur sur une lacune historique généralement méconnue du grand public. L'exploit est le déchiffrement d'une stèle gravée dans un langage inconnu du Mexique précolombien. La lacune concerne la connaissance du Mexique ancien.

L'exploit n'aurait pas été réalisé sans l'aide du hasard : en 1986, à La Mojilla, petite bourgade fermière et pêcherie sur la rivière Acula, au sud-est de l'Etat de Veracruz, un pêcheur qui chargeait une barque sentit sous son talon une grande pierre immergée. Sur cette berge alluvionnaire, de telles pierres sont rares, et l'on déterra donc celle-ci. C'était un bloc plus ou moins trapézoïdal, de 2,34 m de haut et 1,45 m de large, dont une face, polie, comportait des inscriptions et un portrait en pied d'un personnage richement habillé. Par bonheur, les gravures étaient en bon état.

On transporta cette stèle au musée archéologique de Xalapa, grande réserve des trésors découverts dans l'Etat de Veracruz – dont les fameuses têtes colossales de San Lorenzo, ainsi que des trésors olmèques. Là, on s'visa que les hiéroglyphes appartenaient au même type d'écriture, non déchiffrée, que celle qu'on avait déjà identifiée sur neuf vestiges archéologiques, en particulier sur une célèbre statuette de néphrite, dite de

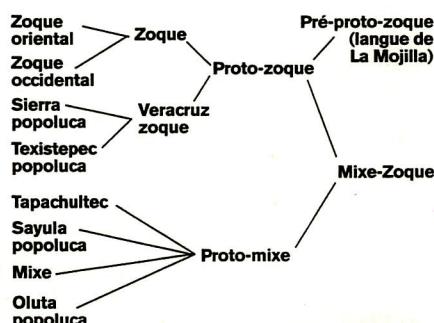
Deux linguistes américains viennent d'accomplir un bel exploit : la traduction, approximative, du plus vieux texte du Mexique ancien. Du coup, ils nous révèlent avant tout ce que nous ignorons sur l'histoire de l'Amérique ancienne.

Tuxtla. Cette dernière, découverte en 1902, représentait un homme déguisé en canard. Des études préliminaires (voir dessin p. 66) ont permis d'établir que la date indiquée sur cette statuette correspond au 14 mars 162.

Le texte, qui comporte 21 colonnes d'hiéroglyphes, fut soumis à la sagacité de John S. Justeson, anthropologue à l'université de New York, à Albany, et de Terrence Kaufman, du département d'anthropologie et de linguistique de l'université de Pittsburgh (¹). Le déchiffrement ne fut pas aisément, car il n'existe pas, à ce jour, en épigraphie précolombienne, de textes bilingues, comme la célèbre Pierre de Rosette grâce à laquelle Champollion déchiffrera les hiéroglyphes égyptiens. Toutefois, on en savait assez sur les langues du Mexique ancien pour situer le texte de la stèle de La Mojilla

Plus de 100 000 Amérindiens parlent encore le mixe-zoque

La famille mixe-zoque a été correctement identifiée dès 1883 par le linguiste français Hyacinthe de Charencey. Bien que révisée depuis, sa classification en 8 rameaux est conservée. On a depuis ajouté le sierra à ce groupe. Le mixe-zoque ne constitue qu'une des 21 grandes familles des langues parlées en Amérique centrale.



dans l'arbre des langues mixe-zoques (voir tableau p.64). De plus, ces langues n'ont pas toutes disparu : de 100 000 à 140 000 Amérindiens parlent aujourd'hui au Mexique huit langues mixe-zoques, et Kaufman a pu établir que le zoque moderne descend du zoque archaïque, ou proto-zoque, d'il y a 1 400 ans. En conclusion, la langue de la stèle serait du préproto-zoque, c'est-à-dire la plus ancienne forme d'une des deux langues dérivées du mixe-zoque.

Nos déchiffreurs n'étaient donc pas complètement démunis. Ayant établi les correspondances modernes – 21 mai 143 et 13 juillet 156⁽²⁾ – des dates inscrites sur la stèle, ils pouvaient, d'après la région, l'époque et les similarités entre les hiéroglyphes de la stèle et ceux qu'on connaît déjà dans des langues apparentées, procéder par recoulements. Le mot qu'utilisent Justeson et Kaufman est celui d'"inférences". Mais on peut qualifier leur méthode de conjecturale. Condition préliminaire de leur tâche : reconstituer une grammaire. Pour cela, il fallait s'inspirer des grammaires déjà connues dérivant du mixe-zoque, et bâtir des hypothèses de travail, à rectifier au fur et à mesure du déchiffrement. Ensuite, il fallait établir des équivalences de mots en se basant sur les signes mayas déjà interprétés. Il fallait surtout se servir des connaissances linguistiques dans le domaine. Elles sont évidemment trop nombreuses pour être toutes énumérées ici. Disons seulement que le proto-zoque et le proto-mixe, formes archaïques des deux embranchements du mixe-zoque, comportent, comme leur langue mère, 11 consonnes et 6 voyelles, et que le mixe a des voyelles courtes et d'autres longues.

La plupart des signes de la stèle de La Mojilla sont des syllabogrammes, c'est-à-dire des signes qui représentent des syllabes, ou bien des morphèmes, signes qui représentent des mots. Presque tous les syllabogrammes comportent une consonne et une voyelle. On pourrait alors se dire qu'"il n'y a qu'à" comparer les signes à déchiffrer avec ceux qu'on connaît déjà, en se basant entre autre sur les langues mixe-zoques encore parlées, et que le travail serait terminé. Or, pour connaître le sens des mots anciens par étude comparative avec des termes du mixe et du zoque contemporains, il faudrait aussi en avoir la prononciation. Il arrive en effet qu'une consonne ou une voyelle écrites ne soient pas prononcées, ce qui brouille les pistes de l'interprétation du texte : "wej-pa", par exemple, se lit "we-pa" (et signifie "il crie"). Par ailleurs, certains syllabogrammes peuvent être inclus dans des morphèmes, pour donner à ceux-ci un sens particulier. Un même morphème, selon sa prononciation et le contexte, peut avoir des significa-

tions différentes, comme "tuk", avenir, et "tuk", moissonner. Le déchiffrement de la Pierre de Rosette fut facilité, d'ailleurs, en grande partie par les noms propres (dont on pouvait penser que la prononciation n'avait pas ou peu changé) tels que Ptolémée, Cléopâtre, Alexandre, en égyptien, en grec et en copte. Là, ce n'était pas le cas : on ne connaissait pas de noms propres.

Ajoutons aux difficultés précédentes la nécessité de distinguer entre les 6 temps des verbes et celle d'assigner sa place logique au syllabogramme "wu", le plus fréquent, parce qu'il établit des



Baktun

Glyphe en stuc maya, de Palenque, représentant un baktun, unité de temps équivalant à environ quatre cents ans, précédé du chiffre 9.

liaisons entre les mots et les adjectifs (on appelle cela un enclitique relativisant). Et l'on concevra sans trop de peine que Justeson et Kaufman aient bien déchiffré la plus grande partie de la stèle de La Mojilla, mais pas son intégralité : restent encore des morphèmes et des "entités lexicales" incertains.

Que dit donc le texte de la stèle, d'après ce qu'on a pu en comprendre ? Qu'il exista, il y a plus de 1 800 ans, dans le pays humide que traversait une rivière qui se jetait dans une autre, un personnage important, surnommé Seigneur de la Montagne des Moissons. Qu'il gagna plusieurs batailles menées au long de plusieurs années et qu'il fut élu, sous les auspices d'un prêtre chaman, roi du peuple qui vivait près de la rivière. Le chaman est celui-là même qui est représenté déguisé en canard dans la statue de Tuxtla. C'est un texte royal, donc, et comme tous les textes méso-américains, la stèle de La Mojilla est un énorme et pesant panneau publicitaire à la gloire de la royauté (ou des dieux). Le langage écrit, dans le Mexique ancien, est en effet un privilège du pouvoir.

L'exploit de Justeson et Kaufman pourrait paraître au profane à la fois laborieux et secondaire ; il n'en est rien : c'est le déchiffrement du texte le plus ancien qu'on connaisse de l'Amérique précolombienne, et c'est aussi le premier d'une langue jusqu'alors totalement mystérieuse, dite épi-

(1) "A Decipherment of Epi-Olmec Writing", Science, 19 mars 1993.

(2) Toutes les civilisations méso-américaines ont utilisé ce qu'on appelle le compte long et le compte court : le compte court est celui d'une année sacrée de 260 jours ; le long d'un cycle de 52 ans. Le compte long commence à une mystérieuse "date zéro", située en 3113 avant notre ère.

suite de la page 65

olmèque, c'est-à-dire procédant de la langue.

C'est que, des Olmèques, on ne sait presque rien. Ni d'où ils vinrent, ni pourquoi leur civilisation, matrice de toutes les cultures méso-américaines, qui s'étendait tout au long de la vallée du Mexique jusqu'à l'actuel San Salvador et qui avait duré quelque quatorze siècles, disparut tout à coup au IV^e siècle avant notre ère. Le déchiffrement de la stèle du Seigneur de la Montagne des Moissons indique que l'effondrement des Olmèques ne laissa pas un vide : en 150, une culture guerrière prospérait en plein

coeur de l'ancien territoire olmèque.

C'est-à-dire qu'on est remonté d'un échelon dans la reconstitution des langues anciennes et, accessoirement, de l'histoire ancienne du Mexique. Ce n'est pas là un coup d'essai de Kaufman, qui avait déjà découvert au Guatemala, il y a un quart de siècle, trois langues mayas jusque-là inconnues (le teco, le sacapulèteque et le sipacapa).

Maintenant, disent en substance Justeson et Kaufman, il faut réviser, au jour de cette découverte, les connaissances acquises sur les langues mixe-zoques. Vaste entreprise, qui permettra sans doute de mieux comprendre les échanges entre les différentes civilisations qui se sont succédées au Mexique (en résumé : olmèque, Monte-Alban, Teotihuacan, maya, zapotèque, mixtèque, toltèque et aztèque). Civilisations dont les histoires et les interprétations demeurent en très grande partie obscures.

On ignore ainsi de quelle manière des éléments du mixe-zoque olmèque pénétrèrent le maya, le mixtèque, le zapotèque, l'otomien, et même plus tard l'aztèque, le lencan, le xinca et le jicaque. Car plusieurs siècles se sont écoulés entre la disparition des Olmèques et l'avènement des Mayas, pour ne citer que ceux-là. Et l'affaire est d'autant plus compliquée que la famille linguistique maya ne compte pas moins de 24 langues encore parlées par quelque trois millions de Méso-américains), que personne à ce jour n'est arrivé à classer rationnellement. Et l'on ignore bien évidemment d'où vint la langue mixe-zoque elle-même. Ne parlons pas non plus des lacunes, souvent immenses, dans les 20 autres groupes de langues méso-américaines !

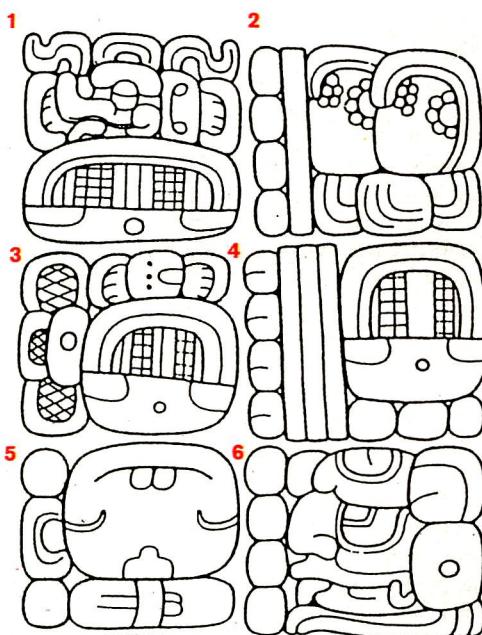
Il y a seulement une vingtaine d'années, les ruines maya, par exemple, étaient muettes : leurs hiéroglyphes étaient impénétrables. Vint un brillant philologue russe, Youri Knorosov, et le code céda grâce à une approche essentiellement basée sur la phonétique (ce qui, d'ailleurs, valut à Knorosov de solides inimitiés américaines). Phonétique est, soit dit en passant, un terme générique pour la glottochronologie, discipline d'étude de la dérive des phonèmes au cours des siècles. On fit donc d'immenses progrès dans la compréhension de cette civilisation. Mais l'histoire des Mayas et encore moins celle du Mexique ancien ne sont pas près d'être écrits.

L'histoire n'ignore presque plus rien de l'Egypte ancienne, de la Grèce, ni de Rome, mais sur les civilisations américaines qui fleurirent dans l'Amérique, elle est bien plus riche d'hypothèses que de certitudes. Et il faudra encore bien d'autres lumières pour éclairer la fameuse caverne de l'histoire précolombienne.

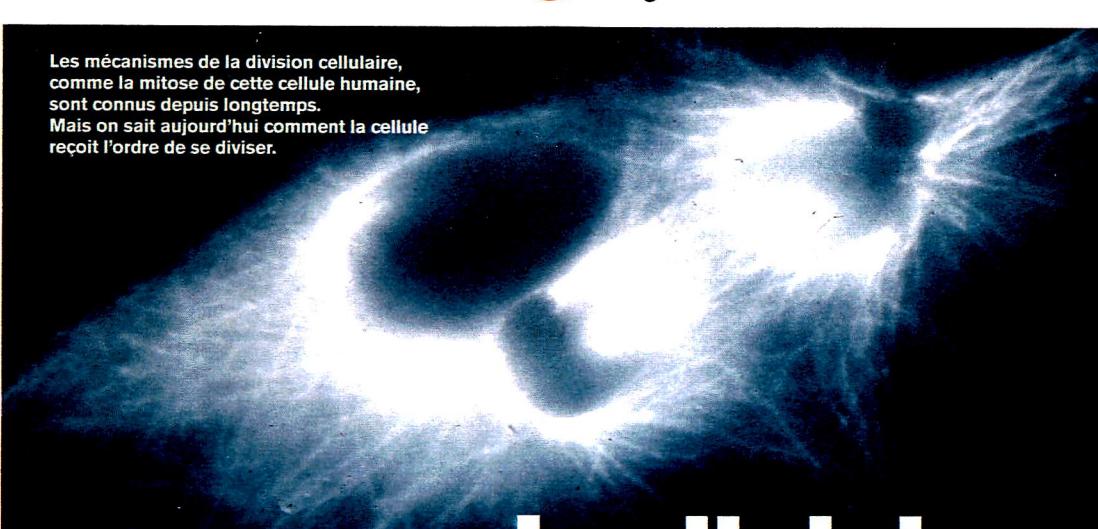
Le 19 juillet 456 de notre ère

Les glyphes grâce auxquels les civilisations précolombiennes écrivaient (ou plutôt gravaient) les dates sur leurs stèles comportent un certain nombre de traits communs, qui ont pu être déchiffrés par des générations d'épigraphistes et linguistes depuis le pionnier Constantin Rafinesque, au XIX^e siècle. Comme on a reconstruit par ailleurs le repère commun de toutes les datations précolombiennes, qui est l'an 3113 avant notre ère, censé être celui de la création du monde, il est possible de transcrire ces dates selon le calendrier grégorien. Voici un exemple d'écriture maya (repris d'un linteau de Yaxchilan) et la signification des glyphes employés (connaissant la durée des unités de temps, baktun, katun, etc. :

1 : glyphe d'introduction ; 2 : glyphe signifiant "9 baktuns", soit $9 \times 144\,000$ jours ; 3 : glyphe de "0 katuns", soit $0 \times 7,2$ jours, ; 4 : "19 tuns", soit 19×360 jours ; 5 : "2 uinalis", soit 2×20 jours ; 6 : "4 kins", soit 4×1 jour. En ajoutant la valeur de tous les glyphes, on trouve 1 302 884 jours, soit 3 569 années et 199 jours, c'est-à-dire le 19 juillet 456 de notre ère. C'est grâce à un système similaire qu'on a pu établir la date de la stèle de La Mojilla.



Les mécanismes de la division cellulaire, comme la mitose de cette cellule humaine, sont connus depuis longtemps. Mais on sait aujourd'hui comment la cellule reçoit l'ordre de se diviser.



la division cellulaire expliquée

B. Vuadens/Inserm

Pourquoi, à un point nommé, une cellule en produit-elle deux autres ? Attaquée par plusieurs équipes à la fois, l'énigme centenaire a cédé. La découverte est fondamentale, et l'on s'efforce déjà de l'appliquer aux traitements du cancer, voire du sida.

PAR PIERRE ROSSION

Il n'est de vie que cellulaire et il n'est de cellule vivante sans division. Que la reproduction soit asexuée, comme chez la bactérie, qui double de longueur avant de se scinder en deux cellules identiques, ou qu'elle soit sexuée, comme chez l'homme, où la cellule-œuf, provenant de la fusion de deux cellules sexuelles paternelle et maternelle, ne grandit que par divisions successives, le principe est rigoureusement le même.

Mais comment se fait donc cette division ? Il y a à peine trois mois, on n'en savait guère plus que lorsque le biologiste allemand Walther Flemming décrivit, en 1882, la mitose, c'est-à-dire le dédoublement de tous les éléments de la cellule et leur distribution égale dans les deux cellules-filles. Quant à la façon dont la cellule capte et transmet le signal extérieur de division... mystère !

Ces deux mécanismes qui précèdent la mitose ►

Le signal de départ de la division cellulaire

Lors de la division cellulaire, une cellule en donne deux (A), qui en donnent quatre (B), qui en donnent huit (C), etc. Le déclenchement de ce processus au cœur de la cellule se déroule comme suit :

Dès qu'une hormone, ou un facteur de croissance ①, se lie à la partie externe du récepteur membranaire ②, celui-ci se comporte comme un aimant qui attirera toutes les molécules voisines présente dans le cytoplasme. La première, une molécule d'acide phosphorique, vient se fixer sur lui ③. Le récepteur ainsi phosphorylé s'associe à un complexe protéïnique, GRB2-SOS, lui-même attaché à une protéine ras ④. Cette association induit une translocation ⑤, qui a pour effet, d'une part d'amarrer la protéine ras à la membrane (la protéine se fixe sur des lipides membranaires, appelés farnésyl, par l'intermédiaire d'une enzyme, la farnésyl-transférase), d'autre part de la stimuler. Jusqu'alors inactive, sous la forme GDP (guanine di-phosphate), ras devient alors active sous la forme GTP (guanine tri-phosphate) ⑥. Cette activation se traduit par la liaison de la protéine ras à une autre protéine cytoplasmique, dite raf-1 ⑦.

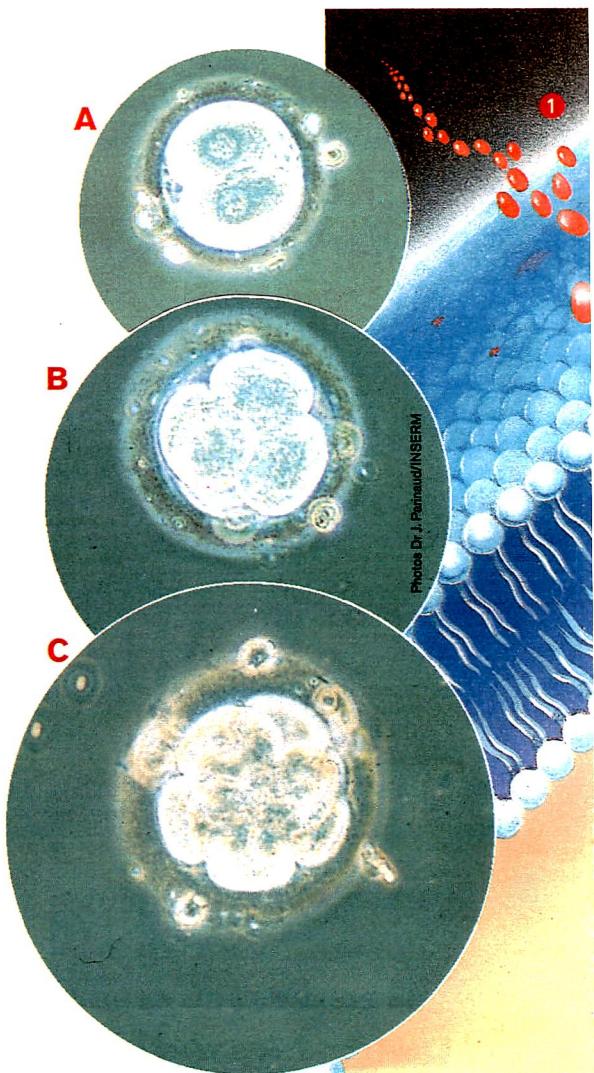
Là, une série de réactions fait intervenir d'autres protéines, les MAP kinases, avant de s'étendre à l'ADN du noyau, où elle enclenche la division cellulaire. Ces réactions sont contrôlées par le niveau de phosphorylation des différentes MAP kinases, qui interagissent les unes sur les autres, un peu à la façon de dominos à la queue-leu-leu et dont la chute du premier entraîne celle des suivants.

La dernière MAP kinase de la chaîne a pour effet particulier de stimuler dans l'ADN trois gènes, jun, fos et myc (ce dernier impliqué, lui aussi, dans le cancer) ⑧. Ceux-ci activent d'autres gènes, qui déclenchent, enfin, les quatre phases de la mitose.

suite de la page 67

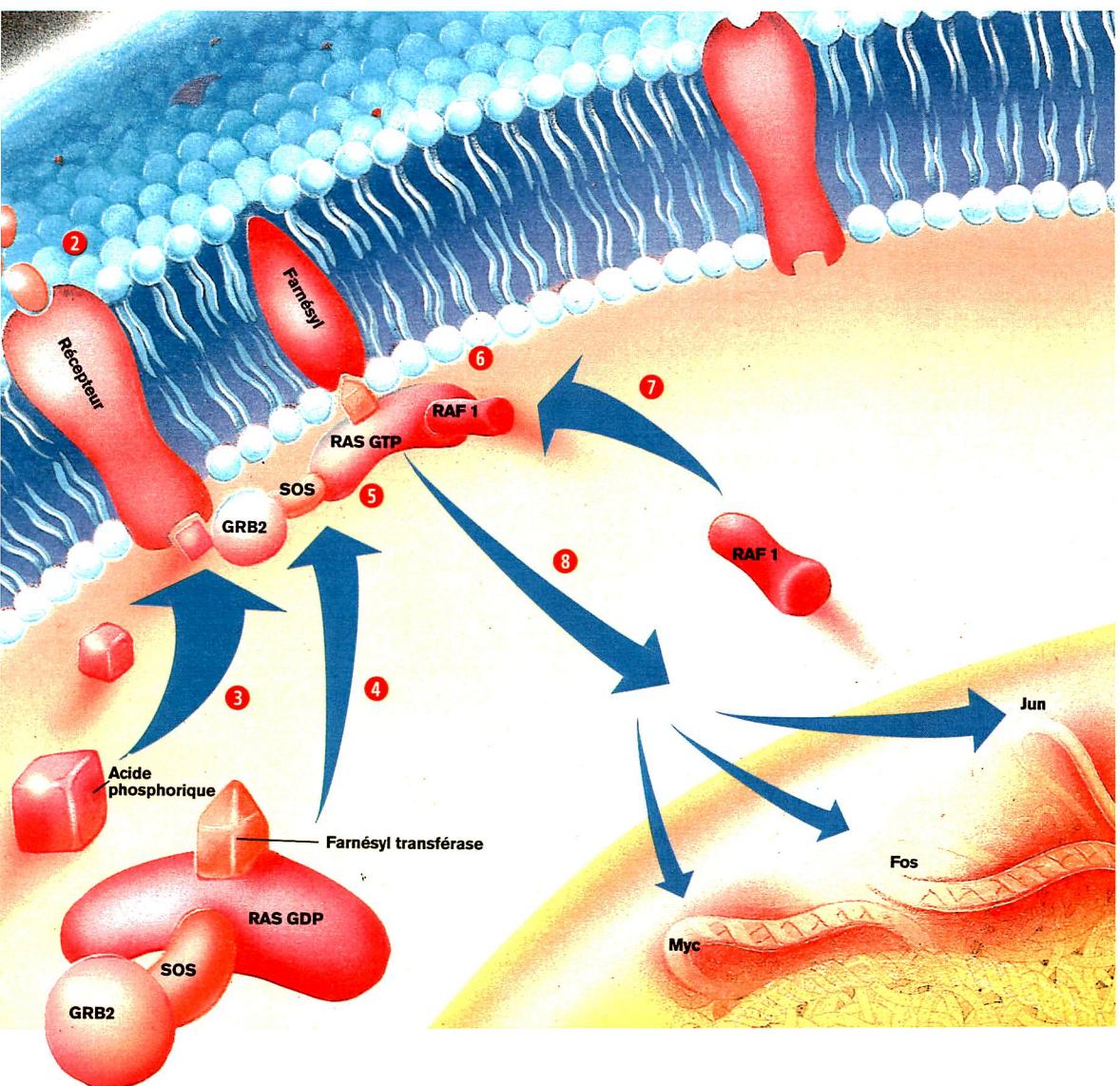
viennent d'être élucidés par une douzaine d'équipes internationales. Il s'agit là d'une convergence, fréquente en science quand tous les chercheurs butent sur le même obstacle (ainsi, dans les années 1830, le Français Louis Bréguet et l'Anglais Charles Wheatstone inventèrent presque simultanément le télégraphe électrique à cadran alphabétique synchronisé). Leurs travaux ont fait l'objet d'une impressionnante quantité de publications dans les plus grandes revues scientifiques anglo-saxonnes, *Science*, *Cell* et *Nature* (¹), et elles ont été au centre du congrès annuel sur la génétique du cancer, fin juin, à Frederick (Maryland).

Vedette de ces deux mécanismes : le gène ras, mis en évidence pour la première fois en 1980. Bien connu des cancérologues, il est soupçonné de jouer un rôle dans plus de 90 % des cancers du pancréas, dans la moitié des cancers du côlon et dans 20 % des autres cancers, sauf celui du sein, où il ne semble jouer aucun rôle. Pour-



tant, il fait normalement partie de l'ADN et il participe donc, tout aussi normalement, à la vie de la cellule. Quand il est normal, il est sous forme de "proto-oncogène". En revanche, lorsqu'il a muté pour une raison ou pour une autre (radiation, substance chimique), il devient "oncogène", c'est-à-dire capable de cancériser les cellules. Se produit alors la multiplication anarchique si souvent décrite. La mutation responsable aura modifié le texte du message porté par le gène ras, et elle aura pour conséquence la synthèse d'une protéine incorporant un acide aminé aberrant : une valine à la place d'une glycine. Et c'est cette protéine anormale qui est la cause du dérèglement cellulaire.

(¹) De ces contributions, on retiendra particulièrement celles de deux Français : Pierre Chardin, Institut de pharmacologie moléculaire et cellulaire de Sophia-Antipolis, et Jacques Camion, actuellement attaché au Cold Spring Harbor...



Denise Bazin

Ras est particulier à cet égard, parce que tout gène muté ne constitue pas pour autant un oncogène potentiel. L'ADN, support du patrimoine génétique, soit 100 000 gènes chez l'homme, peut en effet posséder des gènes qui, bien qu'anormaux, ne provoquent pas le cancer ; c'est le cas, par exemple, des gènes de la mucoviscidose et de la myopathie de Duchenne. Seuls les proto-oncogènes sont capables de devenir oncogènes. Une cinquantaine d'oncogènes ont été dénombrés chez l'animal et chez l'homme. On suppose que ces gènes se seraient immiscés dans leur patrimoine génétique à la suite d'une contamination virale accidentelle, survenue aux premiers âges de l'humanité.

Ras induit la division cellulaire par l'intermédiaire de la protéine qu'il fabrique. Sécrétée dans le cytoplasme, cette protéine joue un rôle capital : elle est l'intermédiaire entre le milieu extra-cellulaire et le noyau de la cellule, où sont exécutés les ordres. Ce milieu extra-cellulaire est constitué de tous les liquides circulant entre les cellules, le sang, par exemple, qui véhiculent en permanence des signaux envoyés par les organes, comme le cerveau. Ces signaux sont notamment des hormones ou des facteurs de croissance. Leur fonction est de contraindre la cellule à se diviser, parce que l'organisme en éprouve la nécessité. Au cours de la croissance, par exemple, l'hypophyse sécrète en abondance de ►

suite de la page 69

l'hormone somatotrope ou hormone de croissance, qui enclenche la multiplication des cellules osseuses.

Ces signaux sont captés par des récepteurs situés sur la membrane cellulaire (dessin p. 68) ; de là, ils sont transmis au cytoplasme, où ils déclenchent une cascade de réactions moléculaires. Et celles-ci convergent vers la protéine ras. Ainsi sollicitée, cette protéine envoie des ordres vers le noyau, par l'intermédiaire de réactions moléculaires en série. Et c'est alors que la cellule se divise :

- Un : le noyau se gonfle et ses contours s'estompent progressivement, tandis que l'ADN forme les chromosomes, qui deviennent de plus en plus visibles. Chacun d'eux s'enroule en spirale sur lui-même, s'épaissit en même temps qu'il se raccourcit et se dédouble par duplication de l'ADN. La membrane nucléaire disparaît. Cytoplasme et suc nucléaire se confondent.
- Deux : chaque chromosome dédoublé vient se placer dans le plan équatorial de la cellule.
- Trois : les deux moitiés longitudinales des chromosomes se séparent et migrent chacune vers un pôle de la cellule et s'individualisent en chromosomes vrais.
- Quatre : les chromosomes rassemblés à chaque pôle se tassent et s'enchevêtrent en un réseau indistinct. Le cytoplasme se condense suivant le plan médian de la cellule, formant une membrane de séparation qui se réduit comme une peau de chagrin. Puis les deux cellules filles sont libérées. La division est terminée.

Etant donné que, d'une part, la protéine ras se trouve au carrefour de la transmission du signal de la division cellulaire et que, d'autre part, la mutation du gène qui la produit induit une division cellulaire anarchique, il s'ensuit que cette protéine serait la cible désignée dans une thérapie du cancer. C'est le point relevé par deux équipes américaines⁽²⁾. Dans une expérience *in vitro*, ils se sont efforcés d'empêcher la protéine ras de transmettre le signal de division au noyau. Pour que ce signal soit transmis, il faut que la protéine soit liée à la membrane. Or cela se fait par l'intermédiaire d'une enzyme, la farnesyl-transférase. L'astuce a donc consisté à bloquer celle-ci. Pour cela, ils ont utilisé des peptides synthétiques dérivés du Valium : les cellules saines cessèrent alors de se diviser.

Refaite sur des cellules cancéreuses, l'expérience a montré là que les divisions étaient inhibées plus rapidement et plus intensément que dans les cellules saines. Plus spectaculaire encore : les cellules cancéreuses redevenaient normales après le traitement. D'autre part, l'activa-

DES GÈNES "SUICIDES" CONTRE LE CANCER

Une équipe de chercheurs français dirigée par le Pr David Klatzmann, du Laboratoire de biologie et de génétique des infections rétrovirales (CNRS, hôpital de la Pitié-Salpêtrière), vient de démontrer, sur des rats, l'efficacité d'une stratégie de thérapie génique, basée sur l'utilisation de gènes "suicides".

Ces travaux (publiés dans les *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*) ont consisté à faire agir *in situ*, en l'occurrence sur des cellules tumorales de métastases hépatiques, des gènes suicides assurant la production d'une enzyme (la thymidine kinase).

Comme les cellules cancéreuses ont la propriété de se multiplier intensément, elles peuvent être infectées par des rétrovirus ou virus à ARN (les virus à ADN, eux, sont adaptés pour infecter des cellules qui se divisent peu ou pas du tout).

L'astuce a consisté à greffer des gènes suicides dans ces rétrovirus, lesquels ont été ensuite injectés dans la tumeur. Là, les cellules ont intégré les gènes suicides, qui ont produit la thymidine kinase au fur et à mesure des divisions cellulaires.

Une substance chimique appropriée est alors introduite dans l'animal. Elle a la

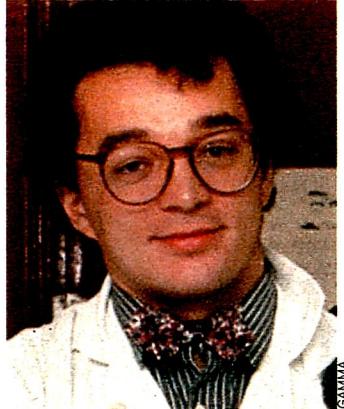
ction de la protéine ras se traduit par son association avec une autre protéine cytoplasmique, raf 1. On envisage donc, dans un proche avenir, d'empêcher cette liaison.

Il y a une dizaine d'années, on soupçonnait déjà les gènes ras et myc d'être la cause du cancer. On postulait alors que les cellules ne devaient pas cancéreuses d'un coup, mais en deux étapes. D'abord, le gène myc modifiait la cellule, ensuite le gène ras déclenchaît la maladie proprement dite. Cette hypothèse se basait sur des observations réalisées sur des fibroblastes de souris, cultivés en boîte de Pétri. Un groupe de fibroblastes avaient été rendus expérimentalement immortels, tandis que les autres étaient normaux. Puis les boîtes de Pétri furent divisées en trois lots de deux boîtes chacun, l'une contenant des fibroblastes immortels, l'autre des fibroblastes normaux.

Dans les boîtes du premier lot, on ajouta le gène ras : les fibroblastes immortels se cancériseront, alors que les fibroblastes normaux resteront sains. Dans les boîtes du second lot, on ajouta le gène myc seul : aucun effet dans l'une ni l'autre des cultures. Mais quand on ajouta les myc et les ras ensemble dans le troisième lot,

(2) *Science*, 25 juin 1993. Les équipes signataires des deux articles sont d'une part celle d'Allen Oliff et Jackson Gibbs, d'autre part celle de James Mars-

Le Pr David Klatzmann,
du Laboratoire de
biologie et de génétique
des infections rétro-
virales (CNRS, hôpital
de la Pitié-Salpêtrière).



GAMMA

propriété de se combiner avec la thymidine kinase et de donner des dérivés toxiques pour les cellules tumorales qui ont incorporé le gène suicide, mais aussi pour celles qui se trouvent au voisinage.

Sur 13 rats traités, 4 ont vu leurs tumeurs disparaître complètement au bout de quelques jours. Un premier essai thérapeutique sur l'homme pourrait commencer à la fin de cette année.

Ces expériences sont à rapprocher de celles de l'équipe de Michael Blaese (National Cancer Institute,

Bethesda, Etats-Unis), qui avait réussi à montrer, en 1992, l'intérêt de cette forme de thérapie génique pour réduire des tumeurs cérébrales chez le rat. Jugeant les résultats probants, le Recombinant Advisory Committee, lui avait alors donné le feu vert pour faire des essais sur une dizaine de patients atteints de tumeurs cérébrales. Les premiers résultats de cette étude devraient être connus d'ici la fin de cette année.

les cellules des deux cultures se cancériserent.

Trois déductions : d'abord, chaque gène est individuellement incapable d'induire la cancérisation d'une cellule normale. Ensuite, l'immortalité d'une cellule, premier stade de la cancérisation, est due au gène myc, la cancérisation vraie étant due au gène ras. Enfin, au moins deux gènes différents sont impliqués dans la cancérisation d'une cellule normale. Cela clarifie des constatations épidémiologiques jusque-là obscures. Par exemple, les gros fumeurs contractent le cancer du poumon à un stade tardif de la vie, mais beaucoup plus tôt quand ils sont à la fois gros fumeurs et gros buveurs. L'explication serait que le tabac interviendrait au niveau du gène myc : de proto-oncogène, il deviendrait oncogène et modifierait la cellule sans toutefois la cancériser. L'alcool agirait, lui, sur le gène ras, qui deviendrait lui aussi oncogène et accélérerait le processus de la cancérisation.

Les travaux récents exposés plus haut permettent de mieux comprendre ces expériences des années quatre-vingts.

Ce qui est frappant est que ces mécanismes se retrouvent chez toutes les espèces d'eucaryotes (3), levure de bière, vers nématodes,

mouche, aussi bien que chez l'homme. Comme les premiers eucaryotes sont apparus il y a 1,7 milliards d'années, cela implique que ces mécanismes se sont transmis intacts depuis la nuit des temps. C'est-à-dire encore que le mécanisme de la division cellulaire n'aurait pas évolué, parce que, d'emblée, il fut parfait. On peut supposer qu'une mutation visant à l'améliorer aurait pu avoir un effet contraire.

Les retombées prévisibles intéressent d'abord les thérapies du cancer. Elles concernent la mise au point de nouveaux traitements qui pourraient être appliqués dans les deux ou trois prochaines années. Selon Allen Oliff, des laboratoires de recherche Merck, à West Point (Pennsylvanie), «ils pourraient être les plus prometteurs de ces quinze dernières années». On évoque aussi des applications au traitement du sida.

La stratégie à mettre en jeu pour le sida serait différente. En effet, le virus HIV du sida s'attaque aux cellules du système immunitaire, essentiellement les lymphocytes T4 et, comme l'a montré récemment le Pr André Kirn (4), les macrophages du foie ou cellules de Kupffer. L'infection se fait par l'intermédiaire d'un récepteur, dit CD4, présent sur ces deux types de cellules, récepteur qui a la propriété d'être complémentaire de la protéine GP120 formant l'enveloppe du virus. Elle se traduit par la synthèse de nouveaux virus qui contribuent à l'extension de la maladie, mais aussi à la réduction du nombre des lymphocytes T sains. En effet, les cellules de Kupffer infectées directement par les virus HIV, ou indirectement par les lymphocytes T4 contaminés, présentent à leur surface de la GP120 ; celle-ci constitue donc une cible pour les récepteurs CD4 des lymphocytes T4 sains. Ceux-ci sont alors attirés, puis détruits par les cellules de Kupffer. Cela explique pourquoi les sujets atteints du sida présentent un déficit important en lymphocytes T4, qui contribue à les rendre vulnérables à toutes sortes de maladies.

Le traitement pourrait donc consister à débarrasser l'organisme des lymphocytes T4 et des cellules de Kupffer infectés par le HIV, en bloquant justement leurs divisions cellulaires.

Pourquoi a-t-il fallu tant d'années pour comprendre comment se déclenche et se transmet le signal de la division alors que la mitose est connue depuis la fin du siècle dernier ? Parce que la mitose relève de la microscopie ordinaire, alors que les deux mécanismes situés en amont relèvent, eux, de la biologie moléculaire et de la microscopie électronique, dont les développements sont beaucoup plus récents.

(3) Les organismes vivants se partagent en procaryotes, comme les bactéries et les algues bleues, dont le génome n'est pas inclus dans un noyau cellulaire, et en eucaryotes (toutes les autres espèces), qui possèdent un tel noyau.

(4) Professeur de virologie à la faculté de médecine de Strasbourg.

L'affaire de l'hormone de croissance une contamination

PAR PIERRE ROSSION

1983 : Ilyassil Benziane, 7 ans, atteint de nanisme hypophysaire, entame à l'hôpital Necker, à Paris, un traitement mis au point en 1959 aux Etats-Unis par le Dr Maurice Raben. Il consiste en l'administration d'hormone de croissance naturelle prélevée sur des hypophyses de cadavres humains. L'hormone stimule, en effet, les divisions cellulaires et les synthèses protéiques au niveau des cartilages de conjugaison des os. Durée prévue du traitement : 5 à 12 ans, à raison d'une piqûre tous les jours, sauf le dimanche. Croissance espérée : 7 cm la première année et 5 cm les années suivantes.

1989 : l'enfant souffre de maux de tête et de tremblements, et ne peut plus marcher ni parler. Deux ans plus tard, alors qu'il mesure 1,44 m, il meurt d'une affection cérébrale incurable, la maladie de Creutzfeldt-Jakob : une forme de démentie mortelle caractérisée par la formation de trous dans le cerveau, devenu spongieux, avec, au stade ultime, une boîte crânienne quasiment vidée. Dix-neuf autres enfants traités sont morts depuis, et six présentent les signes de la maladie, et on ne sait toujours pas combien sont contaminés parmi les deux mille qui ont été traités dans les hôpitaux français depuis 1973.

On conclut donc à la contamination de l'hormone par l'agent de la maladie de Creutzfeldt-Jakob, microbe hors-série, appelé prion, ni virus ni bactérie, à incubation lente (plusieurs années), responsable chez l'animal de la tremblante du mouton (appelée aussi scrapie, assez fréquente chez cet animal) et de la maladie des vaches folles, et du kuru qui sévit dans une tribu de Nouvelle-Guinée, qui a pour coutume

Y aurait-il un lien entre la maladie de Creutzfeldt-Jakob qui a atteint vingt-cinq enfants traités avec l'hormone de croissance, et dont dix-neuf sont morts, et la maladie des "vaches folles" qui a frappé dès 1986 des élevages français et anglais ? L'agent de la maladie est, en effet, le même...

La dignité ne se mesure pas à la taille

Ce Nain à la cour d'Espagne, peint par Velasquez au XVII^e siècle, aurait-il droit aux mêmes honneurs dans notre société standardisée, où il est plus difficile qu'avant d'assumer une petite taille ?



La glande coupable

L'atrophie de l'hypophyse (flèche) est responsable des problèmes de croissance chez l'enfant.



animale en cause

(1) France-Hypophyse, créée en 1973, a pour but de centraliser les prélevements d'hypophyses et de sélectionner les patients relevant du traitement (les "nains hypophysaires", dont la taille n'excédera pas 1,20 m). Trois organismes y collaborent : l'Institut Pasteur de Paris pour la production de l'hormone, la Pharmacie centrale des hôpitaux pour le conditionnement et la distribution et la Caisse nationale d'assurance-maladie pour le financement.

(2) L'Institut Pasteur s'est aussi adressé, jusqu'en 1985, à deux firmes pharmaceutiques scandinaves (Kabi-Vitrum et Nordisk) et à une italienne (Serono) qui fournissaient une hormone naturelle de croissance d'origine humaine (et non des hypophyses) qui ne serait pas concernée par la contamination.

de manger le cerveau de ses ennemis.

Quelle était donc la provenance de l'hormone contaminée ? Là réside le fond de l'affaire. Car si l'hormone de croissance humaine n'est plus employée, depuis 1988, dans le traitement du nanisme, ayant été remplacée par l'hormone de synthèse, celle d'origine animale est toujours utilisée en agro-alimentaire et en cosmétologie. Normalement, les hypophyses collectées par l'association France-Hypophyse (1) provenaient d'amphithéâtres d'hôpitaux où elles étaient prélevées par des garçons de salle, à raison de 50 F l'unité, sur des patients décédés d'affections autres que nerveuses. Or, à la fin des années 70, pour faire face à la demande grandissante, l'association "Grandir", assujettie à la loi de 1901, est créée, afin d'apporter un soutien moral et l'information nécessaire aux parents d'enfants souffrant de problèmes de croissance ou de taille (nains hypophysaires et petits constitutionnels).

France-Hypophyse fut alors contrainte de "ratisser large". Un traitement nécessite 300 mg par an d'hormone de croissance, et une hypophyse ne contient que 7 mg de l'hormone ; il faut donc 43 hypophyses pour un seul traitement (pour en obtenir 1 g, il faut en moyenne 142,8 hypophyses). Des prélevements furent alors effectués sur des patients décédés dans des services de neurologie à haut risque, notamment à Claude-Bernard, à La Salpêtrière et à Bicêtre, ainsi que dans certains hôpitaux de long séjour, tels que Charles-Foix, Emile-Roux, Albert-Chenevier, qui reçoivent nombre de personnes âgées atteintes de détérioration mentale.

On dut aussi importer des hypophyses entières des pays de l'Est, de Bulgarie et accessoirement de Hongrie, et de bien d'autres pays (2). Quand nous avons demandé au Pr Jean-Claude Job, président de France-Hypophyse et l'un des meilleurs spécialistes au monde de l'application de l'hormone de croissance au nanisme hypophysaire, de nous préciser quels étaient ces "autres pays" fournisseurs, il nous renvoya à l'Institut Pasteur et mit fin à la conversation de manière abrupte. A Pasteur, le Pr Fernand Dray, ancien responsable de la production de l'hormone de croissance d'origine humaine, était

à la retraite, et c'est Mme Cécile Turcat, au secrétariat général de presse, qui nous a répondu : «Quand nous nous adressions à la Bulgarie, nous ne savions pas d'où provenaient les hypophyses qui étaient dans les envois.» Et, à la question de savoir quels étaient les «autres pays» évoqués par le Pr Job, elle n'a pas su nous répondre.

Dès lors, toutes les hypothèses sont permises. Les hypophyses pouvaient provenir de patients décédés dans des services de neurologie inconnus, ou encore de pensionnaires d'asiles psychiatriques, très nombreux à l'époque en Bulgarie comme dans tous les autres pays du bloc soviétique... et pourquoi pas de cerveaux humains baignant dans le formol depuis un temps indéterminé, voire, et cette hypothèse est moins folle qu'on le croit, d'animaux contaminés ?

Dès 1980, le Pr Luc Montagnier, le découvreur du virus HIV du sida, avait pourtant prévenu les responsables de France-Hypophyse : «Une attention toute particulière doit être portée au danger de transmission de la MJC, maladie certes rare (un cas sur un million en moyenne), mais dont les sujets porteurs de l'agent infectieux peuvent être beaucoup plus nombreux.» Avertissement fondé, car, en avril 1985, apparurent aux Etats-Unis trois cas de MJC chez des patients traités avec de l'hormone de croissance d'origine humaine. France-Hypophyse mit cet accident sur le compte de la méthode de purification utilisée outre-Atlantique. «La méthode Raben des Américains était beaucoup moins sûre que la variante de la méthode Roos de l'Institut Pasteur, dont la revue scientifique britannique *The Lancet* (n° 8449, 3 août 1985, p. 260) a confirmé la validité», nous dit le Pr Job.

A la suite de ce drame, les autorités sanitaires et les laboratoires pharmaceutiques américains décidèrent d'interrompre la commercialisation de l'hormone naturelle et de substituer à celle-ci l'hormone de synthèse, qui ne présente pas le risque de transporter la MJC. France-Hypophyse poursuit néanmoins les traitements avec les lots qui se révéleront contaminés, mais qui seront laissés dans le circuit, car France-Hypophyse est persuadée de la fiabilité de ▶

suite de la page 73

la méthode de purification utilisée. Toutefois, à titre de précaution supplémentaire, le traitement des lots nouveaux est renforcé par l'inactivation à l'urée. Cette méthode et tous les lots d'origine humaine, anciens et nouveaux, seront utilisés jusqu'en avril 1988 ; là, l'hormone naturelle est remplacée par l'hormone de synthèse. Toutes ces précautions n'ont cependant pas empêché l'apparition, en 1989, des premiers cas de MJC en France. En effet, selon le rapport de l'Inspection générale des affaires sociales (IGAS), rédigé à la demande du ministère de la Santé et publié en décembre 1992, sur «les procédures de prévention et d'information mises en place dans notre pays», il s'avère que la collecte des hypophyses humaines s'est faite avec des précautions manifestement insuffisantes. Exemple : l'hypophyse d'une victime de la rage s'est retrouvée anonymement parmi vingt autres, dans un flacon portant seulement le nom de l'hôpital, en l'occurrence Lariboisière !

Et que penser du reste ? Les hypophyses en provenance des pays de l'Est étaient fournies par Mai-mex, société ayant son siège social à Sofia. Sur le total des 200 000 hypophyses (étrangères et françaises) collectées de 1973 à 1988, il n'en provenait, jusqu'en 1983, aucune de ces pays. Brutalement, de 1983 à 1988, le chiffre des importations monte à 64 049. Et, c'est l'IGAS qui le dit : «La collecte des hypophyses humaines dans les pays de l'Est a été réalisée sans qu'un contrôle réel puisse être exercé.»

Les hypophyses arrivaient à l'institut

Pasteur conditionnées individuellement. Là, elles étaient, en principe, regroupées par 400 à 500, puis deux à trois de ces groupes étaient réunis, soit 1 000 à 1 500 hypophyses, pour constituer un lot. En réalité, le nombre moyen d'hypophyses par lot a varié de 455 en 1988 à 2 300 dans les années 84-85.

Toujours selon l'IGAS, «de nombreuses incertitudes persistent sur le mode de production, du fait que le processus de fabrication [d'hormone d'origine humaine] a cessé en juin 1988, que les locaux ont été rasés, que le Pr Dray a pris sa retraite, que la plupart des archives ont disparu ou ont été dispersées et qu'il ne semble pas y avoir eu, et on ne peut que le déplorer, tant pour la reconstitution des faits que dans le cadre des bonnes pratiques de fabrication, d'instructions écrites de production».

C'est ainsi qu'il n'existe aucune procédure écrite de contrôle des matières premières, ni aucune note écrite d'acceptation. Seul un technicien examinait les hypophyses à l'œil nu. Tâche ô combien délicate, si l'on sait qu'une hypophyse humaine mesure dans les 8 mm et qu'une hypophyse de mouton ou de bœuf sont sensiblement de même taille et de même forme. «Une hypophyse humaine provenant

d'un sujet jeune est impossible à distinguer à l'œil nu d'une hypophyse de mouton», nous dit le Pr Jean-Jacques Hauw, chef du service de neuropathologie à l'hôpital de La Salpêtrière. Hélas, ces faits ne sont pas évoqués dans le communiqué rassurant de l'Institut Pasteur daté du 21 juillet 1993.

Incidentemment, et pour rassurer ceux qui se demandent si une affaire similaire ne pourrait pas advenir dans le domaine des greffes, nous avons interrogé le Dr Philippe Romano, directeur médical de France-Transplant : celui-ci nous a assuré qu'en 1992, la centaine d'organes importés provenaient de pays ayant approximativement les mêmes normes médicales que la France et qu'aucun ne provenait des pays de l'Est, du fait que «l'état sanitaire de ces pays ne peut pas présenter, actuellement, une sécurité suffisante».

De 1983 à 1988, donc, l'hypophyse humaine a été une denrée en forte demande. On la payait 200 F pièce à l'exportateur de Sofia. Il est alors licite de se demander s'il n'y a pas eu tentation, chez quelque commis obscur, de glisser quelques spécimens d'origine animale dans les envois. Dans sa belle ignorance, ce négligeable prévaricateur pouvait s'imaginer que les conséquences sur la santé n'auraient pas été très graves. Sur le marché parallèle, d'ailleurs, on trouve bien une hormone de croissance naturelle, extraite d'hypophyses de bœuf, nocive mais d'usage courant chez certains sportifs.

L'hypothèse d'une contamination des lots par une ou plusieurs hypophyses d'origine animale reprend ici sa valeur. En effet, d'une enquête épidémiologique commandée par le ministère de la Santé au Dr Annick Alpérovitch, directeur de l'unité 360 de l'Inserm, il ressort que c'est pendant la période critique, de janvier 1984 à juin 1985, au cours de laquelle les vingt-cinq patients ont été contaminés, que 30 000 hypophyses, distribuées en treize lots d'environ 2 300 hypophyses chacun, ont été collectées. Environ 20 000 provenaient de Bulgarie, et 8 000 de Hongrie, le reste étant fourni par les hôpitaux français. L'étude statistique a démontré qu'il a fallu qu'au moins neuf des treize lots soient contaminés pour provoquer l'apparition de ces vingt-cinq cas. Si l'on considère – chiffre admis – qu'une hypophyse sur 100 000 environ est contaminée, il n'aurait dû s'en trouver aucune parmi les 30 000 recueillies entre janvier 1984 et juin 1985. Cela ne permet donc pas d'expliquer la contamination des neuf lots, qui n'a pu se produire qu'à partir d'au moins neuf hypophyses infectées. «La survenue des vingt-cinq cas paraît difficilement relever du seul risque lié à l'épidémiologie, telle qu'on la décrit habituellement», explique le Dr Alpérovitch.

Ce qui donne plus de poids à cette hypothèse, c'est que l'apparition des vingt-cinq cas coïncide

avec l'épidémie de "vaches folles" qui avait tué 70 000 animaux en Angleterre et décimé un élevage de Plouha, dans les Côtes-d'Armor (voir *Science & Vie* n° 902, p. 52). On attribua alors l'accident au fait que les entreprises d'équarrissage avaient préparé des farines utilisées comme complément en protéines dans l'alimentation des bovins à partir de moutons morts de tremblante. Afin de les désinfecter, les déchets avaient, certes, été préalablement chauffés. Mais, pour des raisons de rentabilité, les Anglais ont abaissé la température de chauffage : le prion n'a pas été détruit et s'est retrouvé dans les farines. C'est l'hypothèse officielle. En fait, il n'y a pas eu de démonstration biologique du caractère infectieux des farines. On a seulement observé une coïncidence entre l'abaissement de la température et l'apparition de la maladie.

Le prion ne provenait-il pas plutôt d'hormone de croissance extraite d'hypophyses d'animaux contaminés, en provenance des pays de l'Est ? M. Andrew Wilson, attaché au service de la législation vétérinaire à la CEE à Bruxelles, nous a dit : «Le conseil des ministres de la CEE a décidé de prolonger, jusqu'à nouvel ordre, l'interdiction de l'hormone de croissance dans l'élevage des bovins.» On ne peut donc pas se procurer cette hormone sur le marché légal. Mais cela n'empêche pas qu'elle fasse l'objet, comme les autres produits anabolisants prohibés, d'un trafic clandestin où d'aucuns voient la main de la Mafia. Si l'on en croit la revue *Que Choisir* (mai 1993, p. 39) : «L'agriculteur paie la marchandise à un inconnu, la reçoit, quelques jours après, des

mains d'un autre, quand ce n'est pas par voie postale, envoyée d'une région à cent lieues de celle où elle a été fabriquée. Il s'agit le plus souvent du Benelux, de l'Irlande ou des îles anglo-saxonnes, alors que les laboratoires clandestins fournisseurs de la matière première semblent se localiser en Amérique du Sud et en Europe de l'Est.» Autrement dit, un approvisionnement aussi vicié que celui de l'Institut Pasteur.

Quel rapport, demandera-t-on, entre la maladie des vaches folles et celle qui a contaminé vingt-cinq enfants ? L'une et l'autre sont causées par le même agent, le prion. Selon le rapport Dormont, de septembre 1992, on n'est plus du tout aussi sûr, aujourd'hui, que cet agent ne puisse pas se transmettre de l'animal à l'homme, contrairement à ce qu'on avait supposé jusqu'en 1991. Commandé en avril dernier par le ministre de la Re-

cherche Hubert Curien à Dominique Dormont, chef du groupe mixte de recherche du Service de santé des armées et du Commissariat à l'énergie atomique, ce rapport fait le bilan scientifique complet sur les encéphalopathies subaiguës spongiformes animales et humaines, encore une fois la maladie des vaches folles et la tremblante du mouton, appelées, chez l'homme, maladie de Creutzfeldt-Jakob. Les neuf experts du groupe d'évaluation mettent en relief deux points très alarmants :

- un risque potentiel par l'utilisation de matériel biologique d'origine humaine en thérapeutique (graftes, biomatériau, médicaments) ou en cosmétologie ;
- un risque potentiel de contamination par le passage de l'agent animal chez l'homme, par le biais de l'alimentation ou par le biais de l'utilisation de produits à usage thérapeutique d'origine animale (biomatériau, biotechnologie, cosmétologie).

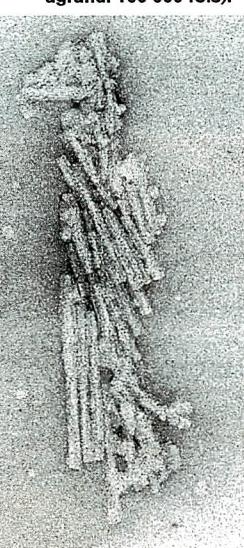
Reste à établir formellement si les lots fournis à l'Institut Pasteur ne contenaient pas aussi des hypophyses provenant d'animaux contaminés, ce qui permettrait d'expliquer l'anomalie statistique des vingt-cinq cas observés et de comprendre pourquoi le prion aurait survécu à la purification à laquelle les hypophyses étaient soumises. Car le prion animal n'a pas forcément la même capacité de résistance que le prion humain. Pour Hauw, déjà cité, «c'est une hypothèse qui est toujours possible». Mais Dormont reste réservé : «D'une part, parce que les hypophyses humaines sont prélevées dans les hôpitaux et on ne voit pas comment celle d'un mouton aurait pu s'y glisser, de l'autre, parce que le risque de transmission du prion entre les espèces n'est que potentiel et pas encore établi formellement.» Pourtant, on évoque bien, pour expliquer "officiellement" la maladie des vaches folles, un passage transspécifique du prion du mouton à la vache.

En résumé, la contamination des lots pastoriens par des hypophyses animales infectées sera difficile à vérifier, du fait du manque de coordination entre gendarmes et services vétérinaires, et encore plus en raison de la difficulté de poursuivre les enquêtes au-delà des frontières. Mais on ne peut que s'étonner d'un fait : le scandale de l'hormone de croissance suit de près et ressemble fâcheusement à celui du sang. Aux Etats-Unis, où le commercialisme sévit pourtant avec force dans les domaines médicaux et pharmaceutiques (contrairement à la France, les lots de sang, par exemple, y sont payés, et le sont souvent à des gens pauvres et malades), il n'y a pas eu de scandale du sang, et il n'y a eu "que" trois cas de contamination par l'hormone de croissance. Nous qui sommes si fiers de nos services de santé, n'aurions-nous pas un examen de conscience à faire ?

Ni bactérie ni virus

L'agent infectieux responsable de la maladie de Creutzfeldt-Jakob est un microbe hors-série, un prion (ici, agrégat de prions agrandi 100 000 fois).

New England Journal of Medicine



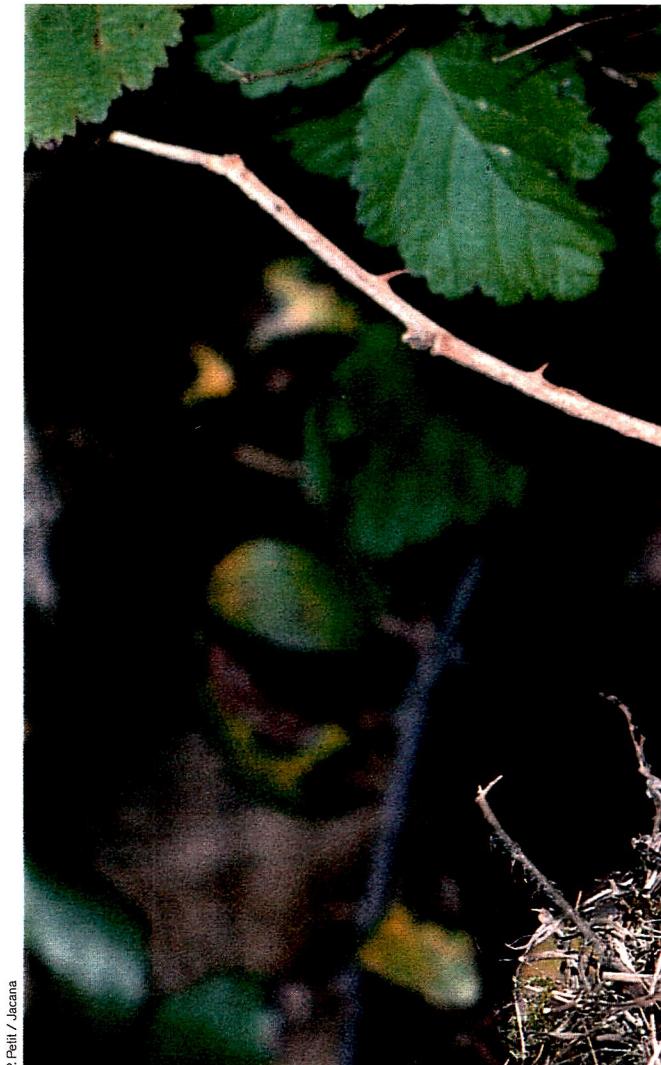
Fauvette à tête noire :

Où l'on voit la sélection naturelle agir, pour la première fois, pratiquement "en direct". En trois décennies, une proportion croissante de fauvettes a abandonné le Sud traditionnel pour un nouveau lieu d'hivernage : l'Angleterre. Une tendance qui existait déjà dans les gènes de l'espèce, et que les changements environnementaux ont petit à petit favorisée.

PAR THIERRY PILORGE

L'automne venu, la fauvette à tête noire, comme de nombreux oiseaux, migre vers des cieux plus cléments. Traditionnellement, *Sylvia atricapilla* va passer l'hiver sur le pourtour de la Méditerranée occidentale. Mais voilà que, depuis une trentaine d'années, certains individus de cette espèce hivernent en Angleterre, soit 1 000 à 1 500 km au nord de leurs lieux d'hivernage habituels. Rarissimes jusqu'à la fin des années cinquante, ces individus hivernant "à l'anglaise" sont désormais plusieurs milliers, et représentent de 7 à 11 % des populations d'Europe centrale.

Chez les oiseaux migrateurs, l'orientation de la migration est innée, "programmée" génétiquement : dès la première année, chaque individu se



tourne sans hésitation dans la bonne direction, sans avoir à l'apprendre de ses congénères. Des expériences menées par l'équipe de Peter Berthold, en Allemagne, l'ont mis en évidence chez les fauvettes hivernant en Angleterre : les descendants des oiseaux ayant adopté cette nouvelle route migratoire et élevés en captivité se tournent eux aussi, spontanément, vers l'ouest au moment de la migration (¹).

(1) P. Berthold,
A. J. Helbig,
G. Mohr et
U. Querner.
Nature,
vol. 360.

L'évolution en direct



Premières arrivées, premières servies

En choisissant un trajet migratoire plus court, les fauvettes à tête noire de l'Est, rentrées plus tôt, ont tout loisir de choisir les meilleurs territoires pour bâtir leur nid.

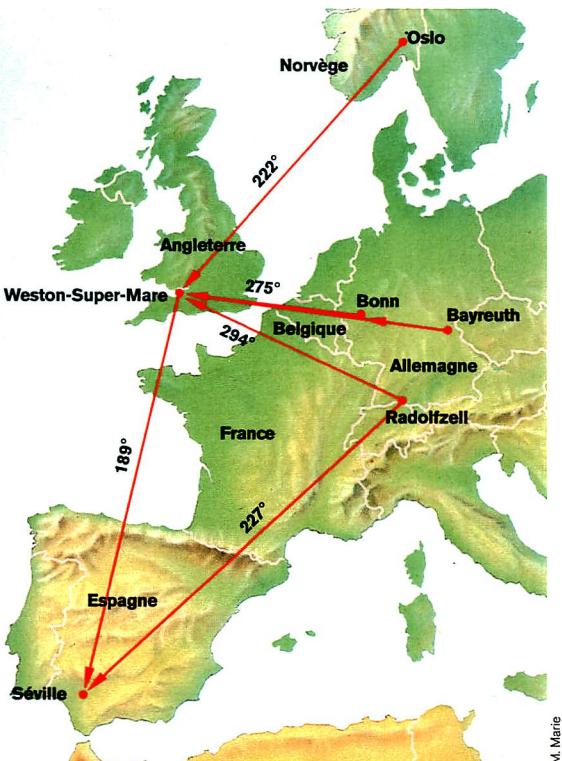
Pour expliquer ce changement de cap, nul n'est besoin, comme d'aucuns le prétendaient il y a peu, de faire appel à "l'hérédité des caractères acquis" chère à Lamarck. Ce nouveau comportement ne s'est pas inscrit dans les gènes de certains individus à force d'être pratiqué puis transmis à leurs héritiers (à l'instar de la girafe qui, selon Lamarck, aurait vu son cou s'allonger pour lui permettre d'atteindre les feuilles des plus hautes

branches — allongement dont ses descendants auraient profité par la suite hérité).

Un grand nombre de fauvettes d'Europe du Nord migre vers la Méditerranée et fait escale en Grande-Bretagne chaque automne. On pourrait donc imaginer que certaines y restent pour hiverner. Mais aucune fauvette "scandinave" baguée ne s'est jamais fait prendre en Angleterre en hiver. Il ne s'agit pas non plus d'oiseaux sédentaires,

suite de la page 77

demeurant toute l'année en Angleterre : les recaptures d'oiseaux bagués le prouvent, les individus se reproduisant en Grande-Bretagne migrent eux aussi plein sud, toujours vers la Méditerranée occidentale. Les fauvettes hivernant en Angleterre proviennent donc bien toutes du continent, d'une zone de reproduction située entre la Belgique et l'Allemagne centrale.



Cap à l'ouest

Près de 10 % des fauvettes à tête noire ont choisi un nouveau port à leur migration : l'Angleterre. Une "réorientation" inscrite dans leur patrimoine génétique.

On pourrait aussi voir dans le choix de ce nouveau lieu d'hivernage un simple "opportunitisme", consistant à saisir des conditions écologiques plus favorables lorsqu'elles se présentent : des individus naviguant sud-ouest vers la Méditerranée pourraient très bien être déviés par des vents soufflant du sud-est. Ces vents apportant un air doux sur les îles britanniques, les fauvettes arriveraient en Angleterre par un temps clément qui les inciterait à y passer l'hiver. Autrement dit, elles y resteraient pour des raisons climatiques, sans être poussées par leurs gènes.

Aussi, pour démontrer qu'il s'agit bien ici d'une véritable microévolution, inscrite dans les gènes de certains individus, l'équipe de Peter Berthold a

MIGRATIONS : LES GRANDES VACANCES

Les oiseaux sont loin d'être les seuls animaux à prendre des quartiers d'hiver. Parmi les migrations les plus spectaculaires, il y a, bien entendu, celle des criquets migrateurs, qui dévorent toute la végétation sur leur passage. D'autres insectes sont capables de parcourir des distances considérables : c'est le cas des monarches, des papillons qui migrent en masse depuis le nord du continent américain jusqu'au Mexique. A ceci près que les individus du départ ne se retrouvent pas à l'arrivée : plusieurs générations sont en effet nécessaires pour accomplir le voyage.

Les allées et venues entre mer et rivière des saumons et des anguilles sont assez bien connues (voir *Science et Vie* n° 893). Dans les océans, d'autres espèces migrent verticalement. C'est le cas des petites crevettes composant le krill, ce plancton de l'océan Antarctique, qui prolifèrent au cours de l'été austral. Cette soudaine abondance provoque à son tour des grands déplacements de baleines à

fanons et de nombreux poissons qui se nourrissent de krill. Quant aux oiseaux de mer, ils n'hésitent pas, comme la sterne arctique, à parcourir la moitié de la circonférence du globe, d'un pôle à l'autre, pour satisfaire leurs besoins alimentaires.

La recherche d'une nourriture abondante est rarement le seul facteur sélectionnant un comportement migratoire. En fait, il s'agit le plus souvent d'aller et venir entre une région où l'espèce se reproduit et une autre où elle va se refaire une santé et reconstituer ses réserves. Des vacances bien méritées, en somme, après la reproduction et l'élevage des jeunes.

Mais comment une cigogne retrouve-t-elle le nid construit l'année précédente ? Comment un saumon revient-il à sa rivière natale ? La plupart des espèces migratrices semblent faire appel à plusieurs moyens d'orientation. Ainsi, de nombreux oiseaux reconnaissent-ils les rivages ou certains éléments du paysage qu'ils survolent. Toutefois,

capturé sept couples de fauvettes en Angleterre, à Weston-Super-Mare, au cours des hivers 1988 à 1990. Gardés en captivité à Radolfzell, en Allemagne, sur les bords du lac de Constance, ces couples ont donné naissance à quarante-et-un jeunes. Ces oiseaux ont été isolés dans une cage, chacun à son tour, pour déterminer leur orientation de migration (voir *Science & Vie* n° 887, p. 46). Les résultats sont flagrants : parents comme enfants, tous s'orientaient plein ouest, ou très légèrement nord-ouest (275° en moyenne)... en direction de l'Angleterre. En revanche, quarante-neuf autres jeunes, pris au nid près de Radolfzell, se tournaient toujours, eux, vers le sud-ouest (227°), en direction de Séville.



Dimijian / PHR / Jacana

Des générations se succèdent, durant la migration des papillons monarque, d'Amérique du Nord au Mexique.

cette capacité ne leur sert souvent qu'en approche finale, un peu à la manière des pilotes qui n'utilisent la vision directe qu'au moment d'atterrir, par temps clair. Pour la navigation à longue distance, les oiseaux ont souvent recours à d'autres moyens : le Soleil pour ceux qui volent le jour, les étoiles chez ceux qui migrent de nuit. Dans un cas comme dans l'autre, cela suppose que le ciel ne soit pas couvert. Or, certains oiseaux maintiennent le cap vers leur destination même par mauvais temps. Des expériences ont démontré, dans le cas du pigeon voyageur, par exemple, qu'il s'orientait en fonction du

champ magnétique terrestre. Les saumons et les anguilles, pour leur part, font confiance à leur excellent odorat pour reconnaître l'endroit précis de la rivière où ils sont nés. Il semblerait que des substances émises par les jeunes saumons de la même population, en partance vers la mer, jouent aussi un rôle dans cette reconnaissance.

Quant aux grands mammifères herbivores des savanes africaines (gnous, zébres, gazelles), connus pour migrer par milliers – voire par millions –, ils se laisseraient guider par leur ouïe, attirés par le bruit des orages tropicaux, vers les zones pluvieuses offrant de plus verts pâturages.

Bien que transmise génétiquement, la nouvelle orientation de migration varie quelque peu d'un individu à l'autre. Cette variabilité même renforce l'idée d'une composante génétique : les rejetons d'un couple donné adoptent tous sensiblement la même direction, sans doute héritée de leurs parents, mais différente de celles des autres familles.

Pour se propager dans la population, de génération en génération, depuis le début des années soixante, cette nouvelle orientation a dû faire - et fait peut-être encore - l'objet d'une sélection. Il faut pour cela qu'elle présente un certain nombre d'avantages sur celles conduisant à des destinations plus "exotiques". A commencer par... son

climat et sa gastronomie ! D'après les scientifiques, le radoucissement actuel aurait en effet rendu le climat anglais nettement plus favorable qu'autrefois à la survie des fauvettes en hiver. L'abondance de la nourriture est un autre atout : à cet égard, les fauvettes peuvent dire merci aux Anglais, qui dressent des "tables" pour nourrir les oiseaux (*bird tables*).

La distance de migration, plus courte que le trajet vers la Méditerranée, constitue un avantage supplémentaire et non négligeable pour les fauvettes : à l'aller, la réduction des dépenses énergétiques pendant le voyage (pour des oiseaux dont les réserves sont déjà au plus bas après la reproduction) limite les risques de mort par épuisement. Au retour, ces oiseaux parviennent plus vite sur les lieux de reproduction, et peuvent ainsi aisément accaparer les meilleurs territoires.

Un autre élément joue un rôle

décisif à cet égard : au printemps, la durée du jour s'allonge plus rapidement en Angleterre que dans la région méditerranéenne. Or, c'est cet accroissement de la "photopériode" qui déclenche le départ des zones d'hivernage vers les aires de reproduction. Les fauvettes qui hivernent en Angleterre pourraient donc s'en aller environ dix jours plus tôt que celles qui passent la mauvaise saison dans la zone méditerranéenne. Arrivées les premières, les "Anglaises", mieux préparées que les "Espagnoles" aux conditions climatiques relativement rudes en Allemagne et en Autriche au début du printemps, s'accoupleraient entre elles, transmettant ainsi à leur progéniture leur britannique préférence. Cela explique l'augmentation progressive de leur proportion dans les populations d'Europe centrale.

Darwin, une fois de plus, avait raison. C'est bien la sélection naturelle, ici encore, qui est à l'œuvre. La tendance à migrer vers l'Angleterre existait déjà, génétiquement, dans la population, mais les conditions écologiques ne lui avaient pas donné, jusqu'à une période récente, la possibilité de s'exprimer : elles ne l'avaient pas sélectionnée.

D'autres espèces sont ainsi soumises à des processus de sélection à court terme. C'est le cas, notamment, des pinsons de Darwin qui vivent sur l'archipel des Galápagos ('). Cependant, chez ces oiseaux, la sélection n'engendre pas de changement notable dans la composition des populations. Les fauvettes à tête noire, en revanche, ont évolué en une petite trentaine d'années, pratiquement sous nos yeux. Alors, finiront-elles, toutes, par aller passer leurs vacances d'hiver en Angleterre ? A suivre. ■

L'algue qui empoisonne les spécialistes

Une algue tropicale, qui prolifère en Méditerranée depuis une dizaine d'années, divise les scientifiques. Les uns y voient un risque majeur pour les écosystèmes maritimes de la Méditerranée, et même un danger pour les consommateurs de poisson ; d'autres la considèrent comme une envahissante, certes, mais anodine. Vingt-et-un laboratoires vont l'étudier et la surveiller durant deux ans.

PAR JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR

Un vaste programme de recherche européen vient d'être mis en place pour surveiller... une algue, *Caulerpa taxifolia*. Il est coordonné par deux Français, Charles F. Boudouresque, de l'université d'Aix-Marseille, et Yves Hénocque, d'IFREMER, et durera deux ans. Vingt-et-un laboratoires doivent y participer, dont quatre en Italie et deux en Espagne. La Commission des communautés européennes le finance à 49 % du coût total (1,337 millions d'écus, environ 8,9 millions de francs), à charge pour chaque pays participant d'apporter le reste.

Ce faisceau d'efforts contre une algue témoigne au moins de la vigilance des autorités nationales et internationales dans le domaine de l'environnement. Il se justifie par le fait que cette algue semble menacer l'écosystème de la Méditerranée, les poissons et, craint-on, la santé des riverains. Mais, en dépit des émois qu'il provoque, et qui ont grassement alimenté la chronique médiatique, le dossier demeure sans conclusions.

Lorsqu'un responsable du Musée océanographique de Monaco l'a aperçue pour la première fois en 1984, *C. taxifolia*, belle algue verte, prisée des aquariophiles, recouvrait tout juste, au pied du musée, 1 m² de fond marin, à 12 m de profondeur, tout près du tuyau qui alimente les bassins en eau de mer. Rien d'inquiétant en apparence. D'autant plus que cette espèce tropicale semblait avoir peu de chances de survivre aux températures hivernales de la Méditerranée (12 à 13 °C).

Cinq ans plus tard, elle occupait 1 ou 2 ha. On la signalait au Cap-Martin, 3 km à l'est de Mona-



Caulerpa Taxifolia
colonise la Méditerranée.

K. AMSLER / CEDRI

co, puis à l'ouest, à Toulon, à 150 km de là. En 1991, 30 ha au moins étaient déjà colonisés. Au début de l'année 1992, on estimait à 40 ha environ la surface, couverte dans les Alpes-Maritimes. C'est alors qu'à la demande de la Mission interministérielle de la mer, une cinquantaine de chercheurs de plusieurs laboratoires – du CNRS, de l'INSERM, de l'IFREMER – et de trois universités, entreprirent l'étude de l'expansion de *C. taxifolia*. Fin 1992, on évaluait qu'elle progressait chaque année de 100 à 200 m latéralement et de 10 à 20 m vers le large. Une surface de 70 ha environ était alors totalement envahie.

Alexandre Meinesz, du laboratoire environnement marin-littoral de l'université de Nice, estime que 427 ha de ce secteur sont touchés de façon plus sporadique. En effet, parallèlement aux populations étendues qui prospèrent entre Nice et Menton, on trouve d'autres colonies isolées, à Hyères, Agay, Toulon et au Lavandou. Par ailleurs, *C. taxifolia* a été également repérée aux Baléares, et en Italie – à Livourne et Messine.

Comme elle se mélange à d'autres algues, son taux de recouvrement n'a pas pu être établi avec précision, mais plusieurs campagnes ont permis d'aboutir aux cartes présentées p. 82 et 83. L'IFREMER a mené deux missions, en mars et octobre 1992, avec le laboratoire environnement marin-littoral de l'université de Nice. La densité de *C. taxifolia* a été mesurée dans les zones les plus atteintes de Menton au Cap-d'Ail, jusqu'à 90 m de profondeur, à l'aide d'une caméra vidéo immergée et tractée sur le fond par le navire océanographique *Ro-*

selys. Pour explorer les régions plus profondes, jusqu'à 180 m, la Marine nationale a mis à la disposition des chercheurs un de ses petits sous-marins, le *Griffon*, dont le navire océanographique d'IFREMER, le *Triton*, assurait le soutien logistique. Avançant à 1 ou 2 m au-dessus du fond, à la vitesse de 1 à 3 noeuds, le sous-marin d'exploration a permis des observations directes à travers un hublot panoramique et grâce aux deux caméras vidéo à l'avant. Deux pinces prélevaient des échantillons. Les sorties du *Griffon*, les 9, 10 et 11 décembre 1992, ont permis de mieux cerner les limites de la colonisation. Un hélicoptère des Douanes a apporté une vue plus globale, mais pour les premiers mètres du littoral seulement.

Plus de cinquante clubs de la Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM) ont été mis à contribution ; à titre bénévole, leurs adhérents ont visité les petits fonds de certaines portions du littoral des Alpes-Maritimes et du Var, signalant l'algue chaque fois qu'ils la rencontraient. Des plongeurs de la Marine nationale se sont chargés des zones militaires, non accessibles au public. Bilan : l'algue colonise l'étage infralittoral, qui s'étend jusqu'à une profondeur de 30 à 40 m, et elle déborde sur l'étage suivant (circalittoral), où elle s'est fixée par 52 m de fond. On l'a même rencontrée, à l'état libre, jusqu'à 180 m de profondeur.

Venue de mers chaudes, *C. taxifolia* abordera pourtant son dixième hiver en Méditerranée. Heureuse ! Car elle paraît mieux s'épanouir dans nos eaux froides qu'aux Antilles, au Sénégal ou aux Philippines. Elle est devenue plus vigoureu-

suite de la page 81

se. Alors que ses feuilles, les frondes, ne dépassent généralement pas 10 à 20 cm de hauteur, elles atteignent là 40 à 60 cm. Dans les fonds méditerranéens, on trouve, au m², jusqu'à 8 000 frondes et 230 m de tiges, les stolons, enchevêtrées – une densité jamais observée sous les tropiques. Meinez se demande, sans en apporter la preuve, si une mutation génétique n'expliquerait pas ce phénomène. Et si des amateurs n'auraient pas involontairement sélectionné, d'aquarium en aquarium, une souche résistante capable de s'adapter aux variations de température et de lumière. On ignore ce qui se passera lorsque l'algue atteindra les zones plus chaudes de la Méditerranée.

C. taxifolia se propage à la fois par division et par reproduction sexuée. La reproduction végétative lui permet de s'étendre par simple croissance et ramification, principalement de mai à novembre, au rythme de 2 cm par jour au plus fort de son activité, soit de 2 à 3 m par an. Variante de cette reproduction végétative, le bouturage : à partir d'un fragment de 10 cm, Meinez a obtenu en aquarium cinq nouveaux individus. Tempêtes, ancre, filets, coques de bateaux sont autant de facteurs intervenant pour fragmenter et disséminer l'algue, qui est également transportée par les oursins et les araignées de mer. *C. taxifolia* se reproduit sexuellement quelques

L'algue à l'assaut

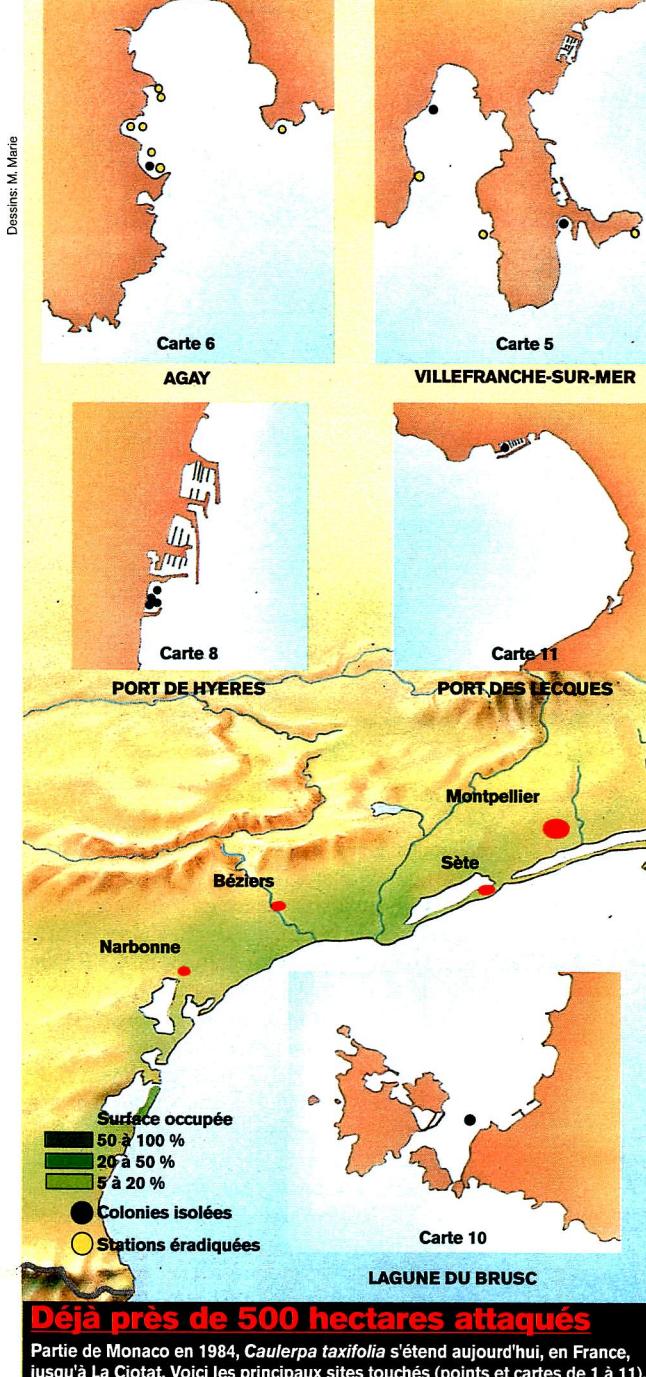
Les caulerpes encerclent puis étouffent les petites colonies de posidonies.



DR

jours par an, l'été, libérant alors dans le milieu des millions de gamètes par individu. En Méditerranée, il semble que la diffusion se soit faite, jusqu'à présent, essentiellement par reproduction végétative. La reproduction sexuée ne peut toutefois être exclue, car on a observé au cours des trois derniers étés des spécimens portant des papilles, caractéristiques de la phase reproductive. Voilà peut-être ce qui expliquerait les disséminations lointaines.

Avec de tels atouts, *C. taxifolia* pourrait coloni-

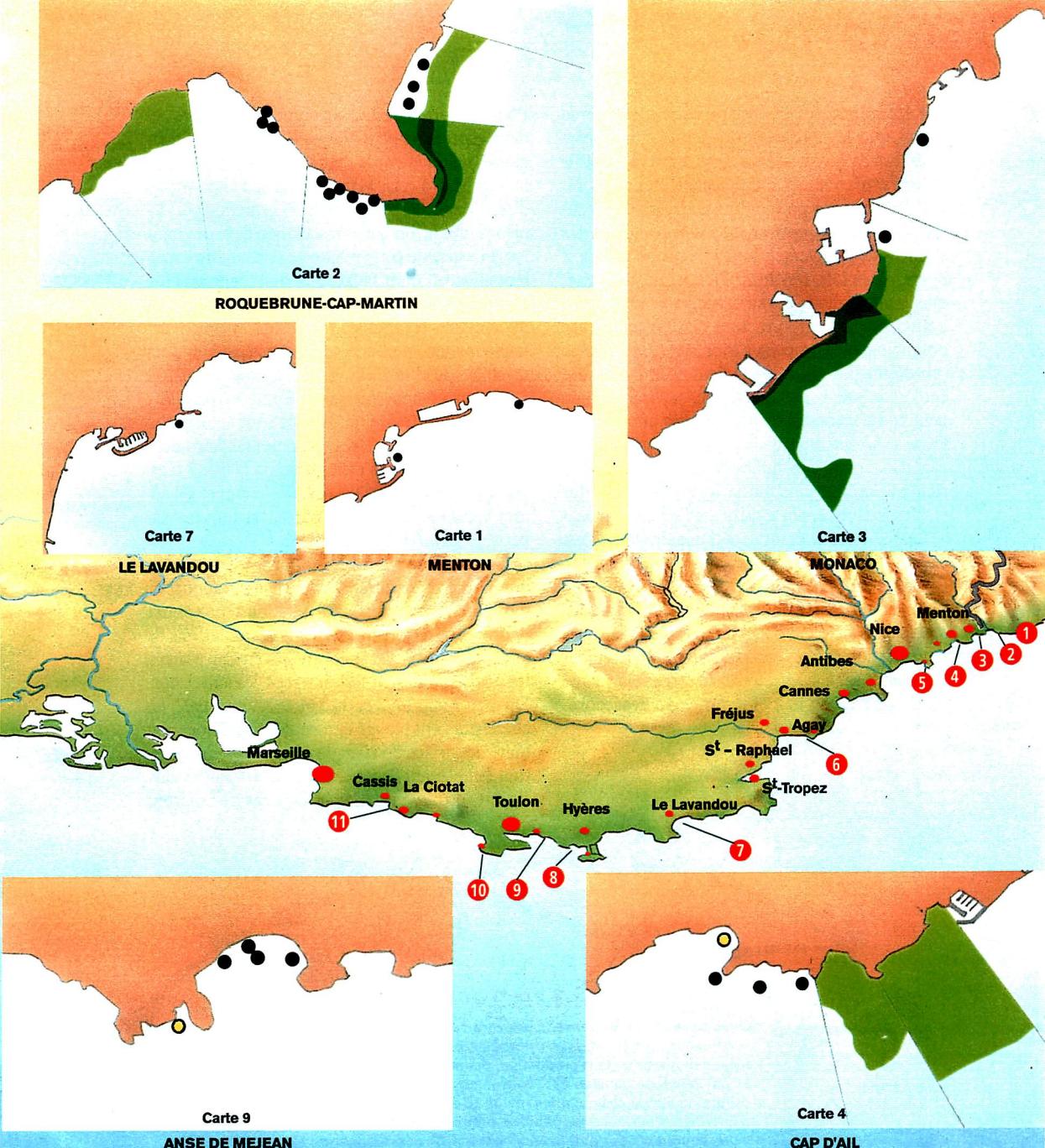


Déjà près de 500 hectares attaqués

Partie de Monaco en 1984, *Caulerpa taxifolia* s'étend aujourd'hui, en France, jusqu'à La Ciotat. Voici les principaux sites touchés (points et cartes de 1 à 11).

ser l'ensemble des petits fonds jusqu'à 60 m de profondeur, car elle se fixe sur n'importe quel support, roche, sable ou vase. Et peu lui importe que les eaux soient calmes ou agitées, pures ou polluées.

La menace la plus imminente porte sur l'écosystème. Là, chaque espèce a sa place et les interrelations jouent un rôle primordial. Qu'un maillon disparaisse et tout l'équilibre de l'écosystème peut être compromis. Lorsqu'une espèce devient dominante, c'est souvent au détriment



d'autres, dont la disparition peut entraîner à son tour celle d'autres végétaux ou animaux. On en connaît de nombreux exemples, comme celui de la moule zébrée, venue d'Europe vers les grands lacs des Etats-Unis dans les soutes des navires, et qui a proliféré au point d'accaparer le phytoplancton au détriment des autres espèces. De plus, la diversité est la clé de la santé d'un écosystème. Or, l'invasion de *C. taxifolia* menace cette diversité. «Sur les substrats qui étaient couverts

de végétation et qui depuis cinq ans ont été envahis, elle a éliminé la majeure partie de la végétation d'origine par recouvrement», dit Meinesz.

Ce n'est pas la première espèce d'algue "étrangère" qui se soit introduite en Méditerranée : on en connaît au moins huit. Certaines sont arrivées de la mer Rouge, après le creusement du canal de Suez, ou d'ailleurs, fixées aux coques des bateaux. Elles sont devenues très communes en Méditerranée, sans autres dommages. D'autres, plus récemment,

suite de la page 83

ont été importées involontairement en même temps que les naissains de l'huître japonaise, *Crassostrea gigas*. «Mais c'est la première fois qu'une espèce réunit toutes les qualités et les défauts nécessaires pour coloniser le milieu», estime Michèle Knoepffler, de l'Observatoire des sciences de l'univers de Banyuls-sur-Mer. «C'est la première fois, renchérit Hénocque, déjà cité, que le phénomène est aussi spectaculaire.» Mais pour Jean Jaubert, directeur de l'Observatoire océanologique européen à Monaco, *C. taxifolia* ne représente pas un risque majeur pour l'équilibre écologique de la Méditerranée, et serait même bénéfique. Il considère, pour sa part que «la caulerpe s'installe dans des zones où la production végétale est faible ou nulle et contribue donc à enrichir le milieu puisque la décomposition des vieilles frondes apporte de la matière organique.»

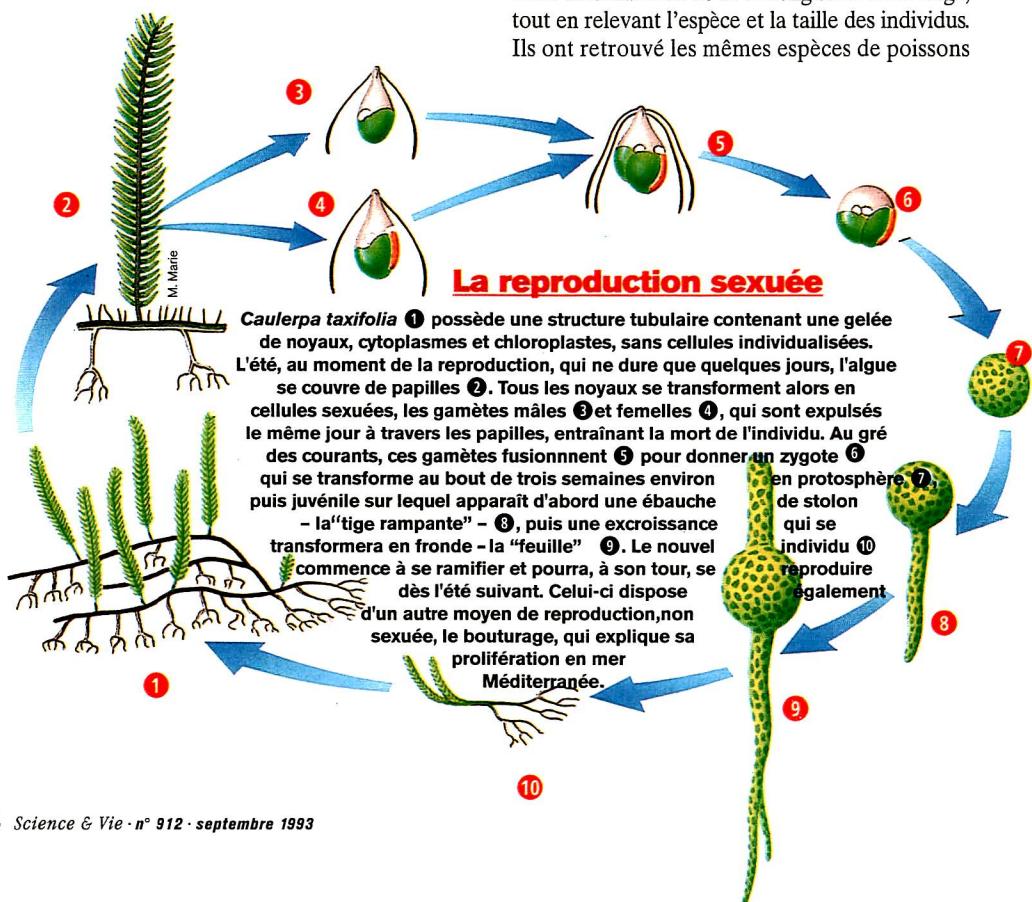
Le phénomène étant neuf, l'unanimité ne s'est donc pas faite autour de lui parmi les spécialistes. Certains font observer ainsi que cette algue ne semble pas privilégier les zones désertées par les autres espèces. Et ils s'inquiètent, tout particulièrement, pour les herbiers de posidonies, qui servent de "poumons" à la Méditerranée et d'habitat à une faune variée. Sur ce point, nouveau désaccord.

Pour Jaubert, en effet, «la compétition entre ces deux espèces ne peut être qu'accidentelle et marginale, uniquement le long des limites de peuplement.» Mais à cela, Marc Verlaque, de l'université d'Aix-Marseille, répond que «l'herbier de posidonies est très favorable à l'installation de la caulerpe, les rhizomes de cette plante se révélant un excellent substrat pour la fixation de l'algue.» Selon Hénocque, «on a affaire à deux espèces dont les dynamiques d'expansion sont sans aucune commune mesure : plusieurs centimètres par jour pour un stolon de *C. taxifolia* et deux à trois millimètres seulement pour un rhizome de *Posidonia oceanica*. Là où les touffes de posidonies sont éparses, les caulerpes pénètrent très facilement, s'enroulent autour des rhizomes et étouffent la plante.» Il est vrai que «les herbiers denses résistent mieux», admet Verlaque. L'avenir départagera tous ces experts quant au sort des posidonies.

L'impact de l'algue sur les poissons n'a pas fait non plus l'unanimité des experts. Un rapport (1) montre qu'il n'existe pas de relation simple entre la présence de *C. taxifolia* et les populations de poissons. Cinq sites ont été étudiés au Cap Martin, les uns colonisés par les caulerpes, les autres non. Du 4 au 7 mai 1992 et du 5 au 9 octobre 1992, les chercheurs ont plongé et compté les poissons, par unité de surface de 20 m de long sur 2 m de large, tout en relevant l'espèce et la taille des individus. Ils ont retrouvé les mêmes espèces de poissons

(1) De Patrice Francour, de la faculté des sciences de Luminy, Mireille Harmelin-Vivien et Jean-Georges Vivien, de la Station marine d'Endoume, et de Jean Duclerc, d'IFREMER.

(2) Depuis Christophe Colomb, les navigateurs entretiennent la peur légendaire de rester prisonnier des algues géantes occupant cette mer, dans l'Atlantique nord.





A. Meinesz

Surveillance rapprochée

Dès qu'ils la rencontrent, les plongeurs bénévoles signalent l'algue aux centres de recherche.

dans les zones colonisées par les caulerpes et dans celles où l'algue n'avait pas pénétré. Mais la densité était légèrement plus faible dans les stations colonisées, notamment au printemps, à faible profondeur (3 à 8 m). «Si les caulerpes continuaient à s'étendre, il faudrait s'attendre à un appauvrissement de la biocénose (ensemble des organismes vivants), estime Hénocque. Le recouvrement du fond à 100 % par une seule espèce d'algue ne peut, à terme, qu'entraîner une diminution de la richesse spécifique et de la densité du peuplement de poissons.» En effet, la disparition de certains maillons de la chaîne alimentaire a évidemment des conséquences sur le peuplement du milieu.

Le dernier volet du dossier, celui de la toxicité éventuelle pour les poissons et pour les humains qui mangeraient ceux-ci, semble un peu plus clair. Comme la plupart des caulerpes, *C. taxifolia* synthétise des métabolites secondaires toxiques, de la famille des terpénoïdes, et des composés azotés : la caulerpine, la caulerpicine et la caulerpényne. Les chimistes Antonio Guerriero, et Francesco Pietra de l'université de Trente, en Italie, ont même découvert quatre autres toxines chez *C. taxifolia* et les ont analysées. Ces substances évitent à l'algue d'être broutée par la plupart des poissons, oursins et mollusques et d'être parasitée par de petits organismes. Ces toxines diffusent dans le milieu ; leur taux est maximal en été. Il décroît en aquarium, où l'algue ne semble pas menacer les poissons.

Ces toxines se concentreraient dans la faune marine qui les absorbe, comme certains petits coquilles et les limaces de mer. Les oursins ne mangent de caulerpe que l'hiver, sans doute parce que la présence de toxines est moindre ; des expériences de laboratoire indiqueraient que, même à faibles doses, la consommation de caulerpe "affaiblirait" les oursins... Un seul poisson semble apprécier quoique de façon modérée *C. taxifolia*

, la saupe, *Sarpa salpa*, qui est peu prisée des gastronomes mais qui peut être confondue avec un pageot ou une daurade. Mais d'autres poissons ne se régaleront-ils pas de caulerpe ? Et les toxines passées dans la chaîne alimentaire ne seraient-elles pas alors dangereuses pour l'homme ?

On a cru tenir un indice : durant les étés 1991 et 1992, trois cas d'intoxication après ingestion de poissons péchés sur la côte attirèrent l'attention du Centre antipoisons de Marseille. Ses observations ont paru dans une revue savante, *Ichthyophysiology acta*. Voici les faits : un couple, un homme et quatre membres d'une famille ayant mangé respectivement de la daurade grise, un pageot rose et une soupe de poisson, l'ensemble péché au large de Marseille, ont présenté les mêmes symptômes : malaise général, vertiges, hypersudations, tachycardie, oppression thoracique, sensation de paralysie et impression de mort imminente. Tous ces symptômes neurologiques ont disparu, au bout de vingt-quatre heures pour les plus persistants ; ils évoquent la *ciguatera*, intoxication commune dans les mers chaudes, affectant des gens qui ont mangé (pour la seconde fois) du poisson ayant lui-même avalé une algue microscopique et toxique. Pas d'ambiguité apparente dans l'affaire : les personnes qui avaient partagé le même repas sans prendre de poisson, n'ayant ressenti aucun trouble. Or, en neuf ans, un seul autre cas similaire a été relevé, en 1988, justement après l'ingestion d'une daurade grise.

Boudouresque, déjà cité, n'écarte pas l'hypothèse d'une répercussion toxique de l'algue chez l'homme. Même avis au Centre antipoisons, pour qui la période la plus critique se situerait entre la mi-juillet et la mi-août, au moment où les sécrétions toxiques des caulerpes sont maximales et où les saupes ingèrent de grandes quantités d'algues pour assurer la reproduction. Beaucoup de suppositions, donc, et peu de certitudes... Ce que la caulerpe semble avoir le plus sûrement réussi à créer, c'est une mer des Sargasses scientifique (2).

Dans le doute, pourrait-on exterminer *C. taxifolia* ? Car elle ne disparaît pas d'elle-même, et elle ne régresse pas. Pour Meinesz, «il aurait fallu l'exterminer dès le début.» Sur certains points pourtant, à Cap-d'Ail, St-Jean-Cap-Ferrat, Villefranche-sur-Mer et Agay, les algues ont été arrachées par les plongeurs qui les avaient découvertes. Au Lavandou, à Toulon et dans un autre secteur d'Agay, elles ont fait l'objet d'une éradication partielle, qui semble en avoir ralenti l'extension. Au lieu de se multiplier par 6 à 10, leur surface de recouvrement n'a augmenté que d'un facteur... 2 à 4 par an ! Des stratégies mécaniques, physiques, chimiques et biologiques sont à l'étude pour neutraliser l'algue tout en préservant le milieu marin.

hydr^ologie

Les barrages de



Le Mississippi aujourd'hui, la Loire demain ?

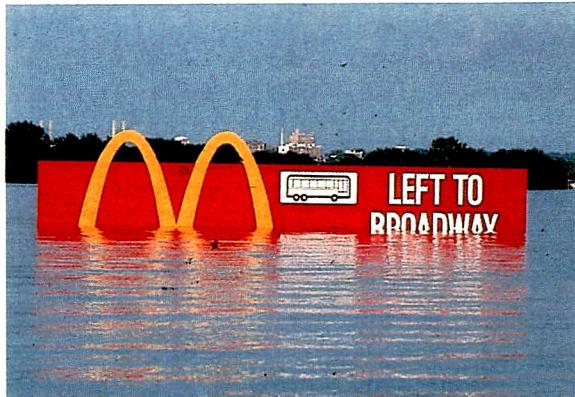
Dans la vallée de la Loire, 300 000 personnes vivent en zone inondable. A Orléans, en cas de crue grave, la vieille ville serait hors d'eau. Mais les quartiers et surtout les communes limitrophes, situés sur la rive gauche du fleuve, sont très exposés (ci-dessus, au premier plan). Les barrages qu'il est prévu de construire ne permettraient pas d'éliminer ce risque entièrement...

la Loire contestés

**A l'image du Mississippi,
qui vient de dévaster
le centre des Etats-Unis, la
Loire peut provoquer
de graves inondations.
Au siècle dernier,
elle a débordé à trois reprises
et, en 1980, elle a
fait 8 morts dans la région
du Puy. Les projets
de barrages censés contenir
les crises de ce fleuve
fantasque sont au centre
d'une vive polémique.
Faut-il "bétonner" la Loire ou
faut-il "faire la part de l'eau"
en interdisant
l'urbanisation des secteurs
inondables ? Le ministre
de l'Environnement
doit trancher cet automne .**

PAR MARC MENNESSIER

Christensen / Gamma



Sept mètres cinquante d'eau dans la Loire à Orléans, Blois et Tours, cinq ponts détruits, 100 000 hectares inondés : la terrible crue de juin 1856, et celles de 1846 et de 1866, qui étaient d'ampleur comparable, ont laissé une empreinte indélébile dans la mémoire des Ligériens, les habitants des bords de Loire. Plus récemment, le 20 septembre 1980, mais cette fois dans le haut bassin, le fleuve naissant se muait en un torrent furieux, faisant 8 morts à Brives-Charensac, petite localité proche du Puy-en-Velay (Haute-Loire), et 430 millions de francs de dégâts.

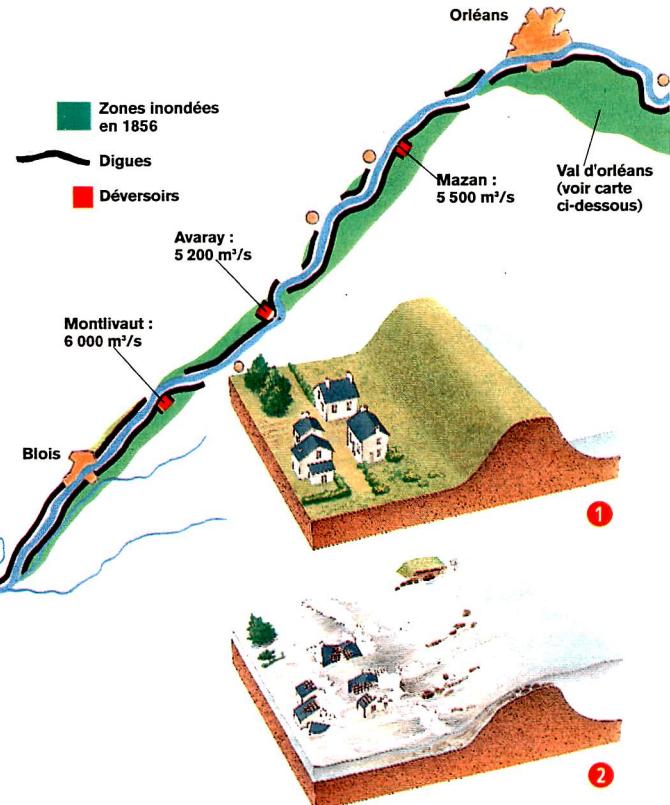
Fort heureusement, ces violentes sautes d'humeur sont exceptionnelles. Avec un débit de 2 200 mètres cube par seconde à Brives-Charensac, la crue de 1980 était de "fréquence cent cinquantenaire". Ce qui signifie que sa durée moyenne de retour sur une échelle de temps très longue est de 150 ans. En Loire moyenne – c'est ainsi que l'on nomme la partie du fleuve comprise entre le confluent de l'Allier et celui de la Vienne, (voir carte p. 88) – les trois crues du siècle dernier étaient de fréquence centennale. Pour l'instant, aucune inondation de cette gravité ne s'est produite au XX^e siècle sur cette portion du fleuve...

Mais la Loire est totalement imprévisible. Après de sévères périodes de basses eaux (ou étiages), elle peut, à tout moment, sortir de ses gonds et provoquer un désastre comparable à celui qui vient de frapper le Middle West américain, victime de la crue ►



Les barrages de la discorde

Pour lutter contre les inondations et constituer des réserves d'eau en cas de sécheresse, l'Etablissement public d'aménagement de la Loire et de ses affluents (EPALA) propose de construire quatre barrages. Au grand dam des écologistes, qui veulent préserver "le dernier fleuve sauvage d'Europe". Il y a deux ans, deux de ces projets, Serre de la Fare et Chambonchard, ont été annulés par le gouvernement.



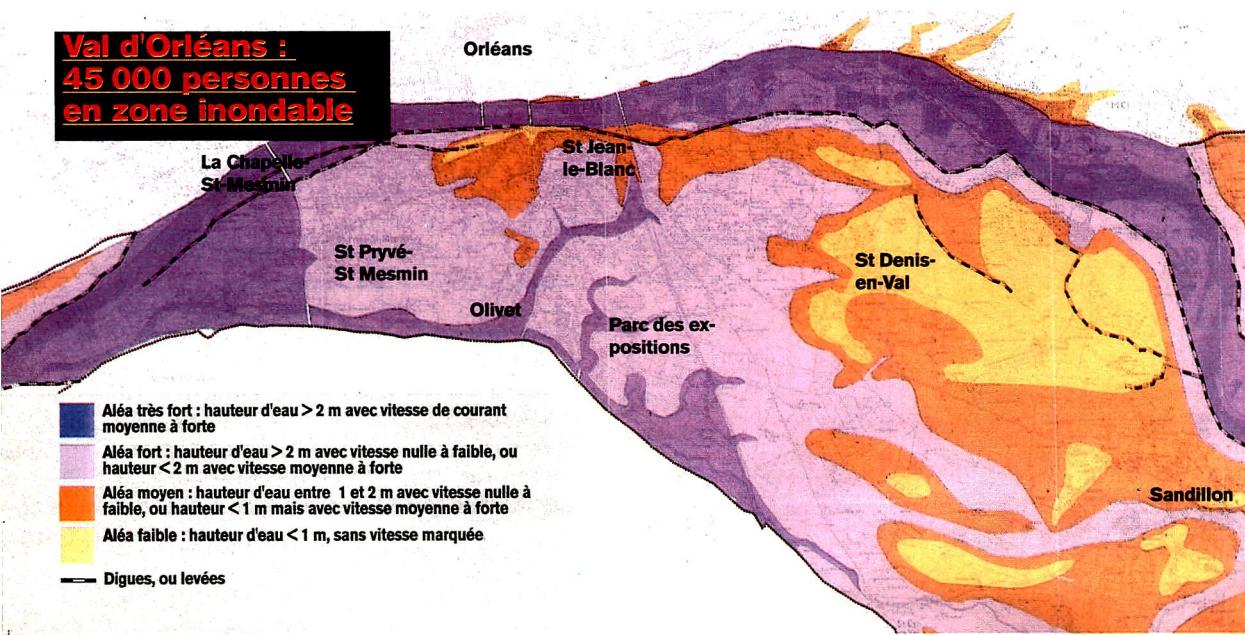
suite de la page 86

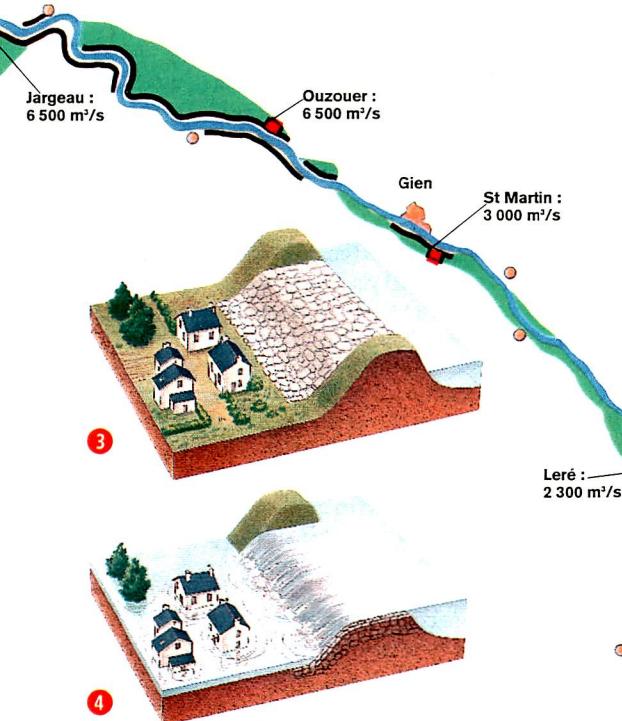
du Mississippi. Entre Nevers et Tours, 300 000 personnes vivent dans des zones qui furent inondées, parfois sous plus de 2 m d'eau, il y a un siècle et demi ! Sans parler des zones industrielles, dépôts d'hydrocarbures et autres installations qui n'existaient pas en 1856. Si une telle catastrophe venait à se reproduire, elle occasionnerait, selon une estimation très grossière, entre 10 et 15 milliards de francs de dégâts..

Comment se protéger contre de telles calamités ?

«En construisant des barrages !» répond depuis des années Jean Royer, le bouillant député-maire de Tours et président de l'Etablissement public pour l'aménagement de la Loire et de ses affluents (EPALA), un puissant syndicat mixte qui regroupe 6 régions, 15 départements, 19 villes de plus de 30 000 habitants et plusieurs milliers de petites communes rurales.

«En gérant le risque plutôt qu'en cherchant à l'éliminer», estiment de leur côté les écologistes,





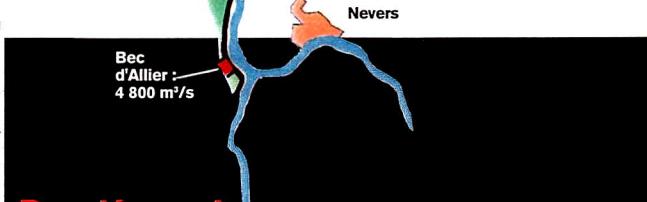
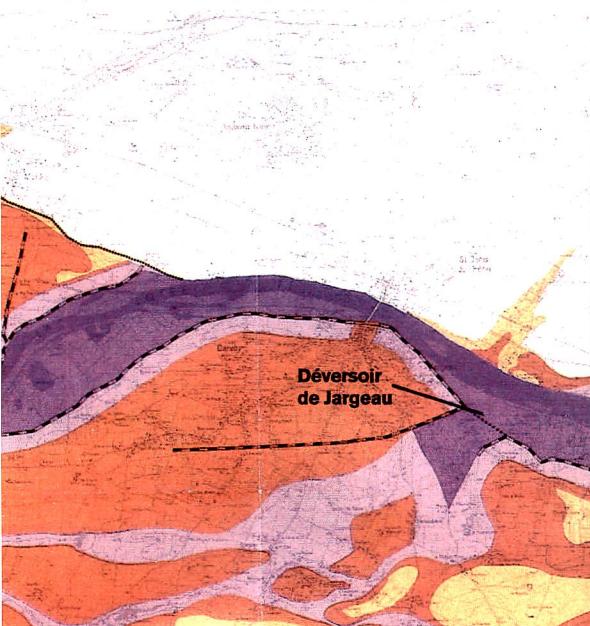
prêts à tout pour «sauver le dernier fleuve sauvage d'Europe». Les deux points de vue, parfois aussi excessifs que la Loire sait se montrer impétueuse, s'affrontent depuis des années.

C'est sur ce dossier, «le plus difficile et le plus délicat» auquel il est confronté depuis son arrivée au ministère de l'Environnement, que Michel Barnier a promis de trancher dès cet automne. L'enjeu est le suivant : le ministre doit confirmer ou non la décision prise le 31 juillet 1991 par le gouvernement

d'Edith Cresson, d'annuler deux des quatre barrages programmés par l'EPALA (voir carte page ci-contre, en haut) : Chambonchard (voir encadré p. 96) et surtout Serre de la Fare, dont le site est occupé depuis le mois de février 1989 par l'association SOS Loire vivante soutenue par le Fonds mondial pour la nature (WWF). La retenue de Chambonchard, située sur le Cher à 20 km en amont de Montluçon, aurait surtout pour vocation de «soutenir les étiages». L'opération consiste à stocker l'eau pendant les périodes excédentaires (hiver, printemps) en vue de la restituer lorsqu'elle manque (été, automne), de façon à garantir en toute saison un débit suffisant pour l'irrigation, l'alimentation en eau des villes, des industries, des centrales nucléaires et accessoirement la survie des poissons... De son côté, Serre de la Fare doit remplir une double fonction hydraulique : soutien d'étiage et lutte contre les crues. Enfin, Michel Barnier devra se prononcer sur le barrage du Veudre, qui a pour mission de protéger la Loire moyenne contre les crues centenales, et la retenue de Naussac II destinée à améliorer le remplissage de la réserve de Naussac I située sur le Donozeau, un affluent de l'Allier.

Nul ne peut anticiper la décision du ministre. Mais s'agissant de la lutte contre les inondations, le sujet qui nous préoccupe ici, un constat s'impose d'emblée. Contrairement à une idée reçue, les barrages écrêteurs de crue, comme ceux de Serre de la Fare et du Veudre, n'apportent pas de garantie absolue contre de

IGN, Paris 1991 Extrait de la carte de France au 1/25 000 série bleue autorisation n° 42 1011



Des déversoirs pour faire "la part de l'eau"

Pour éviter les ruptures brutales de digues (dessins 1 et 2), il fut décidé après les graves inondations du siècle dernier, d'abaisser leur hauteur de 1 à 2 m aux endroits les plus sensibles (voir carte ci-dessus). Baptisées "déversoirs", ces échancreures de quelques centaines de mètres de long permettent, au-delà d'un certain débit (indiqué en m³/s), d'évacuer de gros volumes d'eau en inondant en douceur des secteurs où cela ne présente pas de danger (dessins 3 et 4). Résultat : la hauteur d'eau diminue, ce qui "soulage" les digues et améliore la protection des villes situées en aval. Malheureusement, la plupart de ces vallées inondables, en particulier ceux d'Orléans (ci-contre) et de Tours, sont aujourd'hui très urbanisés. Si bien que le dispositif ne peut plus fonctionner comme prévu...

suite de la page 88

tels périls. Certes, ces ouvrages diminuent la fréquence et l'intensité des crues les plus dommageables – ce qui est appréciable –, mais ils ne peuvent en aucun cas éliminer le risque entièrement. Comme le dit Jean Chapon, ingénieur général des Ponts et Chaussées et auteur, en 1979 et en 1989, de deux rapports sur l'aménagement de la Loire, «la probabilité qu'il se produise demain une crue d'intensité illimitée, que les barrages seront impuissants à contenir, n'est jamais nulle.» De fait, les centaines de barrages et de digues aménagés sur le Mississippi et le Missouri depuis 65 ans n'ont pas empêché ces deux fleuves de déborder...

Le barrage de Serre de la Fare sera censé contenir les violentes crues, dites cévenoles, qui affectent le haut bassin de la Loire, généralement en automne. Ces phénomènes résultent de précipitations orageuses très intenses, provenant du choc entre des masses d'air chaud d'origine méditerranéenne et des masses d'air froid continental. Dans la nuit du 19 au 20 septembre 1980, il est tombé jusqu'à 600 mm d'eau en 24 heures autour du mont Gerbier de Jonc (lieu bien connu des sources de la Loire), avec des pointes horaires de plus de 100 mm ! Compte tenu de la forte pente du bassin à cette altitude, ce volume d'eau considérable a provoqué

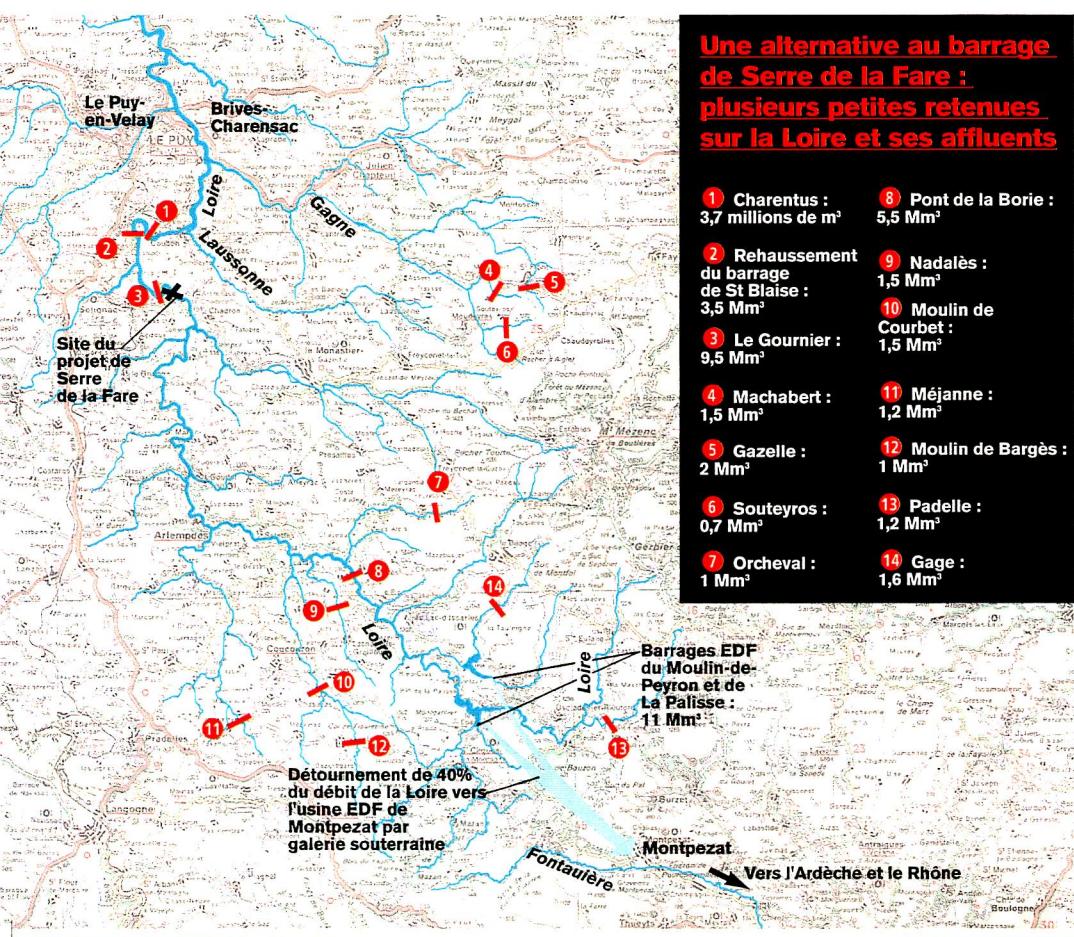
en quelques heures des écoulements torrentiels.

Si le barrage de Serre de la Fare avait été construit, la pointe de crue se serait limitée à 674 m³/s au lieu de 2200 m³/s : les dégâts matériels et surtout les pertes en vies humaines auraient été probablement évités. Ce chiffre de 674 m³/s représente, en effet, le débit de la Loire toléré à Brives-Charensac. Il correspond à la capacité d'évacuation maximale du pertuis bas (un orifice de 9,40 m de large et de 4 m de haut) placé à la cote 723,5 m, c'est-à-dire à 53,50 m au dessus de la base du barrage, qui se situe elle-même à une altitude de 670 m au dessus du niveau de la mer.

Cependant, on sait aussi que, le 20 septembre 1980, le niveau d'eau derrière la retenue serait monté à la cote 735,7 m, soit 30 centimètres seulement au dessous du premier déversoir de surface. Ce qui signifie qu'une crue plus rare, de fréquence cinq centennale par exemple, se serait traduite par un débit de pointe d'environ 1 100 m³/s, susceptible de provoquer des dégâts conséquents dans la vallée et surtout une belle panique, dans la mesure où les gens se seraient cru en sécurité derrière le barrage.

Une inondation d'ampleur équivalente peut également se produire si le pertuis bas du barrage se met à lâcher de l'eau au moment où la Gagne et la

(1) Ce volume est calculé en considérant qu'il faut abaisser le débit de pointe de la crue de 2200 m³/s à 600 m³/s pendant huit heures. Ce qui revient à stocker environ 1600 x 3600 x 8 = 46 millions de m³.





Laussonne, deux affluents de la Loire qui se jettent en aval du barrage et en amont de Brives-Charenac (voir carte page ci-contre), montent elles aussi en crue. Ces cours d'eau sont capables, en effet, d'atteindre respectivement des débits de 350 et 100 m³/s, lesquels pourraient venir s'ajouter aux 674 m³/s lâchés par le barrage !

Troisième remarque, la retenue de Serre de la Fare sera capable d'accueillir en permanence un volume de 55 millions de m³ d'eau. Ce qui est suffisant pour écrêter une crue du type de celle de 1980. Malheureusement, pour des raisons de coût, il n'est pas prévu d'installer à la base de la retenue une vanne de fond manœuvrable suffisamment dimensionnée pour effectuer une vidange préventive pendant les heures qui précèdent l'arrivée d'une crue de plus grande ampleur. Or, moyennant un équipement capable de débiter 600 m³/s, il serait possible, en situation de très grand péril, de prendre de l'avance en évacuant des volumes d'eau considérables (de l'ordre de 21,5 millions de m³ en 10 heures) et de se doter ainsi d'une réserve supplémentaire !

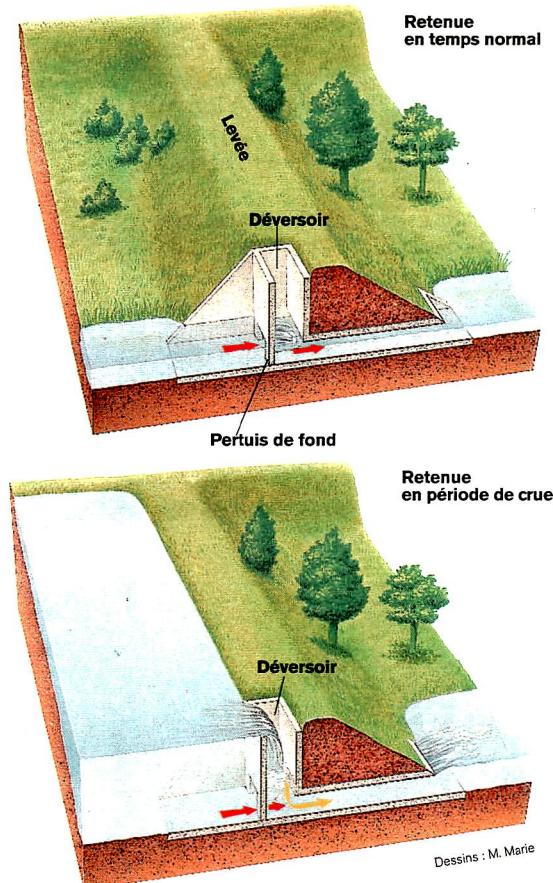
Constatant ces carences, Henri Présumey, ancien conseiller général du Monastier-sur-Gazeille (Haute-Loire), tient le raisonnement suivant : « Soit le barrage de Serre de la Fare s'inscrit dans une vision globale d'aménagement de la Loire avec soutien d'étiage, auquel cas on remédie aux carences du projet actuel et on augmente sa capacité de façon à exploiter au maximum le site qui doit être noyé – ce qui coûte aussi beaucoup plus cher ! Soit on se fixe comme unique objectif de protéger Brives-Charenac contre les crues, et auquel cas il est inutile de construire cet ouvrage. »

Ce médecin de campagne, qui connaît le fleuve jusque dans ses moindres recoins, avait présenté, en 1983, devant la commission d'enquête publique mise en place par le préfet de Haute-Loire, une idée astucieuse mais qui n'a curieusement jamais été reprise ni même étudiée depuis. Pour amortir une crue de type 1980, il faut stocker environ 45 millions de m³ d'eau pendant huit heures (¹). Plutôt que de retenir cette eau derrière un grand barrage de 75 m de haut, comme celui de Serre de la Fare, Henri Présumey propose d'édifier « dans des zones judicieusement choisies » une dizaine de levées en terre et en enrochements d'une hauteur de 4 à 18 m sur la Loire et ses affluents (voir carte et dessin ci-contre) le plus près possible de la source. C'est en effet dans la partie haute du bassin versant que se forment les crues les plus meurtrières.

En cas de fortes précipitations, ces levées retiendraient les eaux de ruissellement et formeraient, pendant 24 à 36 heures, des lacs temporaires d'un volume compris entre 1 et 6 millions de m³. Un déversoir situé à hauteur de la crête serait là pour évi-

Lutter contre les crues en retenant l'eau à la source

En stockant l'eau temporairement dans des vallées d'altitude (ci-dessus, dans la Loire au pont de la Borie ⑧) barrées par des retenues en terre et en enrochements (dessins ci-dessous), et en modifiant l'exploitation de l'usine hydroélectrique de Montpezat (voir carte ci-contre), on peut collecter un volume d'eau suffisant pour amortir une crue comparable à celle qui a ravagé la région du Puy en septembre 1980. Cette alternative au grand barrage de Serre de la Fare a été curieusement ignorée par les aménageurs. Elle serait pourtant moins coûteuse et moins dommageable pour l'environnement.



suite de la page 91

ter la submersion de la retenue (un peu comme un trop-plein de baignoire), tandis que l'eau serait lentement évacuée par un pertuis de fond contribuant ainsi à étaler l'onde de la crue en aval. Nous avons accompagné Henri Présumey sur onze sites présentant les critères topographiques requis pour "loger" un volume total de 18,7 millions de m³ : il s'agit de petites vallées d'altitude dépourvues d'habitats formant une cuvette suffisamment profonde et évasée pour recueillir, en cas de crue (c'est-à-dire quelques fois par siècle), des quantités d'eau appréciables. Mais cette liste n'est pas exhaustive. Il existe au moins une dizaine d'autres sites représentant, au total, une capacité de stockage supplémentaire d'au moins 10 millions de m³.

Henri Présumey propose également de construire en série, sur la Loire, trois petits barrages de même conception que les précédents mais de dimensions plus importantes. Le premier, d'une hauteur de 27 m, serait édifié à environ un kilomètre en aval du site de Serre de la Fare, au lieu-dit le Gournier. Le second ouvrage consisterait à rehausser de 12 m le petit barrage hydroélectrique de Saint-Blaise. Quant à la troisième retenue, elle pourrait barrer le fleuve sur une hauteur de 16 m à 500 m en amont du village de Charentus (voir carte p. 90). Au total, ces trois ouvrages permettraient de stocker environ 16,7 millions de m³ en cas de crue. Mais pour utiliser ce volume au mieux, il conviendra de munir ces retenues de pertuis capables de débiter entre 300 et 600 m³/s dès le début de leur montée en charge.

Enfin, il serait possible de se doter d'une réserve supplémentaire de 11 millions de m³, dès le début du mois de septembre, en modifiant l'exploitation des barrages de La Palisse sur la Loire et du Moulin de Peyron sur le Gage (voir carte p. 90), qui ali-

mentent la chute de Montpezat (Ardèche). Ce complexe hydroélectrique, construit dans les années 1950, détourne environ 40 % du débit annuel de la Loire vers le Rhône via la Fontaulière, un affluent de l'Ardèche. Il permet d'approvisionner Lyon et Marseille en électricité aux heures de pointe et accessoirement de soutenir les débits de l'Ardèche qui, autrement, serait presque toujours à sec en été. Les quatre à six mille amateurs de canoë-kayak qui descendant chaque jour cette rivière, durant les mois de juillet et août, ignorent qu'ils se promènent en fait sur les eaux... de la Loire.

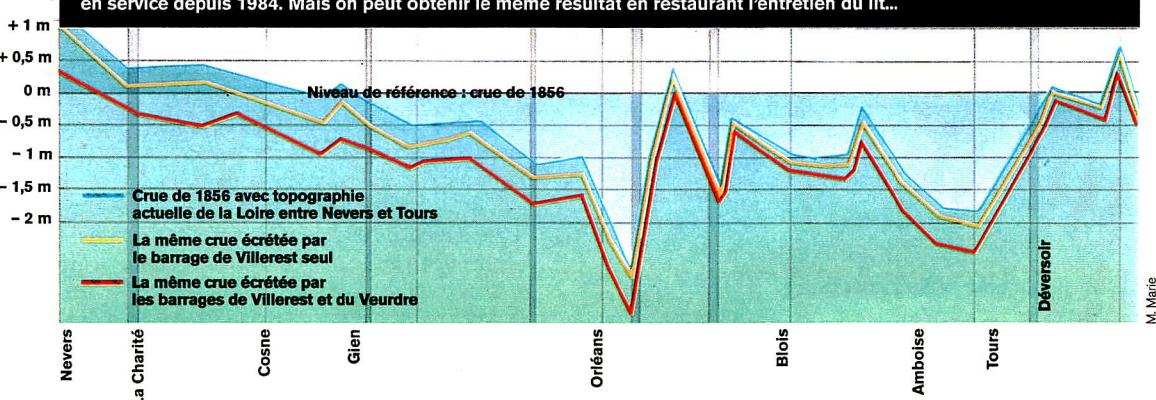
En additionnant ces trois volets, on arrive à stocker les 45 millions de m³ d'eau requis. Pour un coût de 7 à 9 fois moins élevé que le barrage de Serre de la Fare (80 à 100 millions de F au lieu de 700 millions) et sans porter atteinte à l'environnement. Une fois enherbées et plantées d'arbres, les levées s'intégreront parfaitement au paysage. De plus, étant munies d'un pertuis ouvert en permanence, elles ne bloqueront pas le passage des poissons.

Dès lors, une question se pose : pourquoi les aménageurs ont-ils, jusqu'à présent, ignoré ce projet ? On peut avancer au moins deux explications. La première est d'ordre technique. De nombreux spécialistes craignent en effet que ces micro-barrages, une fois remplis, déversent tous en même temps des débits importants qui pourraient s'additionner et provoquer une crue artificielle. Un tel risque n'est pas à négliger. Mais, pour l'évaluer, il faudrait au moins commencer par étudier le projet de façon approfondie. Or, à notre connaissance, aucun hydrologue n'a été officiellement chargé, à ce jour, d'une telle mission.

Deuxième raison : les ingénieurs aiment le béton et les grands travaux. C'est à la fois une question d'état d'esprit et de gros sous. Placer des petites le-

Restaurer d'abord l'entretien du fleuve

Depuis un demi-siècle, les extractions massives de granulats ont creusé le lit de la Loire parfois sur plusieurs mètres de fond ! Ce qui devrait faciliter le passage des crues. Mais, dans le même temps, l'absence d'entretien a annulé ce gain de capacité. Résultat : si une crue comme celle de 1856 (gravure ci-contre) se produisait aujourd'hui, l'eau monterait plus haut entre Nevers et Gien, où le lit est particulièrement encombré de végétation. Le barrage du Veurde permettrait, en moyenne, d'abaisser le niveau de la crue de 40 cm en plus de l'écrêttement dû au barrage de Villerest, en service depuis 1984. Mais on peut obtenir le même résultat en restaurant l'entretien du lit...



vées sur des ruisseaux minuscules n'est pas aussi prestigieux que de construire un grand barrage qui figurera en bonne place sur les cartes ! Ensuite, ce projet n'est pas assez cher... Entendez par là qu'il représente un chantier de taille bien trop faible pour intéresser les grandes entreprises de travaux public. Enfin, en France, de 40 à 60 % du salaire des ingénieurs des services de l'Etat est financé par un prélèvement de quelques pourcent sur le montant des travaux dont ils ont directement ou indirectement la charge (voir *Science & Vie* n° 898, p. 60). Plus celui-ci est élevé, plus le volume de ces "rémunérations accessoires" est important. Ce qui pousse inévitablement à s'intéresser plutôt aux grands chantiers qu'aux petits...

D'autres solutions alternatives, plus "officielles", au barrage de Serre de la Fare ont également été formulées. L'an passé, devant la commission d'enquête parlementaire, présidée par Jean-Michel Testu, ancien député socialiste d'Indre-et-Loire, Jean Chapon, déjà cité, avait proposé de réaliser des aménagements localisés dans le lit du fleuve à Brives-Charensac en vue de favoriser l'écoulement de l'eau. Il s'agit notamment de supprimer les seuils destinés à alimenter des microcentrales électriques et qui contribuent, en cas de crue, à surélever le niveau de l'eau de 1,20 à 1,80 m (voir photo p. 96) ; de démolir un petit barrage hydro-électrique situé juste en amont de la ville; de réhausser de 1 à 2 m les digues qui bordent le fleuve ; de transformer les rez-de-chaussée des habitations les plus exposées en garages ; ou encore de remplacer le pont de la RN 88 qui traverse la ville par un pont sans piles de façon à éviter la création d'embâcles. En effet lors des grandes crues les arbres et autres matériaux charriés par le fleuve bouchent les arches des ponts ; il se forme alors de véritables barrages qui



Le lit de la Loire, à Chinon, encombré de végétation.

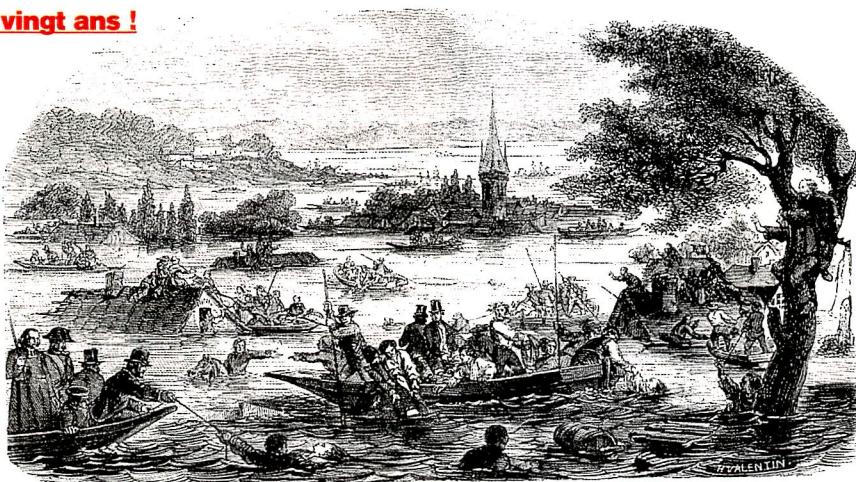
peuvent se rompre et engendrer des vagues d'eau destructrices, comme cela s'est produit lors des inondations de Vaison-la-Romaine (voir *Science & Vie* n° 902, p. 96).

Ces propositions, dont Jean Chapon évalue le coût autour de 200 à 300 millions de F, s'inspirent assez largement de la "quatrième solution" préconisée par SOS Loire vivante et des conclusions du rapport Pierron qui avaient conduit à l'annulation du projet de l'EPALA en juillet 1991. Cet ancien chargé de mission à la direction de la sécurité civile proposait d'améliorer le système d'annonce des crues, dans le but d'offrir aux autorités locales un délai suffisant pour évacuer les populations les plus exposées, soit environ 7 heures au lieu de 4 à 5 avec le dispositif existant.

Dans cette optique, le radar météorologique Haute-Loire, dont l'installation est imminente, permettra, en envoyant un signal radar sur les nuages et en analysant l'écho, de mesurer la taille des gouttes de pluie et donc de mieux prévoir l'intensité et l'étendue des précipitations à venir. Cet appareil ➤

Trois fois en vingt ans !

A trois reprises,
au siècle dernier
(1846, 1856,
1866), la Loire a été
dévastatrice.



Roger Voillet

suite de la page 93

complétera le réseau CRISTAL⁽²⁾ qui regroupe 98 stations limnimétriques (mesure de hauteur d'eau en rivière) et pluviométriques automatisées, installées sur la Loire et ses affluents. Les données ainsi recueillies sont transmises par radio ou par téléphone aux différents services d'annonces de crue, et permettent de faire le point toutes les quatre heures sur la situation hydrométéorologique de l'ensemble du bassin versant.

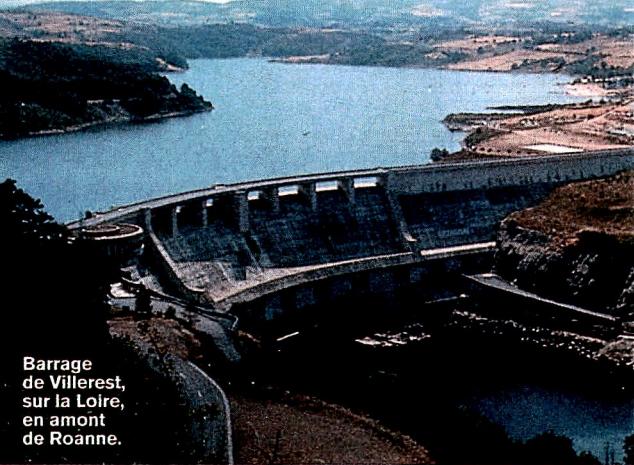
Toutefois, pas plus que les barrages, aucun système d'alerte aussi perfectionné soit-il ne peut apporter, à lui seul, une garantie parfaite. Comme l'explique Zbigniew Gasowski, ingénieur au Service hydrologique centralisateur à Orléans : «Bien souvent, les orages ne franchissent pas les Cévennes. En 1980, il a suffi que la perturbation se décale de quelques kilomètres vers le nord pour que le bassin versant de la Loire soit affecté. Or, même avec les moyens les plus sophistiqués, ce genre d'événement reste difficile à prévoir.»

Dès lors, la lutte contre les inondations ne peut s'envisager sans une maîtrise rigoureuse de l'urbanisation des zones les plus exposées. Les événements de Nîmes, en 1988, et surtout de Vaison-la-Romaine, l'an passé, ont rappelé combien il pouvait être dangereux de s'installer sur le trajet d'une rivière déchainée. Or, à Brives-Charensac, plus de 600 habitations sont construites dans des secteurs inondables. Des logements, des locaux d'entreprises et même des lotissements ont été bâties ou rebâties à des endroits qui ont été submergés en 1980...

Face à des comportements aussi irresponsables, les services de l'Etat redoutent que les barrages pré-

BARRAGES POUBELLES

Les barrages ne font pas que retenir l'eau. Ils ont aussi le grave défaut de stocker les sédiments (sables, graviers, etc.) et les polluants de toute sorte charriés par le fleuve. On estime qu'environ 1,5 million de m³ de vase plus ou moins toxique se sont accumulés derrière le barrage hydroélectrique de Grangent, situé sur la Loire en aval de Saint-Etienne. Résultat : lors des deux dernières révisions décennales de 1979 et de 1989, le plan d'eau n'a pas été vidangé de crainte de li-



Barrage de Villerest, sur la Loire, en amont de Roanne.

inondables et rien d'autre. En clair, il s'agit de réparer et non de renouveler les erreurs du passé.

Situé sur l'Allier à 20 km en amont du confluent avec la Loire, le Veurdre aura pour mission d'éviter la conjonction des crues exceptionnelles de la Loire et de l'Allier, en les décalant dans le temps, de façon à ce que le débit maximal à l'aval du confluent ne dépasse pas 5800 m³/s (contre 7600 m³/s en 1856 d'après les estimations). Pour arriver à ce résultat, ce barrage sera couplé avec celui de Villerest, qui barre la Loire en amont de Roanne et remplit, depuis sa mise en service en 1984, une double fonction d'écrêtement des crues et de soutien d'étiage.

Contrairement à ce qui se passe dans le haut bassin, où l'arrivée de la pointe de crue est très rapide et où le délai d'intervention se compte en heures, les crues de la Loire moyenne se forment en plusieurs jours. Ce qui laisse théoriquement un laps de temps suffisant pour évacuer les populations vers des zones abritées. Mais, comme on l'a vu au début de cet article, les dégâts matériels seraient considérables...

La menace ne date pas d'aujourd'hui. Pour contenir les colères du fleuve, les hommes ont commencé dès le XII^e siècle, sous l'impulsion d'Henri II Plantagenêt, duc d'Anjou et futur roi d'Angleterre, à ériger, sur chaque rive, des digues de terre, ou levées, de 4,5 m de haut baptisées "turcies". Par la suite, ces aménagements furent généralisés à l'ensemble du cours moyen de la Loire et... surélevés au fur et à mesure qu'ils étaient submergés par le fleuve. Juste avant la crue d'octobre 1846, leur hauteur atteignait 7,50 m au-dessus du niveau de l'étiage ! Ce qui n'empêcha pas la Loire d'ouvrir une centaine de brèches entre Briare et Tours, libérant d'un seul coup des vagues destructrices.... Après cette catastrophe, il fut décidé de rehausser ces levées de 50 centimètres supplémentaires. Peine perdue : dix ans plus tard, en juin 1856, elles se rompirent à nouveau en 160 points différents ! Une commission d'hydrauliciens dirigée par l'ingénieur général Comoy mit alors en évidence les effets pervers d'un endiguement continu du fleuve. En effet, les digues diminuaient environ de moitié la section du lit majeur, c'est-à-dire la surface d'expansion naturelle des crues dans les vallées. Résultat : pour un même volume d'eau, la hauteur de la crue et la vitesse du courant augmentent et les dégâts sont aggravés. Pour éviter la submersion des digues, la commission Comoy calcule alors qu'il aurait fallu surélever encore ces dernières de 3 m. Autant les faire monter jusqu'au ciel !

Après la crue d'octobre 1866 – la troisième en 20 ans ! –, il est décidé de "faire la part de l'eau". Plutôt que de les rehausser continuellement, les

(Manche), où la vidange récente du barrage de Vezins, qui promettait d'être exemplaire, a provoqué la mort de plusieurs tonnes de poissons asphyxiés par la boue. Autre barrage poubelle, celui

de Villerest, dont les retombées touristiques n'ont pas été à la hauteur des espérances du fait de son eutrophisation et des phénomènes de marnage dus aux lâchers d'eau.

moment entre l'Etat et les collectivités locales – l'exemple de Tours le prouve ! – pour déterminer à partir de quel niveau d'aléa il convient de geler toute construction nouvelle. D'un point de vue purement hydrologique, la logique voudrait que des limitations très strictes soient imposées dans les secteurs d'aléa moyen à très fort...

Mais tout le monde ne l'entend pas de cette oreille ! D'ici à 2015, la région Centre prévoit en effet d'accueillir pas moins de 600 000 habitants supplémentaires à Blois, Tours et Orléans dans le cadre d'un énième plan de déconcentration de l'Ile-de-France concocté par la DATAR en 1992. Le 21 juin dernier, Jean Royer est venu, en personne, expliquer devant la chambre régionale de commerce et d'industrie à Orléans, que la sécurité de ces nouveaux arrivants, dont un grand nombre s'installera fatallement en zone inondable, sera garantie par le programme de barrages de l'EPALA et notamment par celui du Veurdre... La belle assurance affichée par le président de l'EPALA tranche avec la prudence des hydrologues qui ont rédigé l'atlas des zones inondables d'Orléans : «Les barrages écrêteurs de crue réduisent la probabilité d'inondation des vallées mais ne suppriment pas ce risque pour les crues les plus extrêmes pouvant se produire dans l'avenir», écrivent-ils.

Dès lors, faut-il construire le barrage du Veurdre, vu les projets d'urbanisme démesurés qu'il suscite ? «On construira peut-être un, mais sûrement pas dix Veurdre», répond un haut responsable du ministère de l'Environnement, laissant entendre que la priorité est d'assurer la sécurité des 300 000 personnes déjà imprudemment installées en zones

(2) Centre régional informatisé par système de télémesures pour l'aménagement de la Loire.

suite de la page 96

experts proposent au contraire d'abaisser les digues de 1 à 2 m sur plusieurs centaines de mètres de long, aux endroits les plus sensibles. Baptisés "déversoirs", ces dispositifs jouent en cas de crue le rôle de soupapes en provoquant, à partir d'un certain débit, l'inondation en douceur des vallées attenantes. Ce qui permet d'abaisser le niveau d'eau en aval et donc de limiter le risque de rupture de digues. Au total, neuf déversoirs ont été aménagés en Loire moyenne à la fin du siècle dernier sur les treize prévus par les experts de l'époque (voir carte p. 88).

Mais, aucune crue grave ne s'étant produite depuis 1866, ces équipements n'ont jamais servi. Si bien que les vallées initialement prévues pour être inondées lors des crues du fleuve ont été progressivement urbanisées... Dans le val d'Orléans, 45 000 personnes vivent aujourd'hui dans des zones qui seraient submergées si le déversoir de Jargeau se mettait à déborder, c'est-à-dire si le débit de la Loire venait à dépasser 6 500 m³/s à cet endroit. L'atlas des zones inondables de ce secteur révèle que 17 communes de la région orléanaise sont tout ou partie situées en secteur d'aléa fort à très fort. C'est le cas de Saint-Jean-le-Blanc, Saint-Pryvé-Saint-Mesmin et Saint-Hilaire-Saint-Mesmin (voir carte p. 88)... Dans de telles conditions, les déversoirs situés à l'amont des vallées les plus peuplées ne doivent plus entrer en action, et c'est pour éviter qu'un tel scénario se produise que le projet du Veudre a été conçu.

Selon une étude réalisée en 1980 par le cabinet Sogreah, ce barrage permettrait, en cas de crue analogue à celle de 1856, d'abaisser la ligne d'eau d'une quarantaine de centimètres sur l'ensemble du cours moyen de la Loire (voir graphique p. 92). Avec le barrage de Villerest, dont l'effet écrêteur est à peu près comparable, le gain total serait compris entre 60 et 80 cm. Ce résultat n'est pas négligeable mais, comme le souligne Jean Grassin, ingénieur à la direction régionale de l'urbanisme du Centre, «une crue plus importante que celles du siècle dernier

VERS UN "PETIT" CHAMBONCHARD

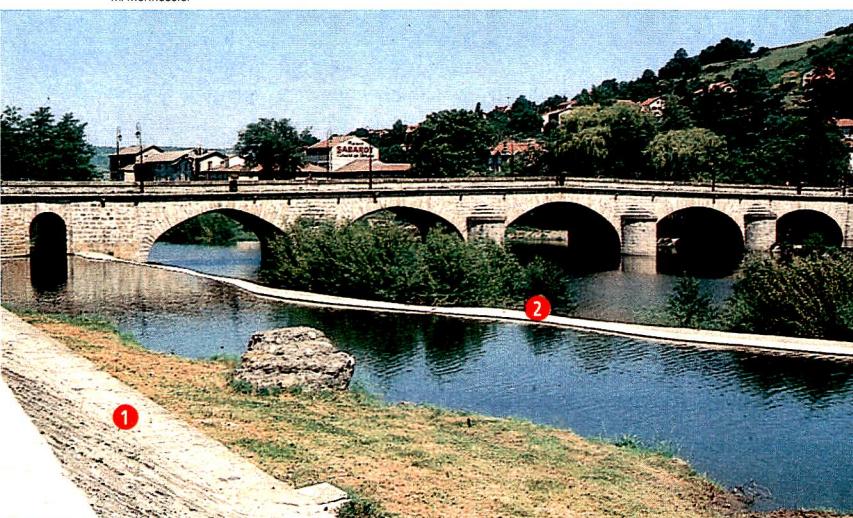
Initialement prévue pour stocker 125 millions de m³ d'eau, dont 103 millions de m³ pour le soutien d'étiage et 22 millions de m³ pour l'écrêtement des crues, la retenue de Chambonchard s'est réduite, au fil des ans, comme une peau de chagrin. Officiellement, ce projet de barrage sur le Cher, à 20 km en amont de Montluçon, est même abandonné. Le 31 juillet 1991, le

gouvernement proposait en effet de reconstruire, à la place, le barrage hydro-électrique de Rochebut, situé quelques dizaines de kilomètres en aval, en le rehaussant de 30 m, de façon à porter sa capacité à 70 millions de m³. Mais l'automne dernier, sous la menace d'une motion de censure du groupe communiste à l'Assemblée nationale, auquel appartenait Pier-

peut toujours arriver. Et personne n'est prêt à parler que toutes les digues tiendront...» Surtout après ce qui vient de se passer sur le Mississippi ! En outre, «les estimations de la Sogreah ont été obtenues grâce à un modèle mathématique de propagation de crues à partir de données bien souvent hypothétiques», estime Bernard Rousseau, président de l'association Nature-Centre, à Orléans. «Pour disposer de séries statistiques fiables, il faudrait qu'une dizaine de crues centenaires se produisent, ce qui demanderait d'attendre au moins mille ans ! Enfin, et pour la même raison, les techniciens chargés de la gestion des barrages de Villerest et du Veudre n'auront jamais réalisé, au moment où l'événement se produira, d'exercice en vraie grandeur. Rien ne dit, surtout dans un tel moment de crise, qu'une manœuvre erronée ne viendra pas gâcher les savantes prévisions des ingénieurs !»

Enfin, en supposant que le Veudre permette d'abaisser la ligne d'eau d'une quarantaine de cen-

M. Mennessier



Brives-Charensac : 8 morts en 1980

Plusieurs aménagements permettraient de faciliter l'écoulement de l'eau dans la ville de Brives-Charensac, sinistrée par la crue de 1980 : surélever de 1 à 2 m la digue située au premier plan ①, démolir les seuils ② qui servent à acheminer l'eau vers des microcentrales électriques et remplacer l'actuel pont par un ouvrage sans piles de façon à éviter les bouchons, ou embâcles, formés par les débris (arbres, voitures, etc.) charriés par le fleuve .

re Goldberg, maire de Montluçon et farouche partisan du barrage de Chambonchard, le premier ministre Pierre Bérégovoy proposait de «rouvrir le dossier de faisabilité» de cet ouvrage. On en est là aujourd'hui et on s'achemine, sauf coup de théâtre, vers la réalisation d'un "petit" Chambonchard dont il reste à définir le volume destiné au soutien des étages. Bien que d'accord sur le principe, l'EPALA n'avance pas encore de chiffre. De leur côté, les services du ministère de l'Environnement estiment que

50 millions de m³ suffisent. Toute la polémique porte en fait sur l'estimation des besoins en eau pour l'irrigation de la vallée. Or, ces derniers ont été largement surévalués. En 1990, une enquête réalisée par le ministère de l'Agriculture, a révélé que seulement 18 000 à 23 000 hectares de terres agricoles étaient concernés, au lieu des 30 000 ha estimés au départ. Et la récente réforme de la politique agricole commune pourrait ramener ces besoins en dessous de 15 000 ha...

timètres, beaucoup d'experts pensent qu'il serait possible d'obtenir le même résultat, pour un coût bien moindre, en menant à son terme le programme de renforcement des levées engagé depuis 1970, et surtout en restaurant le lit du fleuve.

Depuis l'arrêt de la navigation, au milieu du XIX^e siècle (avant le chemin de fer, le trafic remontait jusqu'à Roanne), la Loire n'est plus entretenue. Laissés à l'abandon, les îles, berges et bancs de sable se sont progressivement recouverts de véritables forêts. Résultat : en cas de crue, cette végétation trop abondante contribuerait à rehausser, par endroits, le niveau de l'eau de plus d'1 m (voir graphique p. 92). Ce qui reviendrait à annuler l'effet bénéfique du barrage ! Par ailleurs, les arbres arrachés formeraient des embâcles sous les ponts.

Le développement de la végétation a été favorisé également par les extractions massives de sables et de graviers opérées dans le lit mineur du fleuve. Au ministère de l'Environnement, on estime que 220 millions de tonnes de granulats ont été prélevées dans la Loire en aval de Nevers, depuis 1949, soit dix fois plus que les apports naturels du fleuve ! Résultat : la ligne d'eau s'est progressivement abaissée de 1 à 2 m. Si bien que les îles, bancs de sable et bras secondaires ne sont plus inondés par les crues annuelles et se retrouvent hors d'eau pendant des périodes suffisamment longues pour favoriser l'installation d'un couvert végétal dense.

Les extractions de granulats dans le lit mineur sont aussi responsables du déchaussement des piles des ponts, au point de provoquer leur effondrement, comme cela s'est produit à Tours en 1978. Enfin, «il n'est pas dit que le creusement du lit facilite le passage des plus grandes crues, car l'eau ne peut plus emprunter les bras secondaires encom-

brés de végétation», explique Zbigniew Gasowski, déjà cité. Pour toutes ces raisons les extractions de granulats sont interdites dans le lit mineur de la Loire depuis le 1^{er} janvier 1993, sauf en Indre-et-Loire, en Maine-et-Loire et en Loire-Atlantique, où des autorisations temporaires sont encore accordées.

Mais restaurer le lit du fleuve suppose aussi que l'Etat engage des moyens financiers bien supérieurs à ceux consentis jusqu'à présent. A cet effet, le ministre a annoncé, fin juillet, qu'une enveloppe de 40 millions de F supplémentaires serait affectée prochainement à l'entretien des berges, en particulier sur la Loire. Ensuite, il reste à mettre au point une méthode d'entretien "douce" s'apparentant plus au "jardinage écologique" qu'au génie civil. Pas question de raser le lit du fleuve au bulldozer ! Il s'agit bien plutôt de retirer les arbres morts et les détritus de toute sorte qui encombrent le lit, de dégager les bras secondaires envahis par la végétation, de limiter les essences à enracinement superficiel (comme le peuplier) au profit d'espèces à racine pivotante (comme l'aulne) qui seraient moins susceptibles d'être arrachées en cas de crue, etc.

Tout cela ne fera pas couler beaucoup de béton... Mais compte tenu du fait que le Veudre représente un investissement de 800 millions de F, financé pour moitié par l'Etat et par l'EPALA, il serait sans doute plus judicieux de rétablir l'entretien du lit avant de voir si cet ouvrage est vraiment nécessaire ! «Le drame que connaissent actuellement les Etats-Unis nous montre les erreurs à ne plus commettre», soulignait Michel Barnier dans une interview récente au *Parisien*. «La lutte contre les inondations ne passe pas nécessairement par la construction de grandes digues et, surtout, il va falloir reconquérir certaines zones naturelles inondables qui ont été construites artificiellement.» On pense, bien sûr, aux vases attenants aux déversoirs...

De ce point de vue, il serait temps d'encourager l'"intercommunalité", telle qu'elle est définie dans la loi du 5 février 1992, de façon à ce que les communes dont le territoire se situe entièrement en zone inondable ne soient pas pénalisées par rapport à celles qui sont géographiquement mieux situées. Ce qui suppose de partager les ressources fiscales et de faire taire les querelles de clochers. Vaste programme ! Sans parler de l'impatience grandissante des élus ligériens. Faisant part, le 21 juin dernier, de sa «déception» devant l'attitude prudente du ministre de l'Environnement, Jean Royer avait annoncé qu'il ferait appel à Charles Pasqua et à Edouard Balladur. De leur côté, les écologistes menacent de faire venir des milliers de manifestants à Serre de la Fare si le projet de barrage est remis en selle. Michel Barnier saura-t-il résister aux pressions qui viennent de tous bords ?

Le Triomph sous-marin du silenc



B. Sidler / Sigma

**Premier bâtiment d'une nouvelle génération
de sous-marins nucléaires lancé
prochainement par la Marine nationale, le *Triomphant*
disposera des avancées technologiques qui
en feront le submersible le plus difficile à détecter.**



PAR GÉRARD TURBÉ

La discréption acoustique du sous-marin SNLE (Sous-marin nucléaire lanceur d'engins) le *Triomphant* sera sans précédent. Dans ce domaine tous ses homologues étrangers les plus récents seront largement distancés. Autant comparer, au niveau du bruit, une simple

voiture à un hélicoptère ! De plus, le *Triomphant* sera de 25 % plus rapide que les autres engins, plus léger et plus compact également. L'information de pointe de sa direction permettra de réduire l'équipage de 135 à 111 hommes.

Cela ne s'est certes pas fait en un jour. C'est en 1982 que commence le développement des sous-marins nucléaires de la deuxième génération, ou ►

8 heures pour parcourir 250 m...

C'est le temps qu'a mis le *Triomphant* pour aller du hall de construction au bassin de mise à l'eau, grâce aux 34 robots marcheurs hydrauliques supportant chacun une charge de 400 t.

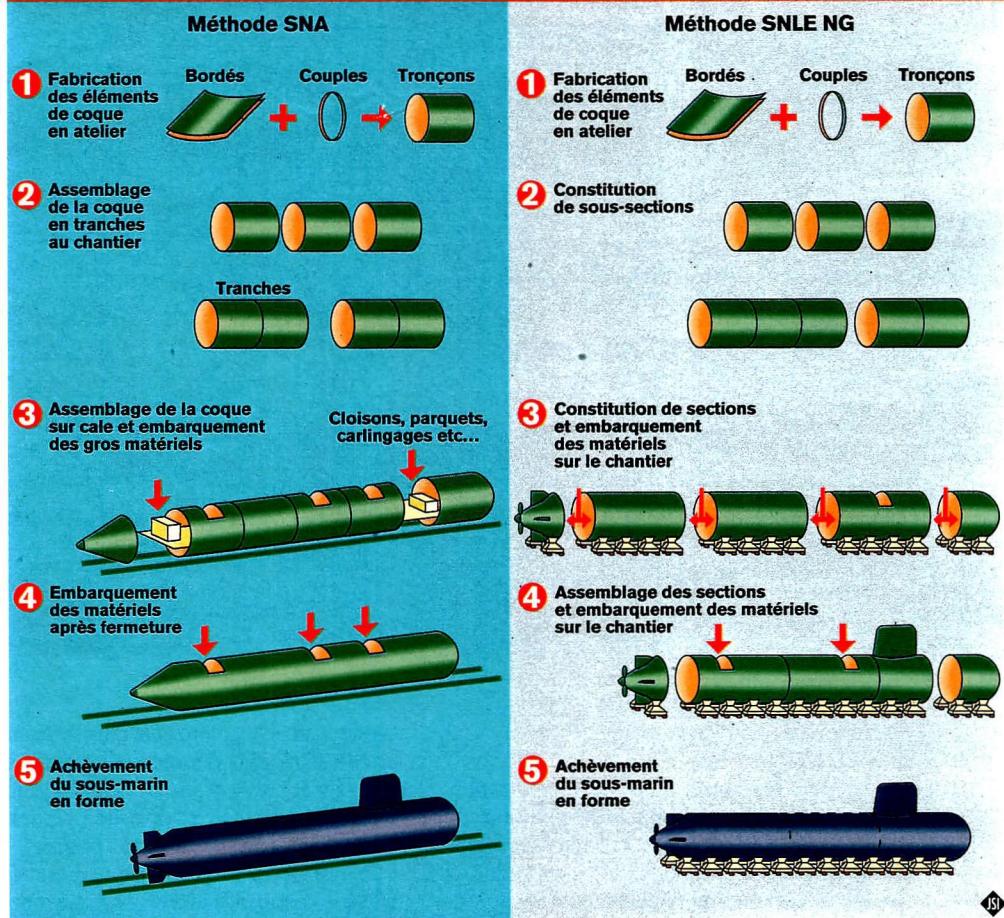
suite de la page 99

de la troisième, si l'on considère que l'*Inflexible* appartient à une génération intermédiaire. Le *Triomphant*, chef de file de cette nouvelle série, mis sur cales à Cherbourg fin 1987, devrait être mis à l'eau pour la première fois en octobre prochain. Le 31 décembre, il débutera ses essais en mer, son entrée en service étant prévue pour mars 1996, quelques mois avant le départ à la retraite du *Terrible*.

Le *Triomphant* succède au programme des six sous-marins nucléaires lanceurs d'engins du type du *Redoutable*, lancé en 1966. Les systèmes navals ont, en effet, une durée de vie déterminée dépendant du processus d'usure mais aussi de la crédibilité qu'ils conservent en regard de l'évolution des techniques. Pour ces gros sous-marins, la durée de vie opérationnelle est de l'ordre de 25 ans, auxquels il convient d'ajouter les délais d'étude, de développement et de fabrication, soit une douzaine d'années supplémentaires.

Le *Téméraire*, deuxième unité de la classe, est en construction depuis 1990 et entrera en service en juillet 1998. Il sera suivi, en juillet 2001, du *Vigilant*, commandé le 27 mai 1993. La série devrait se terminer en 2005, avec la livraison d'un quatrième sous-marin nucléaire de nouvelle génération – au lieu des six prévus au départ – qui, avec ses prédecesseurs, succédera aux cinq sous-marins nucléaires de type M4. Les sous-marins nucléaires lanceurs d'engins de la classe du *Triomphant* ont une longueur de 135 m et un diamètre de 12,5 m, pour un déplacement en plongée de 14 335 t, supérieur d'environ 60 % à celui des *Redoutable*. Mais ces bâtiments se distinguent surtout de leurs concurrents par leur compacité et leur légèreté. Ainsi les *Vanguard* britanniques (16 missiles Trident 2D5 de 12 000 km de portée, avec 8 têtes MIRV – multiples à guidage indépendant – de 150 kT chacun) ont une longueur 148 m, un diamètre de 12,8 m et un

CONSTRUCTION D'UN SOUS-MARIN



déplacement de près de 16 000 t. L'équipage compte 135 hommes.

Les *Ohio* américains (24 missiles Trident 2D5 de 12 000 km de portée, à 12 têtes MIRV de 150 kT ou 7 têtes multiples à guidage indépendant et capables de manœuvrer – MARV – de 300 à 475 kT chacun, ou Trident 1C4 de 7 400 km de portée, à 8 têtes MIRV ou 6 MARV de 100 kT) mesurent, quant à eux, 170 m de long, leur diamètre est de 12,8 m pour un déplacement de 18 750 t. L'équipage se compose de 155 hommes.

Enfin, les *Typhoon* russes (20 missiles SS-N 20) ont une longueur de 171,5 m, une largeur de 24,6 m, une hauteur de 13 m et un déplacement de 26 500 t. L'équipage comprend 150 hommes.

Pour l'essentiel, les caractéristiques de compacité du *Triomphant* sont dues, d'une part à l'utilisation d'une technologie avancée de chaufferie nucléaire du type intégré permettant

d'obtenir un compartiment réacteur compact, d'autre part à l'automatisation des fonctions courantes mentionnée plus haut.

Les sous-marins de la classe du *Triomphant*, mais aussi le porte-avions à propulsion nucléaire *Charles De Gaulle*, le CEA (Commissariat à l'énergie atomique) a développé un nouvel appareil évaporatoire nucléaire du type intégré suivant un concept déjà adopté pour les sous-marins nucléaires d'attaque *Rubis*. Comme dans le réacteur nucléaire de type K48 (48 MW de puissance continue) des sous-marins nucléaires d'attaque, le générateur de vapeur de la chaufferie K15 (150 MW) des sous-marins nucléaires de nouvelle génération et du porte-avions nucléaire est installé directement au-dessus de la cuve. Cette disposition conduit à un gain sensible de place et permet de s'affranchir de la circulation forcée de fluide primaire en utilisant le phénomène de circulation naturelle d'eau.

L'eau du circuit secondaire alimente des blocs intégrés constitués d'un turbo-alternateur, d'une turbine et d'un condenseur chargé, en fin de cycle, de refroidir l'eau avant de la renvoyer dans le générateur de vapeur. L'appareil moteur, à son tour, entraîne une pompe-hélice composée d'un rotor à très grand nombre de pales tournant dans une tuyère rattachée au moyeu par un stator distributeur et des bras arrière (voir photo p. 104). L'ensemble assure au sous-marin une vitesse maximale de 25 nœuds en plongée, soit une augmentation de 25 % par rapport à celle des *Redoutable*. Toutes les commandes sont centralisées dans un seul pupitre

B. Sidler / Sigma



①

Des tronçons déjà équipés

Des méthodes de construction originales ont été utilisées pour la construction du SNLE le *Triomphant*. Au lieu d'équiper et d'instrumenter le sous-marin une fois la coque construite, un peu comme on farcit une saucisse (dessin page de gauche), le *Triomphant* a été construit en assemblant des sections déjà instrumentées (photos ① et ②).

Centre IMP / Hélio DCN Cherbourg



suite de la page 101

faisant office de système de conduite.

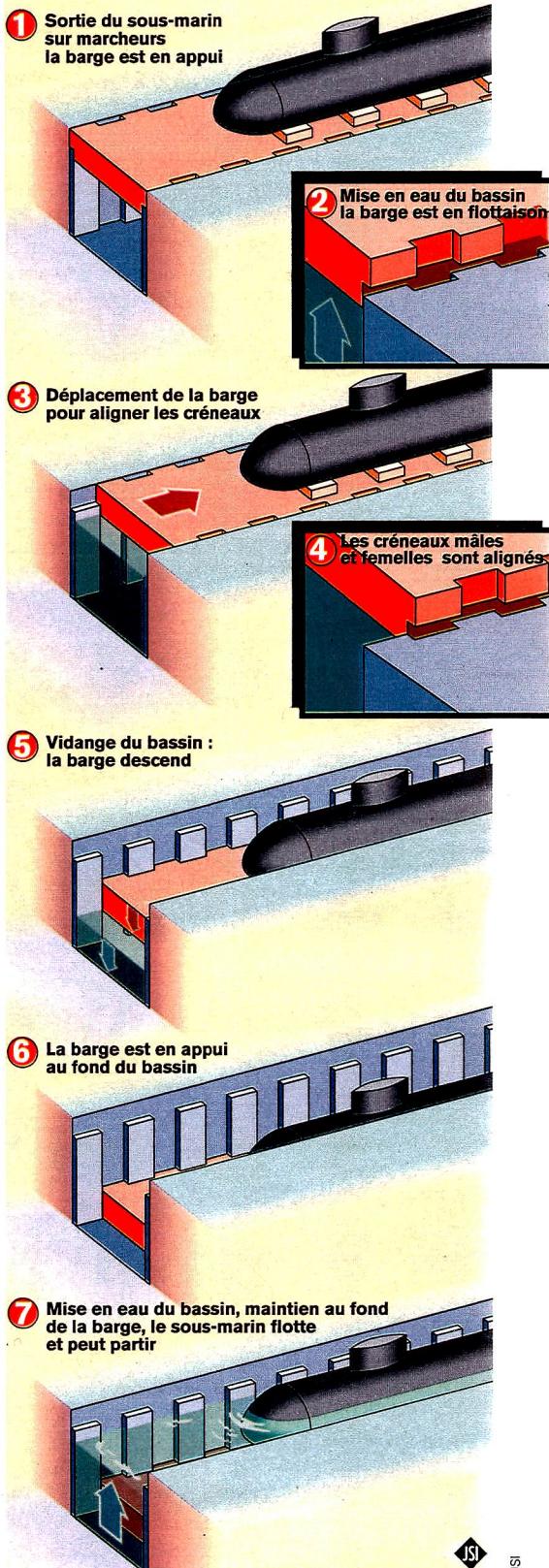
Encore plus que par le passé, l'invulnérabilité des sous-marins nucléaires passe par leur discréption, c'est-à-dire leur capacité à ne pas être détecté par les sonars adverses, et, plus particulièrement, par la diminution du bruit rayonné. En effet, la menace principale pour les submersibles provient des moyens de détection acoustique de l'adversaire.

Après les hydrophones de la Première Guerre mondiale, tout juste capables de déceler un bruit anormal, et des sonars actifs de coque de la Deuxième Guerre mondiale, sont apparus, à la fin de années 1960, des sonars remorqués actifs qui envoient des signaux se réfléchissant sur les sous-marins adverses. Puis, dans la décennie suivante, des sonars très basse fréquence (qui se propagent mieux dans l'eau), dont l'antenne linéaire de réception (flûte), d'une longueur pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres, est remorquée derrière le bâtiment. La menace dans ce domaine grandira avec, notamment, des systèmes actifs qui utilisent plusieurs appareils fonctionnant en très basse fréquence : un sonar actif associé à des flûtes d'écoute pour la détection des sous-marins dotés de revêtements anéchoïques absorbant les ondes incidentes. D'autres grands progrès sont attendus dans le traitement du signal reçu.

Pour la construction des submersibles de la classe du *Triomphant*, la discréption a fait l'objet d'efforts particuliers, qui expliquent d'ailleurs en partie l'extension du déplacement par rapport aux *Redoutable*. Deux principes ont prévalu : d'une part, la limitation des sources sonores créées par le déplacement de la coque et par le fonctionnement de l'hélice dans l'eau et, d'autre part, la réduction des bruits internes du sous-marin partout où cela était possible.

Une priorité donc : réduire les vibrations. Des études du bassin d'essais des carènes ont permis

NOUVELLE PROCÉDURE DE MISE A L'EAU



Un ascenseur pour la mer

Une nouvelle procédure de mise à l'eau est utilisée pour le *Triomphant*. Le sous-marin est déplacé par des robots marcheurs ① sur une barge de 30 m de large, 160 m de long et 7,60 m d'épaisseur surplombant le bassin et en appui sur des créneaux. Après positionnement du bâtiment, on met le bassin en eau ② jusqu'à la mise en flottaison de la plate-forme, qui se trouve ainsi dégagée des créneaux ③ et ④. Il suffit ensuite de vidanger le bassin ⑤ pour que la plate-forme descende et jusqu'au fond de la forme ⑥. Une fois terminée la construction, la plate-forme est à nouveau mise en eau : le sous-marin flotte, alors que la plate-forme reste immergée. L'ultime opération consiste à ouvrir le bateau-porte pour permettre au bâtiment de prendre enfin la mer ⑦.

d'affiner l'hydrodynamique de la coque et des appendices, afin de réduire au maximum les turbulences génératrices de bruits. Le pont extérieur a été réalisé en matériaux composites, afin d'éviter les phénomènes de résonance. En marche normale, un sous-marin tend, en effet, à résonner comme un tambour, émettant autant d'ondes acoustiques repérables par l'adversaire. Un système d'exploitation d'autocontrôle, "moucharde" acoustique reposant sur une centaine d'hydrophones et d'accéléromètres (pour enregistrer les vibrations) répartis sur la coque, surveille à tout instant le niveau vibratoire des différents appareils.

Les efforts se sont aussi concentrés sur le système propulsif. Lorsqu'une hélice tourne dans l'eau, elle déclenche le phénomène dit de cavitation : des bulles d'air microscopiques sont libérées et crépitent au bout des pales, créant autant de bruits caractéristiques repérables par l'adversaire. Il faut donc en limiter au maximum la production. La solution retenue par les ingénieurs de la Direction des constructions navales a consisté à équiper le *Triomphant* d'une hélice dite "pompe-hélice" carénée. Ses caractéristiques sont secrètes, afin de ne pas révéler à l'adversaires l'un des éléments essentiels de la "signature acoustique" du sous-marin. Tous les sous-marins disposent en effet de catalogues acoustiques des bruits caractéristiques faits par les sous-marins adverses. On identifie précisément un sous-marin en écoutant le bruit qu'il fait. Pour réduire le bruit rayonné par le système de propulsion du *Triomphant*, les ingénieurs ont augmenté le nombre de pales du rotor et travaillé sur la régularisation de l'écoulement.

Le second train de mesures anti-bruit visait la réduction les bruits internes des différents systèmes du bâtiment. Des géométries spéciales ont été calculées pour limiter les bruits d'écoulement des fluides dans les tuyaux, et choisir des vitesses moins sonores. On a cherché également à limiter les vibrations des machines tournantes. Les roulements à billes, qui ont tendance à vrombir, ont été remplacés par des paliers lisses, de fabrication certes plus difficiles, mais infiniment moins bruyants et plus stables à long terme.

Un autre ensemble de mesures concernait la limitation de propagation des bruits internes du submersible dans le milieu marin par l'intermédiaire de la coque. Pour y parvenir, les ingénieurs de la Direction des constructions navales ont appliqué le concept du "bateau dans le bateau", en coupant tous les ponts rigides entre

les matériels bruyants et la coque. Pour y parvenir, ils ont suspendu à des berceaux les équipements bruyants par l'intermédiaire de blocs de matériaux élastiques filtrant les vibrations. Chaque moteur, chaque pompe, chaque tuyau, chaque câble électrique est tour à tour suspendu, posé sur des blocs de caoutchouc et placé sur des blocs d'élastomères filtrant bruits et vibrations. Au total, 75 000 appareils et 50 km de tuyautages transportant des fluides embarqués sur le *Triomphant* ont été ainsi "traités" pour dégrader l'énergie vibratoire susceptible d'être rayonnée dans le milieu marin.

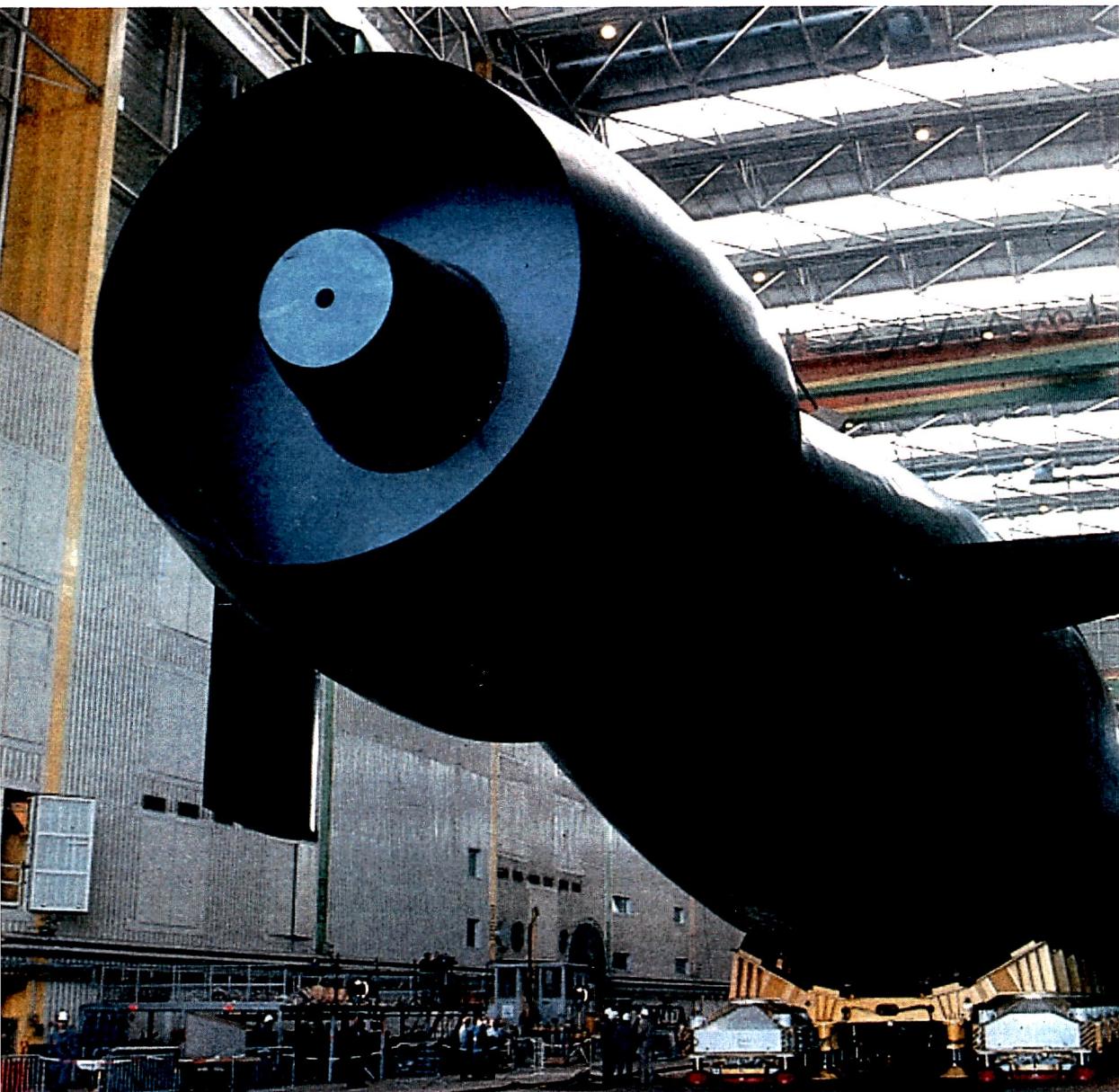
Des revêtements composites sur le pont supérieur et d'autres éléments du sous-marin diminuent encore la détectabilité face aux sonars actifs. L'air est utilisé comme isolant phonique : partout où cela est nécessaire, des capots insonorisés coiffent les équipements bruyants. C'est ainsi que la puissance acoustique rayonnée par le *Triomphant*, aux allures faibles de patrouille dans les zones qui lui sont favorables, peut se limiter à quelques millionièmes de watts, ce qui représente un gain d'un facteur mille par rapport au *Redoutable*.

Bien d'autres facteurs participent à la "survivabilité" (capacité du bâtiment à survivre à une attaque) des sous-marins nucléaires de nouvelle génération : l'extension des zones de patrouille, autorisée par l'augmentation de la portée des missiles et la capacité du sous-marin à détecter les menaces. Cette dernière concerne le nouveau sonar passif (il se contente d'écouter) DMUX-80 notamment équipé d'une antenne d'étrave et de capteurs tapissant les flancs du sous-marin, du télemètre acoustique DUUX-5, de la flûte d'écoute de très basse fréquence remorquée DSUV-61 contenant plusieurs milliers d'hydrophones, d'un détecteur de radar et d'un radar de recherche de bande de fréquence. Les progrès en détection sous-marine sont tels qu'on assiste à un doublement des portées de détection.

Pour son autodéfense, le bâtiment dispose de 4 tubes lanceurs de torpilles anti-sous-marines F17 mod. 2, et de missiles anti navires SM39, approvisionnés à 18 armes.

Aucun changement notable, en revanche, en matière d'équipement de recalage de navigation par antenne remorquée et de recalage astral. Comme la précision du tir dépend de celle de la localisation du missile à l'instant de sa mise à feu, il faut donc que le sous-marin recèle périodiquement les données de son système de navigation avec des repères extérieurs comme les étoiles. Par contre, le nouveau système global de navigation SGN-3C, équipé d'une centrale inertielle ►

suite de la page 103



très performante, évite de remonter vers la surface à intervalles réguliers pour connaître la position exacte du sous-marin, indispensable à la précision de tir des missiles M-45.

Malgré ses difficultés d'usinage – il faut le chauffer à près de 120° pour le souder en raison de sa structure et des épaisseurs utilisées (jusqu'à 120 mm au niveau du réacteur) –, l'acier spécial de 100 HLES (Haute Limite élastique soudable) soutient une contrainte de 100 kg par millimètre

carré. Il permet de doubler, par rapport à celle des *Redoutable*, la capacité d'immersion maximale des sous-marins et d'atteindre ainsi les couches d'eau froide des profondeurs, où la propagation sonore est limitée.

Côté armement, les trois premiers bâtiments du type du *Triomphant* embarqueront chacun 16 missiles MSBS M45, en développement depuis 1988 et dont le tir d'essai marquant l'achèvement de l'expérimentation a eu lieu dans la



Une turbine en guise d'hélice

La signature acoustique du *Triomphant* est réduite grâce à une hélice carénée dite "pompe-hélice" à pales multiples, un des secrets du nouveau sous-marin. Elle réduit sensiblement le bruit dû à la cavitation.

E. Sidler / Sigma

nuit du 7 au 8 juillet 1993. Version modernisée du M4, le missile M45 est doté de 6 têtes thermonucléaires indépendantes TN-75 de 150 kT chacune, plus légères, plus furtives et aux capacités de pénétration (résistance aux explosions des missiles antimissiles et moyens de leurre) améliorées par rapport aux TN-71.

Le quatrième *Triomphant*, quant à lui, devrait disposer, dès son entrée en service, du nouveau missile MSBS M5, dont le développement a été

lancé au second semestre 1992. Comme les trois autres unités de sa classe sont dimensionnés pour recevoir le M5, ce missile remplacera les M45 installés à leur bord à l'occasion d'une refonte à mi-vie.

Par rapport à son prédecesseur, le M5 possèdera des capacités de pénétration encore améliorées face aux menaces prévisibles, et il pourra, au choix, emporter un plus grand nombre de charges nucléaires indépendantes (8 à 12 TN-75 ou autres) plus précises, ou permettre d'augmenter le chargement en aides à la pénétration. Par ailleurs, la portée de ce missile, nettement supérieure à 6 000 kilomètres, élargira davantage les zones de patrouille des sous-marins lanceurs d'engins.

Le programme M5 représente un effort financier lui aussi considérable, puisqu'il est sensiblement comparable à celui du programme des sous-marins nucléaires de nouvelle génération. Réparti sur une vingtaine d'années, il s'élève à 75 milliards de francs. Ce chiffre comprend les coûts de développement et la fabrication de 4 sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (10 milliards de francs chacun). En revanche, il ne tient pas compte du coût des missiles.

Pourquoi a-t-on besoin du *Triomphant*? Il peut paraître étrange de reconduire la politique de dissuasion globale alors que, depuis juillet 1991, le pacte de Varsovie, qui unissait la Bulgarie, la Hongrie, la Pologne, la RDA, la Roumanie et l'URSS depuis mai 1955, a été abrogé officiellement.

A la situation politico-stratégique, qui inspire une certaine prudence dans une éventuelle surenchère au désarmement, s'ajoute un autre facteur tout à fait concret : le potentiel en systèmes stratégiques toujours disponibles.

Pour les seuls sous-marins nucléaires lanceurs d'engins, la Russie, en effet, aligne actuellement 59 unités, et d'ici la fin de la décennie il lui restera 31 porteurs de 520 missiles stratégiques. Or, les Etats-Unis disposent de 13 sous-marins nucléaires lanceurs d'engins *Ohio* (plus 1 en fin de construction et 4 à divers stades de production) et 13 sous-marins nucléaires lanceurs d'engins des classes *Benjamin Franklin* et *James Madison*, dont les plus récents ont 27 ans.

Ces simples chiffrent démontrent, s'il le fallait, que la France doit maintenir une force de dissuasion crédible, dont les sous-marins nucléaires lanceurs d'engins réunis au sein de la Force océanique stratégique constituent l'épine dorsale. Qui plus est, le moment venu, cette force peut également servir à l'élaboration d'une politique de dissuasion nucléaire européenne.

La libellule des mers

PAR GÉRARD CAYEUX
ET JEAN-MICHEL BADER

Est-il possible, sur un voilier, de séparer le "moteur", c'est-à-dire la voile, et la coque de l'engin ? C'est la question que s'est posée un jour Paul Brouzes, un ingénieur à la retraite passionné de navigation à voile. L'intérêt ? En dissociant les réglages de la barre et ceux du plan de voilure, un tel découplage augmenterait sensiblement le rendement et donc la vitesse du bateau.

En même temps, celui-ci serait plus facile à utiliser, car les manœuvres seraient réduites. La réponse de Paul Brouzes fut le *Triul*, un trimaran pas comme les autres.

Pour saisir la révolution que représente ce concept, il faut revenir, pour ceux d'entre nous qui ne sont pas marins, à quelques notions de base...

Comment se déplace un bateau à voile ? Sous l'effet de deux forces principales. La première est aérienne, c'est tout simplement le vent dans la voile. Cette force aérienne, qui s'applique au centre d'effort de la voile, se subdivise en deux composantes principales, de directions et de moments distincts : la plus importante est la force de gîte, qui incline la voilure sous le vent, elle représente les trois quarts de la force totale du vent, et son axe et sa direction sont grossièrement perpendiculaires au plan de la voile ; la deuxième composante, quatre fois plus faible, est la force motrice. C'est elle qui fait réellement avancer l'embarcation : son vecteur est orienté, à quelques degrés d'angle près, vers l'avant du bateau.

S'il n'y avait que le vent, l'embarcation se déplacerait sensiblement dans l'axe de celui-ci. Par vent faible, elle serait poussée comme une feuille morte sur un plan lisse. Par vent fort, elle gîterait jusqu'à chavirer.

La deuxième force est marine, c'est celle opposée par la dérive et la coque à la force aérodynamique, laquelle tend, comme nous l'avons vu, à faire gîter le bateau. La force marine se subdivise elle aussi en deux composants, tous deux appliqués au

Le *Triul* est un trimaran de conception révolutionnaire : sa partie aérienne est totalement indépendante de sa partie marine.
Son maniement est d'une simplicité enfantine, même si les principes en jeu sont quelque peu inhabituels. Suivons pas à pas le comportement de cette invention déroutante.

centre de résistance latéral de la coque : une force hydrodynamique latérale et une force de résistance à l'avancement.

La loi du mouvement de Newton s'applique théoriquement à un bateau à voile : les forces aérienne et marine doivent s'équilibrer en magnitude et en direction. La force de gîte et la force hydrodynamique s'annulent, donc ; et c'est seulement la petite partie de la force motrice aérienne issue du vent qui vainc la résistance à l'avancement et crée le déplacement le long d'un axe moyen, le cap.

On l'aura compris, le maniement est délicat, car résultant d'une habile manœuvre conjointe de la voile et de la coque, respectivement en tirant sur les écoutes (les cordes qui permettent d'orienter la voile) pour changer l'angle du plan



Trois fois la vitesse du vent

C'est la performance que prétend atteindre le *Triul* lorsqu'il sera opérationnel.

C. Lacoix

de voilure, et en actionnant la barre, qui modifie le cap. Il convient, d'ailleurs, de noter que chaque action sur la barre induit des effets aérodynamiques nouveaux sur la voilure et, réciproquement, chaque action sur le plan de voilure, modifie les effets hydrodynamiques sur la carène.

Ce n'est pas tout : un voilier crée lui-même en se déplaçant une sorte de vent. La conjugaison du vent du bateau et du vent réel se nomme vent apparent. Il diffère en axe et en force du vent réel, mais participe au déplacement de l'embarcation. Lorsque l'intensité du vent réel varie, la vitesse du bateau varie de même. L'axe et la force du vent apparent en sont affectés, ce qui crée une difficulté supplémentaire sur un bateau classique : la voilure réclame de fréquents et complexes réglages (en plus de l'angle du plan de voilure, on peut donner une forme plus plate ou plus ronde à la voile, reculer ou avancer ses points d'ancre) afin de conserver un fonctionnement optimal.

C'est donc en voulant s'affranchir de ces contingences que M. Paul Brouzes a défini les grandes lignes de son trimaran. L'engin sorti de son imagination est un hybride, mi-bateau, mi-avion, qui remet en cause bien des habitudes de marin.

La partie aérienne est composée d'un mât faisant un angle fixe de 90 degrés avec une poutre horizontale, la voile se logeant dans cet angle (voir dessin ci-dessus). La poutre se prolonge dans sa partie arrière d'une gouverne d'orientation, tout à fait comparable à celle d'un avion. C'est l'action sur cette gouverne qui permet d'orienter la voile par rapport au vent apparent, alors que sur un voilier classique on donne l'angle désiré au plan de la voile par rapport à l'axe du bateau en agissant sur les écoutes reliées à la bôme. Sur le *Triul*, les réglages sur la voile se trouvent ainsi simplifiés, et ils requièrent une force mécanique, donc humaine, assez faible. Cet ensemble aérien solidaire (mât, ►

suite de la page 107

voile, poutre, gouverne) repose, à l'avant, sur le cadre principal qui relie les deux flotteurs et, à l'arrière, sur un petit flotteur, conçu en forme de bouée pour réduire sa traînée dans l'eau..

La partie marine, quant à elle, est constituée des deux flotteurs déjà mentionnés, en forme de planche à voile et reliés au cadre principal par des rotules autorisant un mouvement libre dans les trois dimensions. Enfin, du cadre principal descend une dérive dotée d'un volet que le pilote oriente par l'intermédiaire d'un palonnier pour donner le cap à l'embarcation.

Vous n'avez pas tout suivi ? Rassurez-vous, la première fois, nous non plus ! Raisonner *Triul* ne s'acquiert pas en un jour. Il suffit de garder présent à l'esprit que la partie aérienne et la partie marine s'entendent sans se subir. D'ailleurs, l'embarcation peut, sous certaines conditions de vent et de vitesse, se déplacer "en crabe" (photo ci-contre). L'effet est saisissant et fait penser à un dérapage contrôlé en voiture !

Un gros avantage du *Triul* s'exprime

lors des virements de bord. Les bateaux de nos ancêtres étaient poussés par des voiles carrées dans la direction du vent. Impossible de s'éloigner de l'axe du vent arrière, sous peine de ne jamais arriver à destination. Puis les marins ont constaté qu'en rapprochant le plan de voilure de l'axe du bateau, et en ajoutant un plan anti-dérive ou une quille, on pouvait diriger l'embarcation en étant beaucoup moins esclave de la direction du vent ; même par vent de travers, on avançait dans la direction voulue. Mais cette facilité nouvelle se paie en particulier lors des virements de bord : à l'aide du gouvernail, on amène l'avant du bateau (la proue) face au vent ; la vitesse chute car le plan de voile s'est rapproché lui aussi du "lit" du vent, et le bateau se trouve de ce fait privé de "moteur". En effet, dans un angle de 15 degrés de part et d'autre du "lit" du vent réel (soit 30 degrés au total), la voile est inopérante, elle bat comme un drapeau au vent, on dit qu'elle "fasseye". En plus, la quille s'oppose au pivotement du bateau et la masse importante de la carène freine son mouvement (elle "traîne de l'eau").

Le virement de bord terminé, la voile réorientée se regonfle, et le bateau repart en recevant le vent par le côté opposé, on parle de nouvelle amure. Mais comme il a perdu beaucoup de vitesse, il lui faut s'éloigner de la direction du vent pour gonfler la voile efficacement. Une nouvelle perte de temps et de rendement aérodynamique.

Sur le *Triul*, virer de bord est bien plus facile : il n'y a pas de carène à proprement parler, et la masse de la dérive est si faible que le virement de bord

est réduit au minimum. Le barreur agit d'abord sur la gouverne aérienne : celle-ci positionne rapidement la voile dans la nouvelle direction, limitant le temps de fasseyage. Il ne lui reste plus qu'à orienter la dérive en agissant sur l'aileron immergé, pour définir le nouveau cap de l'embarcation. Les flotteurs étant libres dans leur débattement latéral, ils se positionneront naturellement dans le sens du déplacement, sans offrir de résistance... De plus, n'ayant pas perdu toute sa vitesse lors du virement de bord, l'engin sera plus vite relancé par le vent.

Le chapitre des performances, de loin le plus passionnant, donne un avantage théorique décisif au *Triul*. Si l'on en croit Bertrand Cheret, célèbre concepteur de voiles à La Rochelle, le *Triul* laisserait sur place les monocouques, limités par la traînée de leur carène dans l'eau et le réglage complexe de leur plan de voilure. Pour notre audacieux concepteur, au moins sur le plan théorique, même le fameux catamaran olympique *Tornado* avec lequel la France a obtenu la médaille d'or aux récents jeux de Barcelone n'est pas de taille à tenir tête au *Triul*. Le rêve serait de tendre vers l'inaccessible : les chars à glace capables de glisser à environ quatre fois la vitesse du vent.

Oui, les planches à voile, chars à voile ou chars à glace vont plus vite que le vent ! Cette faculté apparemment contre nature tient à deux avantages essentiels des engins à voile : tout engin mû par une partie aérienne créée, nous l'avons vu, un vent apparent. Celui-ci se combine en force et en direction avec le vent réel pour augmenter en proportion la vitesse réelle du véhicule. Du coup, le vent apparent augmente à nouveau lui aussi, et la vitesse également. Il existe, bien entendu, une limite à ce phénomène, il s'agit des performances de la carène, qu'il faut bien déplacer dans l'eau et qui freine



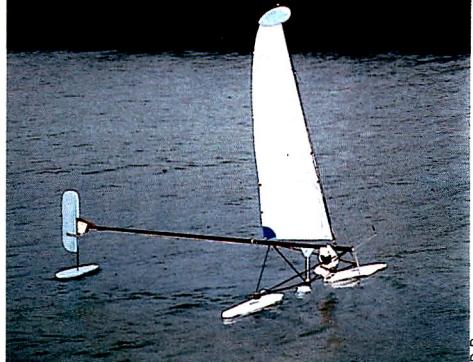
Le B-A BA du voilier classique

① Le vent (apparent) exerce sur la voile une force aérienne (F_a) qui se décompose en force de gîte (F_{a1}), en gros perpendiculaire au plan de la voile, et en force motrice (F_{a2}), dans la direction du cap.

② La force marine (F_m) se décompose en force hydrodynamique (F_{m1}), en gros perpendiculaire au plan de la dérive et qui est la réaction de celle-ci à la force de gîte, et en résistance de la coque à l'avancement (F_{m2}), dans le sens opposé au cap.

③ Le bateau avance à vitesse constante lorsque F_{a2} s'équilibre avec F_{m1} , et F_{a2} avec F_{m2} . Et plus le vent forcé, plus le bateau avance vite. Pour que ces principes de base fonctionnent au mieux, il faut, bien entendu, un positionnement optimal de la voile par rapport au vent et de la coque dans l'eau. C'est là toute la difficulté.

Et c'est là tout l'intérêt du *Triul*.



D.R.

Un bateau qui sait marcher en crabe

Aux allures faibles, la résistance réduite des coques combinée à un grand débattement latéral autorise cette figure de style inattendue. Pareil dérapage contrôlé peut s'avérer utile pour se dérouter momentanément (afin d'éviter une collision, par exemple) sans changer de cap.

l'avancée de l'embarcation. Pour les chars à glace, le problème ne se pose pas : aux allures portantes, certains chars à glace peuvent glisser à des vitesses quatre fois supérieures à la vitesse du vent, la résistance des patins sur la glace n'étant en rien comparable à celle opposée par l'eau sur la coque d'une embarcation marine.

La réalité nous rapprochera sans doute de la vitesse d'évolution d'un char à voile, l'objectif avoué et ambitieux du *Triul* étant de voguer trois fois plus vite que le vent. Bien que comportant certaines inconnues de taille, telles que rendements aérodynamique et hydrodynamique non encore précisément mesurés, le trimaran peut néanmoins s'appuyer sur les bases de sa conception. La résistance à l'avancement des carènes type flotteur de planche à voile étant des plus réduites, la traînée du flotteur arrière sera quasi nulle, à condition

que son bras porteur soit assez long. Le réglage de la voilure est précis, et il est aisément d'adapter aux variations du vent apparent. La voile du *Triul* se comporte exactement comme l'aile d'un avion : son profil est pré-déterminé et rigide, il suffit de l'orienter au mieux par rapport à la masse d'air en mouvement. La circulation des filets d'air à l'intérieur de la voile (l'intrados) et à l'extérieur (l'extrados), par son écoulement sans perturbation, garantit en permanence le meilleur rendement.

Disons-le sans détours : cet objectif ambitieux ne sera atteint qu'à la condition préalable d'avoir résolu certaines inconnues. Dans l'état actuel des travaux, le meilleur plan de voilure reste encore à déterminer, le profil, le volume et le déplacement des coques également. Ce n'est qu'en réalisant deux prototypes navigants et proches d'une échelle 1, afin d'effectuer des essais systématiques, que nous pourrions être fixés. La présentation d'une embarcation finalisée à la semaine de vitesse de Brest (en octobre) ferait, à coup sûr, sensation ! (1).

Reste que le concept du *Triul* est intéressant à plus d'un titre : facile à mener pour des non-initiés, requérant peu de force physique, relativement stable et facile à redresser, ce bateau un peu spécial fera un superbe engin de plage nouvelle génération.

Mais l'inventeur a d'ores et déjà extrapolé un projet de *Triul* de croisière : équipé d'un cockpit faisant à la fois office de cellule de survie, de nacelle largable, et dont le profil participerait à la portance. Voire de transport routier après adjonction de roues à la cellule...

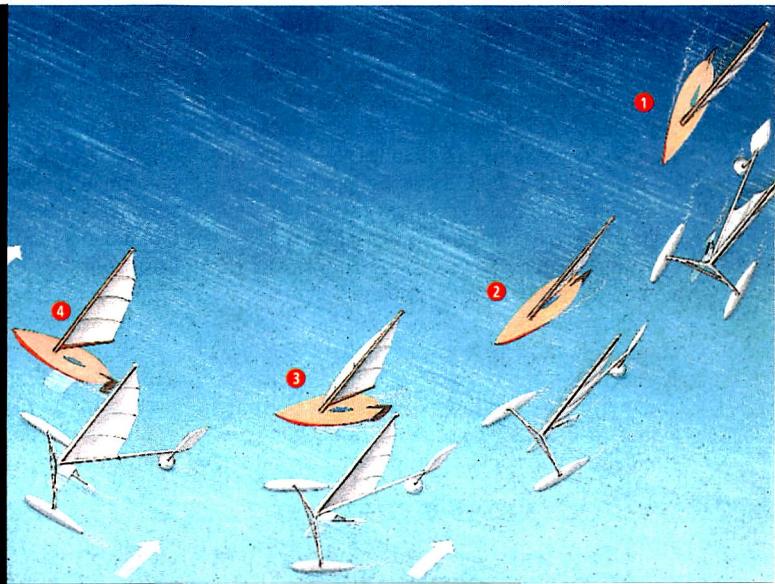
Il faudra surmonter auparavant le scepticisme qui salut toute nouvelle arrivée. Et il lui faudra surtout trouver un financement pour faire un prototype en vraie grandeur.

(1) On y côtoie inventeurs fous, doux rêveurs et ingénieurs, rassemblés dans une sorte de concours Lépine de la voile.

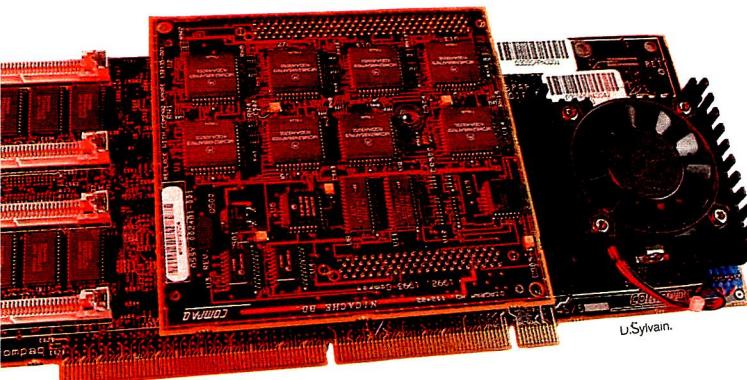
Triul : virer de bord sans effort

- Sur un bateau classique, pour virer de bord, il faut d'abord orienter la barre et régler la voilure au plus près de la direction du vent ①. Avec la vitesse acquise, le barreur amène l'avant du bateau face au vent ②, la voile se démente alors et bat comme un drapeau. Privé de moteur, le voilier perd de la vitesse. Au point mort ou presque, on vire de bord : la voile se regonfle peu à peu, le bateau recevant le vent du côté opposé ③. Comme il a perdu beaucoup de vitesse, il faut d'abord l'éloigner de la direction du vent, pour créer un vent apparent ④, et ensuite remonter vers le vent.

- Sur le *Triul*, la partie aérienne étant dissociée de la partie marine, le barreur agit sur la gouverne aérienne et positionne sans retard la voile sur son nouveau bord, limitant la dévante. Dérive et flotteurs n'engendrant que peu de frottements, la perte de vitesse (et donc de temps) lors du virage de bord est minime. Le *Triul* peut immédiatement remonter au vent sur le nouveau bord.



La fuite en avant des



Le microprocesseur Pentium sur une carte mère, surmonté d'un radiateur et d'un ventilateur.

©Sylvain.

Si la fulgurante montée en puissance des microprocesseurs se maintenait, la réalisation des rêves les plus fous serait à portée de main. Nous avons présenté (n° 909) un point de vue socio-économique sur cet élan. Voici le dossier technique et "froid".

PAR ATTA OLOUMI
ET RÉMI SUSSAN

A quoi servirait-il de disposer d'un moteur dernier cri intégrant les solutions technologiques les plus élégantes s'il ne procurait à la voiture que des gains minimes par rapport à un banal moteur de série ? C'est ce qui semble se produire avec la dernière génération de microprocesseurs, dont le Pentium est la figure de proue. Car, s'il est vrai que le Pentium possède l'architecture la plus sophistiquée qui se puisse actuellement concevoir, les gains de performances attendus ne sont pas encore au rendez-vous. On n'arrête pas le progrès. Mais se pourrait-il que le progrès s'arrête tout seul, ou tout au moins ralentisse considérablement ?

Avant de suivre les évolutions des processeurs, un bref coup d'œil sur l'architecture d'un micro-ordinateur s'impose. L'élément central de la machine est la carte mère. Elle comprend essentiellement le microprocesseur et la mémoire centrale. L'ensemble de ce qu'on appelle les "péphériques" – lecteurs de disquettes, disque dur, gestionnaire vidéo contrôlant l'écran du moniteur,

extensions diverses comme les modems, scanners ou digitaliseurs sonores – n'en font pas partie. Presque tous les ordinateurs appartenant à la gamme "compatible PC" disposent d'un microprocesseur de marque Intel, société qui détient actuellement 80% du marché. Un succès expliqué en grande partie par le fait qu'IBM, au début des années 80, s'adressa à elle pour équiper les PC, sa gamme de micro-ordinateurs. Avant cette époque, Intel s'était déjà fait remarquer par des produits de qualité, comme le processeur 8080, présent, entre autres... dans des flippers. Ne murmure-t-on pas qu'à l'époque, les Soviétiques avaient fait l'acquisition de ces machines de jeux pour mieux percer les secrets du 8080 ? Les possesseurs de Macintosh, Atari, Amiga détiennent, quant à eux, un microprocesseur, fabriqué par Motorola. Les quelques autres marques existantes se partagent le marché très réduit mais haut de gamme des "stations de travail".

Comparons le microprocesseur à un fonctionnaire dénué d'initiative, enfermé dans son bureau... Son rôle ? Exécuter les instructions des programmes afin de faire fonctionner la machine. Pour agir, il exige deux types de renseignements :

microprocesseurs

les instructions précisant les tâches qui lui incombe, et les données, autrement dit les paramètres à manipuler. Ces informations se trouvent dans une bibliothèque extérieure à son bureau : la mémoire centrale. Il accède à cet espace de stockage par des voies intermédiaires : les "bus". Par le premier, transite l'ensemble des instructions et données grâce auquel le processeur va pouvoir exécuter son travail : c'est le bus de données. Le second, le bus d'adresses, est tout aussi capital : il permet à notre fonctionnaire de repérer l'endroit de la bibliothèque où se trouvent les renseignements dont il a besoin.

La taille des bus est d'une importance cruciale. Un bus de données trop étroit accroît le nombre d'aller-retours nécessaires pour reconstituer une instruction complète. Un bus d'adresses insuffisant limite l'accès à la mémoire centrale. Comment indiquer le tiroir 9314 si vous n'avez droit qu'à trois chiffres ? Toutes ces informations sont données sous forme de bits, de 0 ou de 1, ou plus exactement d'états électriques des transistors : 1 = allumé ; 0 = éteint. Ajoutons enfin un dernier élément : l'horloge. La porte du bureau de notre fonctionnaire ne s'ouvre qu'à intervalles réguliers. Au sein d'un micro-ordinateur, les temps d'ouverture et de fermeture des portes sont de l'ordre de quelques nanosecondes. C'est uniquement lors de l'ouverture que la communication s'opère avec l'extérieur. En conséquence, plus l'horloge est rapide, plus le travail est performant.

Le premier processeur de la famille 86, le 8086, travaillait sur des données de 16 bits et disposait d'un bus d'adresses de 20 bits qui lui permettait d'accéder à 1 mégaoctet de mémoire vive. Dire

qu'un microprocesseur possède un bus d'adresses de 20 bits équivaut à dire qu'il sait compter jusqu'à un million, car le nombre un million s'écrit à l'aide de 20 bits en base binaire. A l'époque, en 1978, cela paraissait largement suffisant. Quant à l'horloge du 8086, elle était cadencée à 8 MHz dans ses versions les plus élaborées.

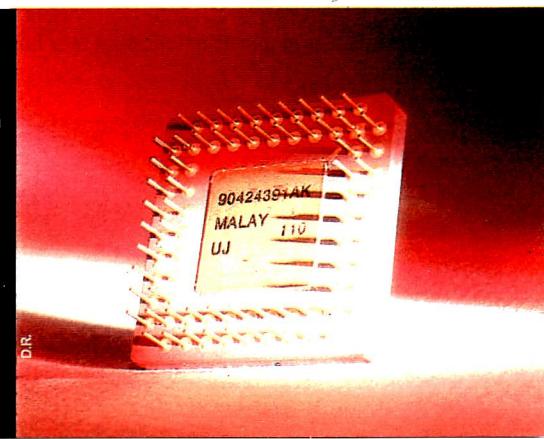
Les processeurs suivants se devaient de coller à l'augmentation de la mémoire centrale des micro-ordinateurs. Le 80286 disposait ainsi d'un bus de données de 16 bits et d'un bus d'adresses de 24 bits autorisant 16 mégaoctets de mémoire. Le grand concurrent, le 68000 de Motorola, sorti en 1979, possédait un bus d'adresses de 24 bits et un bus de données de 16 bits. En revanche, il était capable de travailler en 32 bits en interne, subtilité technique qui lui permettait d'accroître sa vitesse. Puis Intel créa son grand classique, le 386. Celui-ci intégrait des bus de données et d'adresses de 32 bits chacun, assurant la gestion de 4 gigaoctets de mémoire centrale.

Aux progrès réalisés dans le domaine de l'architecture, se joignirent une extension du "langage machine" (l'ensemble des instructions compréhensibles par le processeur) et une augmentation de la vitesse d'horloge (jusqu'à 33 MHz pour les 386). C'est précisément cette plus grande vitesse de réaction qui posa aux concepteurs du 386 un problème inattendu et les amena à développer une nouvelle technologie pour le résoudre.

Reprendons notre analogie "bureaucratique". Revenu d'un stage, notre fonctionnaire peut tripler sa vitesse de travail. Cependant, la vitesse d'accès aux informations dans la mémoire n'ayant pas varié, le malheureux doit perdre un temps fou à escalader des échelles branlantes de la bibliothèque pour en rapporter son instruction avant de la traiter avec

Pentium, merveille imparfaite

La performance d'un microprocesseur ne se résume pas au nombre d'opérations qu'il est capable d'exécuter par seconde. Elle dépend aussi et surtout de la vitesse à laquelle il permet à un logiciel de fonctionner. Et celle-ci est, à son tour, tributaire de l'architecture du processeur, c'est-à-dire, entre autres, de sa capacité à communiquer avec son environnement électronique. Le Pentium, dernier né d'Intel, est une merveille technologique de par son architecture, mais les gains attendus en vitesse ne sont pas encore réalisés. Une solution serait d'accroître sa fréquence de travail, mais les coûts de fabrication et la chaleur dégagée augmenteraient nettement.



suite de la page 111

une grande célérité. C'est exactement ce type de dysfonctionnement qui menace un ordinateur muni d'un processeur cadencé à 33 MHz. En effet, le temps de réaction de la mémoire centrale (RAM) culmine à 12 MHz. Conséquence, le processeur pourrait exécuter plusieurs instructions durant le laps de temps qu'implique l'envoi d'une seule d'entre elles.

Par chance, certaines sections d'un programme sont sollicitées beaucoup plus souvent que d'autres, l'exemple type étant ce qu'on appelle une "boucle" : «exécuter telle opération 1 500 fois». Notre fonctionnaire n'a donc plus qu'à photocopier le contenu de cette boucle et s'y reporter jusqu'à rencontrer le critère d'arrêt. Electroniquement, cet effet s'obtient en concevant une toute petite section de mémoire, la mémoire cache, selon une technologie beaucoup plus performante appelée SRAM (*Static Random Access Memory*), par opposition à celle employée pour élaborer les RAM classiques, la DRAM (*Dynamic Random Access Memory*). Une mémoire centrale entièrement en SRAM serait trop chère à construire. Ainsi, les superordinateurs Cray, qui disposent d'un gigaoctet de mémoire SRAM, coûtent la bagatelle de 30 millions de dollars (environ 180 millions de francs). Dans cette portion de mémoire SRAM sont copiées les instructions en provenance de la RAM. Lorsque le processeur cherche une instruction, il regarde d'abord si elle est stockée dans la mémoire cache, et, en cas de réponse positive, il passe à l'exécution de ladite instruction. Pour utiliser la mémoire cache, le 386 dispose d'un gestionnaire adéquat. C'est le cas également du processeur 68030 de Motorola. Ainsi cadencé avec une forte vitesse d'horloge, disposant d'une mémoire cache, d'un langage machine riche et de bus de données et d'adresses largement suffisants, le 386 reste toujours le grand classique d'Intel.

Pour améliorer les performances, les ingénieurs ont mis au point un successeur, le 486, en s'inspirant d'une nouvelle technologie informatique : le RISC. La technologie RISC est née de la constatation d'un défaut : les processeurs classiques comportent tout simplement trop d'instructions pour leur bus de

données. En effet, lorsque l'on manipule un langage machine de 300 commandes – sans compter les multiples variantes –, il devient difficile de les canaliser dans les 16 ou 32 bits d'un bus de données. L'idée du RISC (*Reduced Set of Instructions*) consiste à limiter le jeu d'instructions aux plus fondamentales et à supprimer les informations trop sophistiquées, dont l'effet peut de toute façon être obtenu par une suite d'ordres plus simples.

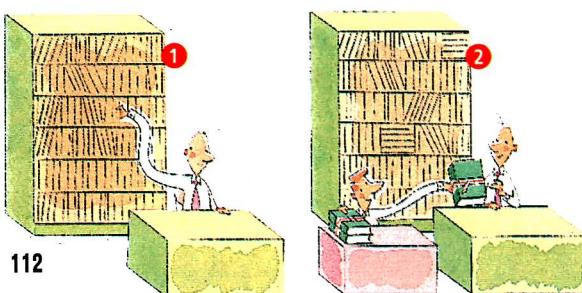
Cette normalisation de la taille des instructions permet une innovation importante : le pipe-line. Il s'agit d'une espèce de chaîne dans laquelle sont stockées plusieurs instructions, traitées au fur et à mesure de leur avance. Tandis que l'une est exécutée, la suivante est déjà décodée, etc. (voir dessins ci-dessous). Plus que le nombre d'instructions, c'est la présence d'un pipe-line et la capacité de celui-ci à délivrer une instruction complète par cycle d'horloge qui définit le RISC. Le gain de temps par rapport aux processeurs classiques – appelés par opposition CISC (*Complete Set of Instructions*) – est étonnant. Un processeur RISC peut travailler bien plus vite que son équivalent CISC, tout en possédant une vitesse d'horloge inférieure !

Avec le 486, Intel tente l'impossible : donner au successeur du 386 les capacités d'une machine RISC sans pour autant perdre la compatibilité avec les programmes écrits pour le 386. La méthode utilisée est la suivante : le 486 possède un cœur RISC regroupant toutes les instructions du 386 susceptibles d'être exécutées en un tour d'horloge. Toutes les autres sont traitées à la périphérie, dans une zone spéciale où elles sont reformulées en instructions normalisées.

Intégré au 486 se trouve également un "coprocesseur mathématique". Son but est d'accélérer un certain nombre d'opérations dites "en virgule flottante", autrement dit les chiffres à virgule, par opposition aux nombres entiers que traite le

Micropuceurs classiques : l'artisanat

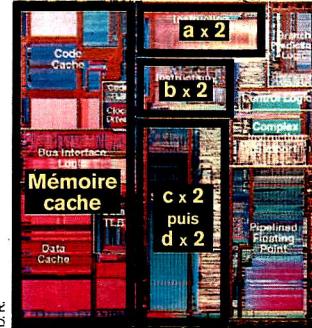
Comparons un micropuceur classique à un fonctionnaire. Son rôle : exécuter les instructions des programmes afin de faire fonctionner la machine. L'ensemble des informations dont il a besoin se trouve dans une bibliothèque, la mémoire centrale ①. Avec la montée de la fréquence de travail des processeurs, le fonctionnaire est devenu beaucoup plus rapide, mais cet avantage est grecé par ses continuels allers-retours entre son bureau et la bibliothèque. Ces micropuceurs ont été améliorés en ajoutant un assistant, la mémoire cache, chargé de conserver à disposition les informations les plus souvent utilisées ②.



processeur principal. Ce type d'adjvant intéresse surtout les applications scientifiques et industrielles, gourmandes en puissance de calcul : CAO, modélisation, image de synthèse... En revanche, l'utilisateur d'un traitement de texte n'en trouvera guère l'usage. C'est pourquoi Intel fabrique également des processeurs 486 SX, sans coprocesseurs, donc beaucoup moins chers, et destinés aux utilisations bureautiques. Chez Motorola, le processeur 68040 possède à peu près les mêmes caractéristiques : cœur RISC, coprocesseur mathématique...

D'une certaine manière, avec le 486, nous touchons une sorte de point limite. Les performances, tout à fait réelles, du processeur semblent s'évaporer dans la pratique. Malgré les succès commerciaux extraordinaires d'Intel, on a pu observer une réticence de nombre d'utilisateurs face au 486. Le bon vieux 386 suffisait largement pour la plupart des applications de gestion. L'investissement d'un 486 ne s'imposait pas avant que les anciennes machines ne terminent leur durée de vie. Pour la première fois, une innovation informatique cessait de paraître "révolutionnaire". Ce tassement amorcé par l'arrivée du 486 risque encore de s'aggraver avec l'avènement du Pentium.

Quoi de plus performant qu'un 486 ? Deux 486 ! De fait, le Pentium reste avant tout l'association de deux coeurs fonctionnels de 486 SX se partageant un même espace de travail. Une telle architecture, que l'on nomme superscalaire, double théoriquement la performance des applications non mathématiques. Les deux 486 travaillant en paral-



Pentium : un double pipe-line

Le Pentium intègre deux pipe-lines en parallèle, mais sa performance n'en est pas doublée pour autant, car les deux "chaînes" (les lettres ajoutées correspondent aux fonctions détaillées ci-dessous) sont souvent en conflit pour accéder à des ressources communes.

l'adresse 9612 ; sinon, continuer»).

Principal hic, le Pentium doit abandonner le "standard" du 386 et adopter un bus de données 64 bits. L'ajout de nouvelles instructions plus longues exigeait-il cette évolution ? Pas du tout ! Mais, pour conserver les avantages du superscalaire, les données doivent désormais arriver par paire.

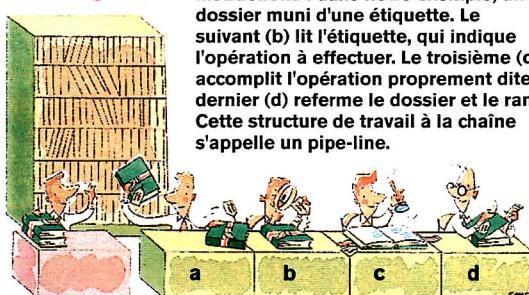
Et c'est là que le bât blesse. La carte mère d'un PC reste conçue pour l'habituel échange d'informations sur 32 bits. Si vous insérez un Pentium dans cet ensemble, vous obtiendrez, certes, un surcroît de performance, mais pas le doublement escompté (excepté, bien sûr, si vous vous livrez à la CAO ou à l'image de synthèse, profitant ainsi des évolutions du coprocesseur). Il devient donc nécessaire de changer la carte mère. En fin de compte, les tests montrent un gain de temps de l'ordre de 50 %, loin du doublement escompté.

La multiplication par deux des performances du 486 ne justifie pas la réactualisation de toute l'architecture du PC, et surtout des cartes mères. N. Doduc responsable des stations de travail à l'AFUU (Association française des utilisateurs d'Unix) et membre du comité SpecMark d'évaluation des processeurs, porte un regard froid sur les évolutions qui accompagnent le Pentium : «Au plus, le Pentium double les performances du 486, à fréquence égale, pour les opérations sur les nombres entiers. Or, il faut un facteur trois pour qu'un directeur informatique juge opportun de passer à une nouvelle génération de matériel.»

En outre, qu'est-ce qui empêche d'utiliser un simple 486 muni d'un supercoprocesseur mathématique comme celui du Pentium ? Les applications classiques se contenteraient de la vitesse du 486, largement suffisante, tandis que les scientifiques profiteraient des gains prodigieux permis

Processeurs RISC : l'usine

Pour effectuer un bond en avant substantiel, le fonctionnaire a cédé sa place à une chaîne de collègues ③, qui décomposent son travail en tâches élémentaires. Le premier (a) cherche les instructions : dans notre exemple, un dossier muni d'une étiquette. Le suivant (b) lit l'étiquette, qui indique l'opération à effectuer. Le troisième (c) accomplit l'opération proprement dite. Le dernier (d) referme le dossier et le range. Cette structure de travail à la chaîne s'appelle un pipe-line.

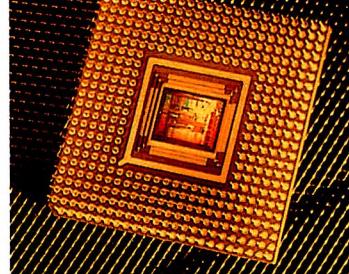


suite de la page 113

sur les opérations flottantes. Tout cela avec un processeur moins cher, capable de s'insérer sans problème sur la carte mère d'un PC traditionnel. La question a agité un moment le groupe Comp.arch, sur Internet. Internet, c'est un réseau de messagerie mondiale, une espèce de superminitel sur lequel les spécialistes de l'informatique (et d'autres disciplines) échangent leurs opinions en toute liberté. Comp.arch se spécialisant surtout dans les processeurs. «Sur le réseau Comp.arch, explique N. Doudic, la tendance qui prévaut actuellement est le retour aux chip-sets. Il s'agit de processeurs qui se présentent sous la forme de plusieurs composants, et non d'une unique puce. De plus en plus de concepteurs réfléchissent à l'idée d'un concurrent au Pentium. Il s'agirait d'un compatible 486 SX coiffé d'une grosse mémoire cache externe et de deux coprocesseurs. La somme de ces composants, rassemblés sur une carte électronique se plaçant sur un support de 486, serait d'un coût inférieur à celui d'un Pentium.» Et la vidéo ? Depuis quelque temps, les constructeurs nous rebattent les oreilles avec le multimédia, présenté comme l'avenir. Sera-t-il possible, grâce au Pentium, d'obtenir une animation vidéo de haute qualité sur un PC ? Pas évident. Certes, le Pentium constitue dans ce domaine un progrès. Mais il va moins vite qu'un processeur spécialisé comme le i750, également créé par Intel. En voici la raison : le traitement et la compression d'images vidéo nécessitent, pour s'effectuer rapidement, que la multiplication des nombres entiers sur 16 bits soit câblée, c'est-à-dire qu'une unité de traitement de la multiplication soit présente sur le silicium.

Ce n'est pas le cas du Pentium, mais c'est celui du i750 ou du DSP de Motorola qui équipe le Falcon, dernier ordinateur de la gamme Atari. Les processeurs Intel réalisent en effet la multiplication par un processus d'accumulation d'une extrême lenteur : pour effectuer $m \times n$, on additionnera n fois le nombre m à lui-même (4×3 donnera $4 + 4 + 4$). L'opération demande dix à onze tours d'horloge... Certes, quand les nombres sont au format "flottant", les choses vont un peu mieux : de un à trois tours suffisent.

En revanche, le clone de 486 SX créé par Cyrix dispose d'un multiplicateur câblé qui accélère prodigieusement le processus... En matière de com-



D.Syvani

L'inconvénient inverse

Doté d'une architecture moins perfectionnée que celle du Pentium, le microprocesseur Alpha de DEC, est pourtant 50% plus performant. Mais au prix d'une fréquence de travail 2,5 fois plus élevée : 150 MHz, contre 66. Assisterons-nous à une course à la fréquence ? Pas si sûr : au-delà de 200 MHz il faudra recourir à un refroidissement liquide, avec une forte incidence sur les coûts de fabrication. Un seuil technologique en vue ?

pression d'image, il s'avérerait par conséquent plus efficace que le Pentium ! Chez Motorola, on a bien vite tiré les conclusions d'un tel tassement des performances : la construction du 68050, réponse au Pentium, a été tout simplement abandonnée. Le concurrent d'Intel préfère se consacrer d'ores et déjà à l'élaboration du 68060. Celui-ci sera doublement superscalaire, puisqu'aux deux processeurs entiers s'ajouteront en fait deux coprocesseurs mathématiques... Mais, une fois de plus, ce progrès profi-

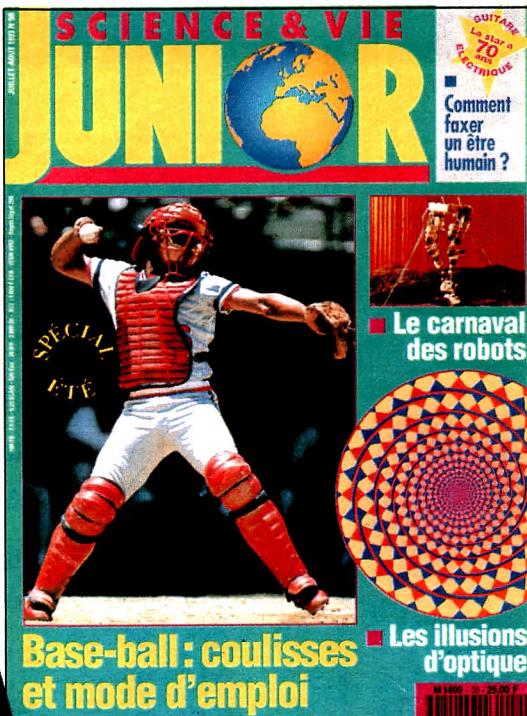
tera aux applications gourmandes en calcul, négligeant les autres types d'utilisation ...

Cependant, le Pentium conserve son potentiel. Car il faut compter avec l'inertie du marché, toujours intéressé par les nouveautés. Finie donc la saga des processeurs ? Trois voies semblent s'offrir aux aventuriers soucieux malgré tout d'aller plus loin. Tout d'abord, il est possible de négliger l'architecture et d'augmenter la vitesse d'horloge. C'est la voie choisie par DEC avec son processeur Alpha, qui peut accepter une horloge de 100 ou 200 Mhz. Mais les coûts de fabrication s'avèrent importants, et, plus grave encore, le processeur chauffe : jusqu'à 30 watts pour l'Alpha. Pour éviter la casse, un système de refroidissement s'impose. Ensuite, le problème de la mémoire cache s'accentue : il faut disposer d'une SRAM à la fois plus importante et plus rapide. Or, tout cela coûte très cher, ce qui explique qu'Intel et Motorola aient renoncé à suivre cette voie. La seconde possibilité : multiplier les cœurs fonctionnels (partie centrale d'un microprocesseur). Pourquoi ne pas envisager des "superscalaires" de 4, 8 ou 16 cœurs fonctionnels et prendre la direction de la technologie du parallélisme ? Malheureusement, l'augmentation des performances ne serait pas directement proportionnelle. Un superscalaire de quatre processeurs ne multiplierait celles-ci que par 1,8. De plus, au-delà de 16 éléments, un tel système devient ingérable. Dernier champ à explorer : le câblage de nouvelles fonctions. Mais lesquelles ? Le coprocesseur mathématique apparaît comme une avancée dans cette direction. Pour faire évoluer leur produit, les concepteurs devraient alors répondre exactement aux attentes des utilisateurs, ce qui constituerait certes un progrès non négligeable ! ■

ABONNEZ VOTRE ENFANT A JUNIOR

SCIENCE & VIE

ECONOMISEZ
JUSQU'A 52 F.



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

BULLETIN D'ABONNEMENT

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

OUI

je souscris un abonnement d'un an à
SCIENCE & VIE JUNIOR (11 numéros)

223 F seulement au lieu de 245 F*

OUI

je souscris un abonnement d'un an à
SCIENCE & VIE JUNIOR (11 numéros + 4 HORS SERIE) 313 F seulement au lieu de 365 F*

* Prix de vente en kiosque

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

NOM _____

PRENOM _____

ADRESSE _____

CODE POSTAL _____ VILLE _____

DATE DE NAISSANCE DE L'ENFANT _____

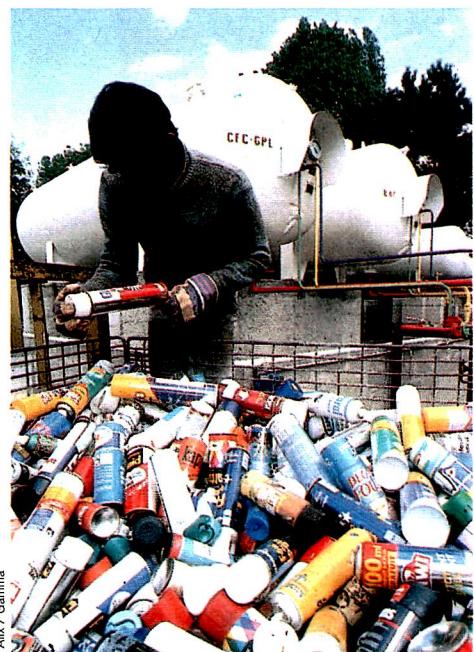
VOUS POUVEZ AUSSI VOUS ABONNER SUR MINITEL EN TAPANT 3615 ABON

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

OFFRES VALABLES JUSQU'À FIN 1993, ET RESERVÉES À LA FRANCE METROPOLITAINE

RCPARIS B 572 134 773

Mort aux CFC : oui, mais après ?



P. Alix / Gamma

PAR DIDIER DUBRANA

Le 16 septembre 1987, quarante-neuf Etats parmi les plus gros producteurs de CFC signaient le protocole de Montréal. Objectif : réduire, d'ici à l'an 2000, l'utilisation des CFC de 50 % par rapport au niveau de 1986. En juin 1990, la conférence de Londres rapprochait l'échéance et décidait l'arrêt complet de toute production de CFC, toujours d'ici à la fin du siècle. Enfin, à la dernière révision du protocole, en novembre dernier à Copenhague, il fut décidé «de réduire l'utilisation des CFC de 75 % par rapport au niveau de 1986 au 1^{er} janvier 1994, et

Les Etats occidentaux sont bien d'accord : les chlorofluorocarbones (CFC) doivent disparaître d'ici à la fin du siècle, parce qu'ils endommagent la couche d'ozone.

Mais la molécule de remplacement n'est pas trouvée et l'on risque de manquer bientôt de liquide réfrigérant. Gros problèmes techniques, économiques et même politiques en vue !

d'arrêter la production au 1^{er} janvier 1996». Quant à la Communauté économique européenne (CEE), elle prépare une réglementation encore plus draconienne que celle de Copenhague.

Le protocole de Montréal fait date en matière de politique de l'environnement. C'est, en effet, le premier accord international destiné à prévenir plutôt qu'à guérir. Mais cet élan de générosité, destiné à la protection de la couche d'ozone, dissimule mal une pagaille industrielle sans précédent. Et pour cause : les CFC intéressent tous les secteurs de notre société de consommation. Depuis la simple bombe aérosol jusqu'aux fluides frigorigènes (¹) des «linéaires» de supermarchés ou aux solvants employés dans l'électronique, cette molécule avait l'avantage d'être inerte,

(1) Fluides qui prennent de la chaleur dans un milieu à basse température pour le restituer dans un milieu à température plus élevée.



Benguier / Jérican

Le froid industriel pierre d'achoppement de l'après-CFC

La chaîne du froid est le dernier secteur industriel à pâtrir de l'interdiction des liquides réfrigérants. Même si de nombreux substituts aux CFC sont désormais au point, il faudra réadapter les installations existantes au prix d'investissements coûteux. En revanche, le remplacement des CFC dans les bombes aérosol a été plus facile.

donc ininflammable, et surtout non toxique pour l'homme. On cherche donc des produits de substitution aussi performants. Dur !

Pour les aérosols, l'affaire a été facilement réglée, et les producteurs en ont même fait un argument de vente en signalant, sur la notice d'emploi de leurs produits, qu'ils «protègent la couche d'ozone». En effet, le CFC 11 employé comme gaz propulseur a été remplacé par un mélange butane-propane. Cependant, le volume du gaz propulseur représentant près de 30 à 40 % de la masse de produits éjectés, il est prudent d'utiliser ces bombes à l'écart de toute flamme. Autre succès : l'industrie de l'électronique. Les géants de l'informatique comme IBM n'emploient déjà plus une seule goutte de CFC 113 pour la

fabrication de leurs composants électroniques.

Les vraies difficultés apparaissent dans la chaîne du froid, qui consomme 25 % de la production mondiale de CFC. En effet, plus de 75 % de la nourriture consommée par les pays occidentaux est aujourd'hui réfrigérée par des CFC à un moment donné de son cycle de validité.

L'accélération de l'interdiction alarme donc les industriels. Les secteurs de la réfrigération et de la climatisation affrontent non seulement un défi technologique ardu, mais aussi le surcoût économique inhérent au remplacement des installations. Pour la France, par exemple, l'abandon des CFC par ces zones d'activité coûtera 73 milliards de francs. En première estimation.

Sur la centaine de CFC brevetés dans le ►

suite de la page 117

monde, seuls six sont couramment utilisés comme fluides réfrigérants : cinq CFC (CFC 11, 12, 113, 114, et 115) et un HCFC (un hydrochlorofluorocarbone), le R 22, qui contient moins de chlore que les autres CFC.

La fabrication des substituts consiste à épurer les CFC de tout leur chlore, en conservant le corps principal de la molécule – les chlorofluorocarbones sont produits par remplacement d'un atome de chlore, de fluor, ou d'hydrogène dans les hydrocarbures saturés (éthane) ou insaturés (éthylène). Une vingtaine de grandes multinationales se sont lancées dans la course aux substituts, tels le français Atochem, l'anglais ICI, le belge Solvay et les américains Allied et Du Pont de Nemours... Les premiers remplaçants apparaissent au compte-gouttes sur le marché. Mais ils sont souvent moins satisfaisants que les vieux CFC, et, surtout, il faut modifier pour eux les installations frigorifiques de production. Un des problèmes fondamentaux est que les vieux CFC contiennent tous un certain pourcentage d'huile qui graisse les compresseurs lors de la circulation des liquides réfrigérants. Du coup, pour remplacer un CFC, il faut également trouver de nouvelles huiles qui soient miscibles avec le réfrigérant de deuxième génération.

Enfin, autre problème de taille, il faut s'assurer que les nouvelles molécules ne sont pas toxiques. Les industriels se sont donc regroupés au sein du *Program for Alternative Fluorocarbon Toxicity Testing* (PAFT) afin d'étudier en laboratoire la toxicité des nouvelles molécules sous le contrôle de l'Organisation mondiale de la santé. Spécimen des problèmes : le HCFC

123, qui doit remplacer le CFC 11, est déjà soupçonné d'être cancérogène. Les produits de remplacement doivent aussi être soumis à une analyse écotoxicologique. «Pour ne pas répéter l'erreur des CFC, il est important de vérifier le devenir des nouveaux produits dans les différents écosystèmes terrestres», souligne le Dr Jean-Marie Libre, du département des fluorés d'Atochem. Ces recherches se font dans le cadre de l'Alternative Fluorocarbon Environmental Acceptability Study (AFEAS), qui regroupe les principaux fabricants.

L'on étudie donc le devenir de substituts comme le 134a, qui sont attaqués par les radicaux libres d'hydroxyle (OH) de l'air pour donner naissance à une molécule jusqu'ici inconnue dans l'atmosphère, l'acide trifluoracétique (CF_3COOH). Toutes ces analyses demandent du temps. Et déjà point à l'horizon le risque d'une pénurie de réfrigérants dans les années à venir. D'aucuns avaient parié sur l'avenir de certains HCFC, comme le R 22 utilisé dans tous les secteurs du froid, pour satisfaire la demande. Hélas, cette molécule vient d'être à son tour interdite par la conférence de Copenhague car elle n'est pas totalement épurée de son chlore.

Pourtant, les chimistes restent optimistes, tel Maurice Verhille, responsable du département environnement d'Atochem : «Tous les substituts seront sur le marché entre 1997 et l'an 2000».

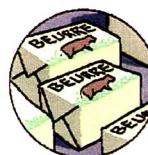
Mais tandis que l'eau de la réglementation se resserre inexorablement sur la production de CFC, les "consommateurs de froid" que nous sommes sont loin d'imaginer le chambardement qui se prépare. En effet, quel est le boucher ou l'épicier qui sait qu'en cas de fuite dans sa chambre froide, il ne pourra plus trouver le même fluide (R 12, R 502) pour réparer cette panne, à partir du 1^{er} janvier 1995, date à laquelle toute sa production sera interdite. Quel

(2) Journal Officiel, 7-8 décembre 1992. L'arrêté d'application, publié le 4 mars 1993, prévoit, entre autres, des amendes de 3 000 F à 6 000 F pour ceux qui laissent échapper des CFC dans l'atmosphère, et un doublement de l'amende en cas de récidive.

(3) L'organisme financier étant le PNUD (Programme des Nations Unies pour le développement), c'est la Banque mondiale et le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement) qui se chargeront d'épauler techniquement les industries du Tiers-Monde dans leur reconversion.

Les nouveaux réfrigérants

Ils remplaceront les anciens liquides dès le 1er janvier 1995 et tous les secteurs de l'industrie seront touchés.



| SECTEUR | Froid domestique (réfrigérateur, congélateurs) | Petits commerces (épiceries, boucheries, fleuristes, etc.) | Supermarchés, hypermarchés | Froid industriel (chimie, pharmacie, sidérurgie) |
|--------------------------|---|---|--------------------------------------|---|
| INSTALLATIONS EXISTANTES | Aujourd'hui CFC HCFC | R 12 R 22 | R 12 R 502 R 22 | R 12 R 22 |
| | A partir de 1995 | 134 a | FX 56 FX 10 R 22 R 22 FX 10 FX 56 | FX 56 R 22 |
| INSTALLATIONS NEUVE | | 134 a | R 134 a | R 134 a R 22 |

est le patron de supermarché qui a conscience qu'une panne sur ses linéaires de produits congelés pourrait tourner au désastre si son installation n'est techniquement pas prête à accueillir les nouveaux substituts ? «Très peu de gens évaluent bien les risques», estime Robert Cappa, président-directeur général d'une entreprise d'installation frigorifique : «Et ceux qui en ont conscience pensent qu'ils pourront bénéficier d'une dérogation». Celle-ci n'est sans doute pas impensable dans certains secteurs, pour ce qu'on appelle les "usages essentiels". Mais sûrement pas dans la grande distribution ou chez le boucher de quartier. La réglementation stipule, en effet, que «le qualificatif d'essentiel ne pourra être attribué qu'aux installations nécessaires à la santé et à la sécurité, ainsi qu'aux utilisations indispensables au bon fonctionnement de la société». On a ainsi accordé des dérogations à des industries pharmaceutiques comme Glaxo, qui utilise des CFC comme gaz propulseurs dans des médicaments traitant les crises d'asthme, comme la Ventoline. Car on voit mal l'intéressé s'administrer une dose de butane-propane dans les poumons !

Pour pallier la pénurie future de CFC, l'entreprise Dehon les récupère depuis plus de deux ans, afin de constituer un stock de secours utilisable le moment venu. Mais le recyclage reste encore marginal, comme en témoignent les chiffres produits par l'Air Conditioning and Refrigeration European Association : moins de 4 % des CFC vendus en France (7 000 t) en 1991 ont été récupérés (260 t). Cependant, le décret (*) sur l'obligation de récupération de tous les fluides frigorigènes devrait amorcer la pompe du recyclage.

Si les pays occidentaux ont les moyens de leur nouvelle politique environnementale, ce n'est pas le cas des pays du Tiers-Monde qui ont pourtant été obligés de signer le protocole de Montréal. Car la révolution en cours affectera la qua-

si-totalité des pays des zones tropicales et subtropicales, qui n'ont connu une certaine amélioration économique depuis un demi-siècle que grâce à l'industrie du froid. Ce sont la climatisation et la congélation des aliments qui leur permettent, en effet, d'accueillir des dizaines de millions de touristes. L'obligation de changer la totalité de leurs installations – des climatiseurs aux grands circuits des supermarchés, des entrepôts et des hôtels – se soldera par des dépenses encore non chiffrées, mais à coup sûr considérables. Ces pays, on le devine, ne pâtiront pas en silence des décisions technologiques occidentales, fussent-elles destinées à protéger la planète.

De fait, sous la pression de la Chine, de l'Inde et du Brésil qui refusèrent tout d'abord de signer ce protocole, un "fonds multilatéral" consacré aux transferts de technologie a été créé. Trois fois par an, un comité exécutif constitué de quatorze membres (représentant sept pays développés et autant de pays du Tiers-Monde) se réunit pour déterminer le montant de la somme attribuée aux pays en voie de développement (*). Alors que plus de 113 millions de dollars viennent d'être débloqués pour cette année, ce financement devrait friser au total les 500 millions de dollars d'ici à 1996. Le protocole de Montréal s'affiche donc, une fois de plus, comme un pionnier en matière de politique de l'environnement. En effet, ce système d'aide au transfert de "technologie moins polluante" pourrait bien se répéter dans le cas de l'effet de serre. Les pays du Nord financerait alors des industries qui réduiraient leurs émissions de gaz carbonique dans l'atmosphère.

Mais que deviendra le ver dans la pomme ? Les CFC produits sur Terre mettent de dix à quinze ans avant d'atteindre la stratosphère, et leur durée de vie est de cent ans. Ainsi, on estime qu'à l'heure actuelle seulement 20 % des CFC produits sur Terre polluent la stratosphère. Quels seront alors les effets des 80 % restants ? ■



Dessins : Finzo

Agroalimentaire**Camions frigorifiques****Patinoires****Voitures climatisées****Climatisation des bâtiments**

| | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------|---------|--------------------|
| R 12 R 502 | R 12 R 500 R 502 | R 12 | R 12 | R 11 R 12 |
| R 22 | R 22 | R 22 | R 22 | R 22 |
| FX 56 R 22 FX 10 | FX 56 FX 57 FX 10 | R 22 R 134 a | R 134 a | R 123 R 134 a R 22 |
| FX 40 R 134 a R 22 | FX 40 R 134 a R 22 | R 22 R 134 a | R 134 a | R 134 a R 22 |

La guerre des poux n'est pas gagnée

PAR MARIE-LAURE MOINET

Les poux sont la bête noire des familles. Aucune n'y échappe. Un jour ou l'autre, les petits doigts grattent obstinément le crâne ou la nuque. Ce geste annonciateur est la rançon de l'âge tendre vécu en collectivité. Un œil exercé décelera, à la racine d'un cheveu, un petit point gris, brillant, plus tenace qu'une pellicule, engainant le cheveu. Or ce point gris a toute chance d'être l'œuf d'un pou, une lente. Si tel est le cas, la pondeuse n'est pas loin dans les cheveux. D'autres lentes également. Car la femelle pou pond pendant un bon mois une petite dizaine d'œufs par jour (voir encadré p. 122).

En se fiant aux paramètres biologiques de l'espèce, la descendance théorique d'une femelle donnerait, en moins de trois mois, de 4 000 à 5 000 individus ! Ne nous affolons pas : le nombre de poux dans une tête parasitée est le plus souvent inférieur à la dizaine. Le maximum que le Pr J.-J. Rousset, directeur du service de parasitologie à l'hôpital Avicenne de Bobigny (Seine-Saint-Denis) ait vu sur une même tête au cours de ses missions d'expertise s'élève à... 550 poux !

Pourquoi ce plafond ? Parce que la mortalité naturelle des lentes est de 40 à 50 %. Et parce que les poux sont, malgré tout, des êtres fragiles. Au-delà d'une certaine densité dans le cuir chevelu, ils ont toute chance d'être écrasés par des ongles rageurs. Et, pour élargir leur espace vital, nombreux sont les survivants qui prennent la poudre d'escampette... vers d'autres têtes !

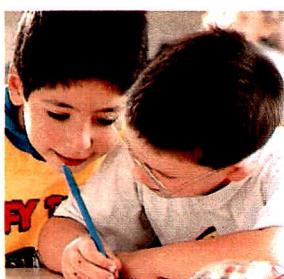
Le risque d'attraper des poux est permanent. Les poux de tête, *Pediculus capitis*, vivent à l'état endémique dans notre environnement... depuis l'apparition de l'homme. On en a retrouvé dans des momies d'esquimaux du XVI^e siècle extirpées des glaces (¹). On a cru longtemps que cette "ver-

Dans de nombreuses écoles primaires, un enfant sur cinq a des poux. Comment échapper à ce parasite, alors que les produits de traitement sont chers, non remboursés, et parfois inefficaces, comme cela a été démontré au dernier congrès annuel de dermatologie ?

mine" se formait à l'intérieur du corps, suivant en cela les préceptes d'Aristote sur la génération spontanée. Au XIX^e siècle, leur nature de parasites externes (ectoparasites) fut bien établie. Les poux sont des insectes ptérygotes (ailés) – ordre des Anoplures – bien que, au cours de l'évolution, ils aient perdu toute trace d'aile.

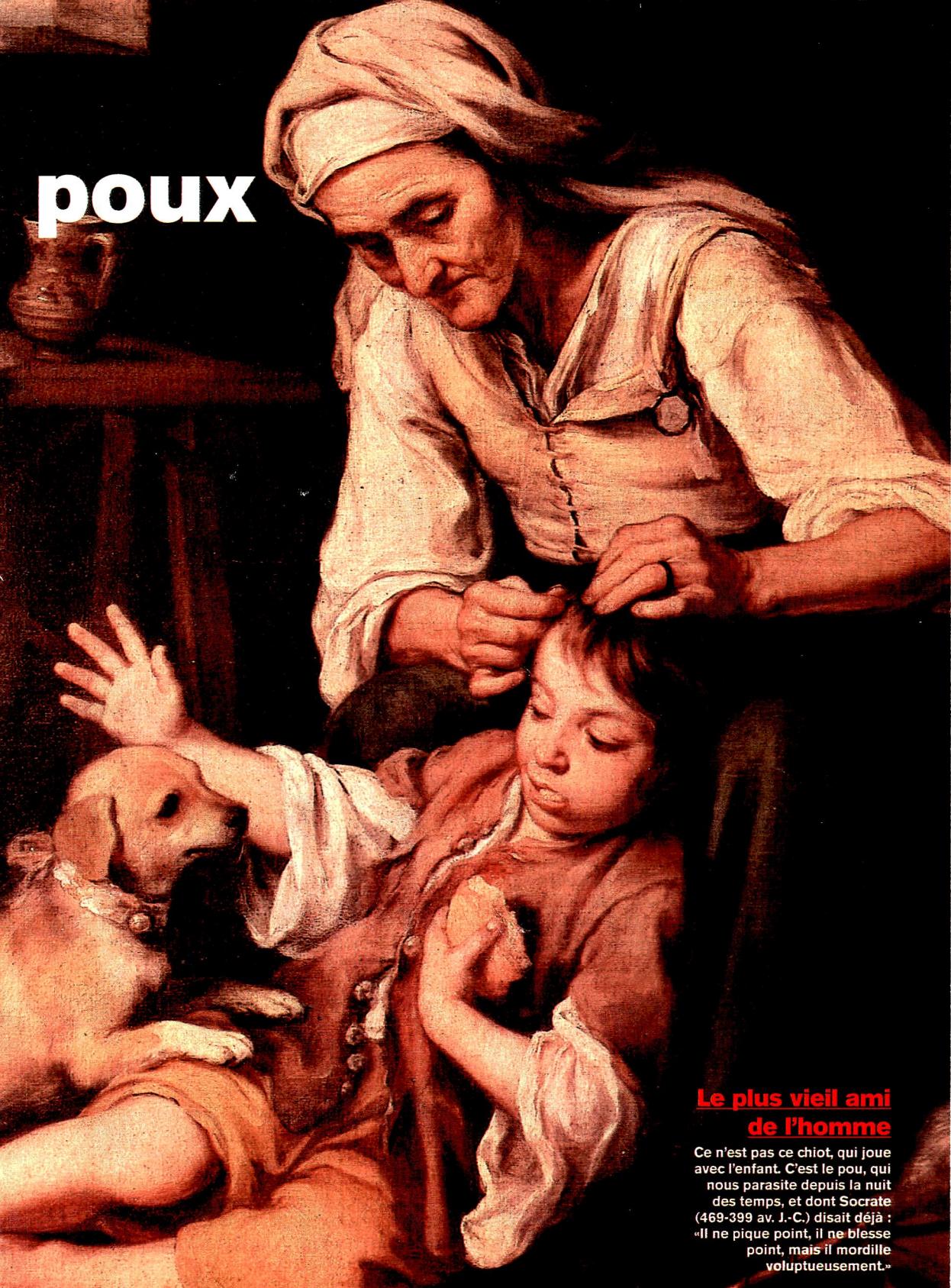
Ils sont strictement inféodés à l'espèce humaine. Il en existe trois sortes : les poux de tête, *Pediculus capitis*, adaptés au cuir chevelu, les poux de corps, *Pediculus humanus*, adaptés aux fibres de tissu des vêtements, et les morpions, *Phthirus pubis*, adaptés aux poils. Contrairement aux poux de corps, les poux de tête ne sont pas vecteurs de maladies, mais ils occasionnent des prurits et des lésions qui peuvent se surinfecter lors du grattage avec des ongles sales. Dès le premier pou, "ça gratte". Cette irritation est provoquée par la salive du pou qui, lorsqu'il suce le sang, injecte une substance anti-coagulante. Les poux nous démangent aus-

(1) "Les momies du Groenland", la Recherche, décembre 1986.



Gallard-Jerican

poux



Le plus vieil ami de l'homme

Ce n'est pas ce chiot, qui joue avec l'enfant. C'est le pou, qui nous parasite depuis la nuit des temps, et dont Socrate (469-399 av. J.-C.) disait déjà : «Il ne pique point, il ne blesse point, mais il mordille voluptueusement.»

suite de la page 121

si quand ils courrent sur nos cheveux : le record de vitesse enregistré par un médecin amateur de courses de poux est d'1 minute 25 secondes, sur un parcours vertical de 20 cm ! (2) Récupérez un pou vivant, placez-le dans un petit flacon à pilules et plongez-y un cheveu long, vous verrez aussitôt le pou s'agripper et y grimper avec agilité !

Le premier outil pour l'épouillage est le couple pouce-index, ou un peigne aux dents très serrées. On en vend aujourd'hui des réglables, en plastique (Itax, et Rabi et Solabo). Le plus original est le peigne Robi-Combi créé en Israël : compact, électronique, il siffle quand on se peigne grâce à une alimentation sur pile de 1,5 volt. Quand il rencontre un pou, il lui envoie une décharge électrique mortelle et le sifflement s'arrête (3). Ce peigne ne tue pas les lentes. Il peut être un investissement (280 F) qui rassure ou alerte en cas d'infestation de l'entourage. Une solution plus rapide mais plus drastique que l'épouillage est la "boule à zéro". Non seulement les poux perdent alors leur support, mais ils se retrouvent, en plus, exposés à la lumière et à l'air libre. Deux choses qu'ils fuient. Comme la température de leur corps varie avec celle du milieu extérieur, et qu'ils ne peuvent vivre et se reproduire que dans une plage étroite de température – autour de 29 °C (4) –, en cas de fièvre ou de mort, le pou délaisse son hôte...

Comme tout insecte, le pou est recouvert d'une cuticule imperméable et il respire par sept paires d'orifices, ou stigmates, débouchant sur un système de tubes, les trachées. Chaque stigmate est muni de muscles circulaires que le pou peut contracter lorsque la qualité du milieu ambiant (air ou eau) ne lui plaît pas. Mais des produits qui abaissent la tension superficielle, comme les matières grasses ou le pétrole, réussissent à "mouiller" les stigmates avant qu'ils ne se ferment. Ils pénètrent alors dans les trachées et les obstruent. Le pou meurt asphyxié. Au contraire, l'eau ne "mouille" pas les stigmates, qui se ferment hermétiquement quand le pou est immergé. Il résiste ainsi plusieurs heures aux shampoings normaux, à l'eau chlorée de la piscine, à l'eau de mer.

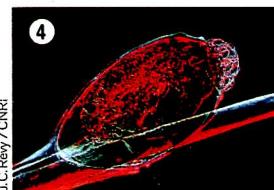
L'acide acétique aide au détachement des lentes en altérant leur manchon de "colle" autour du cheveu ; il est d'ailleurs, avec l'acide formique, le composant préférentiel des baumes "décolleurs de lentes" que l'on voit fleurir aujourd'hui. Le shampoing Ysol 206 le réunit à d'autres constituants dont aucun n'est insecticide. Par synergie entre eux, le mélange le serait. Sa lenteur d'action sur les poux et sur les lentes ainsi que le conseil de renouveler son application tous les deux jours en font douter. Il a cependant obtenu, en 1983, son

LE POU, SA VIE, SES PRÉFÉRENCES

Le pou est un insecte (et non un acarien) qui vit dans nos cheveux. Sa tête, petite, porte des antennes, deux yeux et une trompe rétractile avec laquelle il suce notre sang ; sur un thorax court et trapu s'implantent trois paires de pattes terminées par des griffes énormes ; l'abdomen est allongé et pointu. L'ongle recourbé de ses premières griffes lui permet aussi

dans le cuir chevelu (il est alors difficile de l'arracher de la tête) ; la salive injectée contient une substance anticoagulante qui nous irrite. Le pou est gris à jeun, rougeâtre quand il est rassasié. Le mâle est très ardent sexuellement. L'ongle recourbé de ses premières griffes lui permet aussi

J.C. Révy / CNRI



J.C. Révy / CNRI



J.C. Révy / CNRI



E. Malamache

visa d'autorisation de mise sur le marché (AMM). Cet examen, obligatoire depuis 1979 pour tout produit anti-parasitaire à usage humain (article L 658-11 du code de la Santé publique), a fait entrer les produits pédiculicides (qui tuent les poux) dans le monopole pharmaceutique ; leur vente exclusive en pharmacie ne les sort pas pour autant du rang des produits cosmétiques, puisqu'ils ne sont ni prescrits ni remboursés.

Historiquement, le premier insecticide efficace a

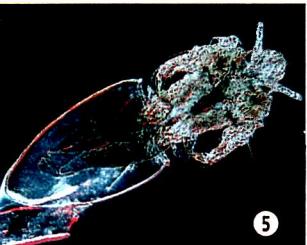
(2) Dr Mathis, *la Vie des poux*, Stock, 1955.
(3) *Science & Vie*, n° 903, p. 159.

RENCE

bien de se cramponner aux cheveux ③ (sous la douche, par exemple) qu'à saisir la femelle. Pour pondre, la femelle enserre un cheveu à la racine, entre les glandes annexes de son appareil génital. Les glandes laissent suinter quel-



CNRI



J.C. Révy/CNRI

⑤

ques gouttes d'un liquide, véritable colle qui durcit au contact de l'air. Cette gaine tenace enveloppe la lente, d'où la nécessité de faire glisser celle-ci le long du cheveu pour la retirer. La lente vivante ④ se trouve ainsi à moins d'1,5 cm du cuir chevelu, c'est le moyen pour repérer si on a des poux ; elle mesure moins d'1 mm sur 0,3 mm. Sur l'opercule apparaissent les micropyles par où la larve respire.

La lente éclot au bout d'une semaine ⑤.

Les poux sont aptes à se reproduire à l'âge de 15 jours et vivent jusqu'à deux mois environ. La femelle sexuée pond une dizaine d'œufs par jour dont 40 à 50 % ne sont pas

viables ; les lentes vivantes sont luisantes, bombées, translucides ; les lentes mortes sont plus blanches, desséchées.

Le pou a ses têtes. En 1955, le Dr Mathis, grand observateur des poux, mentionnait l'existence d'une immunité naturelle ou acquise contre les poux, qui ne digéraient pas certains sangs. Les poux vont très peu sur les cheveux fins, frisés ou crépus (les Noirs ont rarement des poux).

Le pou préfère les filles. Dès 1888, l'hôpital de Boston aux Etats-Unis notait chez 500 personnes ayant des poux de tête la proportion de 419 filles pour 81 garçons. Aujourd'hui encore, les filles ont toujours plus souvent des poux que les garçons. La longueur des cheveux est un facteur discuté ; ce pourrait être un phénomène hormonal ou des différences de comportement. Pour la couleur, enfin, les cheveux châtain semblent avoir la préférence du pou, suivis par les cheveux brun, puis les blonds et enfin les roux.

(4) Mais en réduisant son métabolisme de base, un pou peut survivre trois jours à 23 °C, une semaine à 4 °C. L'eau chaude à 40 °C détruit les poux en trente minutes et les lentes en 25 minutes.

étété le DDT (dichloro-diphényl-trichloroéthane). Mais, dès les années 1950, son utilisation massive dans de nombreux pays sélectionna des insectes – dont les poux – résistant aux doses normalement mortelles. Et comme la molécule de DDT, très stable, s'accumulait dans les graisses des poissons et autres prédateurs d'insectes résistants, son emploi fut interdit en agriculture dans de nombreux pays (en 1974 en France) et réduit en santé publique. Il entre dans la composition de deux pro-

ducts anti-poux (voir tableaux p. 126).

Son contemporain, un autre organochloré, le lindane (isomère gamma de l'hexachlorocyclohexane ou HCH), est la matière active de trois pédiculicides. Il est plus rapidement dégradé que le DDT mais il est plus毒ique, notamment par inhalation. Il a provoqué chez des nourrissons de très rares incidents neurologiques (convulsions) qui le font délaisser par les pédiatres. D'autant plus que la lenteur de son action nécessite une longue durée de contact avec les poux (voir tableaux p. 126). Il est interdit en Israël, alors qu'il est le constituant actif d'un pédiculicide très populaire en Suisse, le Jacutin Gel ; son fabricant, Hermal, conseille de le garder... trois jours !

En France, DDT et lindane n'occupent plus qu'une maigre part du marché des anti-poux. Outre leur ancienneté, propice à la sélection d'insectes résistants, ils ont un grave défaut : ils ne tuent pas les lentes. Même en dehors de toute réinfestation, il faut absolument retraiter entre le 8e jour après le traitement initial (toutes les lentes épargnées seront écloses) et le 15e jour (aucun des poux éclos n'aura eu le temps d'atteindre sa maturité sexuelle et donc de se reproduire). Or, sur beaucoup d'emballages, on conseille de traiter deux ou trois jours de suite.

Ces réserves quant à l'efficacité des produits n'ont rien d'illégal. Même si tout pédiculicide sur le marché doit avoir fourni les preuves de son efficacité ! Ces preuves sont en effet les résultats d'essais menés *in vitro* sur des poux d'élevage (ce qui, nous le verrons plus loin, réduit considérablement leur validité...), et d'essais biocliniques sur des sujets parasités, certes, mais menés le plus souvent dans des pays lointains (Maroc, Egypte, Brésil, Madagascar...), où le taux d'enfants porteurs de poux dépasse parfois 40 %. Et, selon le protocole défini par le ministère de la Santé dans l'"Avis aux fabricants et importateurs de produits pédiculicides" (8 septembre 1988), «au maximum deux applications successives peuvent être admises qui ne doivent pas être séparées de plus de vingt-quatre heures». L'ef- ►

suite de la page 123

ficacité "immédiate" sur les poux est donc loin d'être exigée...

L'efficacité "totale" non plus puisque, dans les essais biocliniques, «sera considéré comme un échec la persistance de lentes viables sur plus de deux têtes sur trente (environ 6 %)»⁽⁵⁾. On tolère ainsi qu'un produit arrive sur le marché avec l'appellation lenticide malgré un échec dans 6 % des cas. D'où la nécessité de toujours répéter un traitement huit à douze jours après le premier. Cette réserve étant faite, les produits "lenticides", apparus vers 1976, sont aujourd'hui une petite vingtaine en France. Ils appartiennent en fait à deux classes seulement d'insecticides : les pyréthrines, ainsi que les produits de synthèse dérivés de leur structure, et le malathion, un organo-phosphoré.

Les pyréthrines sont des molécules naturelles, contenues dans la fleur de pyrèdre *Chrysanthemum cinerariaefolium*. Elles agissent sur le système nerveux en perturbant – comme le DDT – les échanges d'ions sodium et potassium à travers les membranes des cellules. Empêchant ainsi le passage de l'influx nerveux, elles paralysent instantanément l'insecte, provoquant ce qu'on nomme l'"effet knock down", ou effet KD. Lorsque les doses d'application sont insuffisantes, il peut y avoir une récupération totale de l'insecte dans les heures qui suivent. Les poux se relèvent ainsi d'un shampoing trop dilué, d'un spray mal réparti, d'une lotion appliquée trop peu de temps...

Les pyréthrines sont les matières actives des actuels produits Marie-Rose. Rien à voir avec la "Marie-Rose" de 1921, celle qui provoquait «la mort parfumée des poux» avec pour toute arme un mélange à base d'acide acétique, d'essence de géranium et d'extrait de céladille, plante mexicaine dont la poudre est surnommée "poudre de propriété" ou "poudre des capucins". Selon les expérimentations de Michel Valade, qui a évalué au laboratoire de l'Orstom l'activité de différents pédiculicides⁽⁶⁾, il suffit d'une concentration de 0,049 % en pyréthrines pour tuer 50 % des poux éclos. Les produits Marie-Rose, 6 fois plus dosés, sont donc largement pédiculicides. En revanche, toujours selon les expérimentations, la composition de la lotion et du shampoing (pyréthrines + acide acétique) permettrait tout juste la destruction de 50 % des lentes.

L'aérosol est certainement plus actif. Car il contient un synergisant puissant, le butoxyde de pipéronyle. Un synergisant est une molécule qui accroît la puissance d'activité d'une substance lorsqu'il est mélangé avec celle-ci. L'acide acétique en est un, car il double l'efficacité des pyréthrines contre les

lentes. Le butoxyde de pipéronyle en est un beaucoup plus fort. Il agit en inhibant les mécanismes mis en place par l'insecte pour détruire les pyréthrines et les pyréthrinoïdes.

Les pyréthrinoïdes sont les dérivés industriels des pyréthrines naturelles. Guidée par la structure moléculaire des pyréthrines, l'industrie, en particulier la société Roussel-Uclaf, a rapidement mis au point des molécules analogues, mais plus actives et n'ayant pas les handicaps des pyréthrines (dégradation à la lumière, à la chaleur, etc.). Beaucoup moins toxiques que les organochlorés, les pyréthrinoïdes sont solubles comme eux dans les graisses. Ils ont le même mode d'action (dépolarisation des membranes cellulaires) qui entraîne la paralysie puis la mort de l'insecte. Enfin, ils agissent simplement par contact avec les poux, d'où l'importance de bien répartir ces produits sur le cuir chevelu.

Les premiers pyréthrinoïdes, dépalléthrine (ou bioalléthrine) et tétraméthrine (ou néopynamine) ont plus un effet KD qu'un effet léthal. C'est pourquoi ils sont toujours activés par le butoxyde de pipéronyle. Dans les aérosols, le mélange actif, inclus dans les gaz propulseurs, est plus fortement dosé que le produit fini. Une deuxième génération de pyréthrinoïdes a vu le jour avec des molécules toujours sensibles à la lumière mais dont l'effet KD se prolonge par une action réellement mortelle sur les insectes. Parmi elles, seule la d-phénothrine (appelée aussi sumithrine car découverte par la société japonaise Sumitomo) est encore employée dans les pédiculicides (voir tableaux p. 126). C'est même la matière active la plus vendue actuellement en France. Elle n'est pourtant plus la meilleure matière active sur le marché des anti-poux ! Elle est efficace sur... les poux de laboratoire. Or les seuls poux que l'on ait réussi à maintenir en élevage sont des poux de corps, adaptés à une race particulière de lapins sur lesquels ils se nourrissent. Comme ils se reproduisent depuis des milliers de générations à partir des mêmes ancêtres, ils sont devenus sensibles et réactifs, à tel point que les expérimentateurs baptisent cette souche de laboratoire la "souche de cirque". Les produits à base de d-phénothrine ont pourtant passé avec succès l'examen de l'AMM. Mais les tests d'efficacité des traitements se pratiquent souvent, nous l'avons vu, dans des pays lointains. Les poux, là-bas, sont peut-être plus sensibles aux produits testés que nos poux indigènes.

Toujours est-il que, aujourd'hui, des poux prélevés sur des têtes d'enfants en région parisienne sont encore vivants après avoir été imprégnés de d-phénothrine pendant vingt-quatre heures en laboratoire. A fortiori peut-on penser qu'ils le sont après l'application de dix minutes préconisée par la plu-

(5) Les études biocliniques doivent porter sur un minimum de trente sujets. L'efficacité lenticide *in vivo* est évaluée en prélevant un minimum de 5 lentes par tête infestée avant le traitement (lentes témoins) et le lendemain, puis en effectuant un test d'élosion sur ces lentes, conservées jusqu'à 9 jours à 28 °C. Lorsqu'elles éclosent, l'expérimentateur note si la jeune larve se nourrit en la plaçant sur la peau de son avant-bras. Si elle ne se nourrit pas, il considère que la lente a été tuée.

(6) Michel Valade, *le Pou de l'homme*, éditions de l'ORSTOM, Paris 1985.

(7) Contrairement à la deltaméthrine (Roussel Uclaf), pyréthrinoïde au très fort pouvoir insecticide mais qui provoque des sensations d'irritation rédhibitoires pour un emploi anti-poux.

(8) Dr Rousset, hôpital Avicenne (Bobigny, 1993) ; à paraître.

(9) Terry L. Menning ; Arch Dermatol, mars 1986.

(10) Les promoteurs de l'étude furent l'APHP (Assistance publique/Hôpitaux de Paris), qui la finançaient avec le ministère de la Santé et l'Inserm.

(11) Résultats cliniques d'un essai randomisé comparant, en milieu scolaire, deux lots pédiculicides.

Communication faite par Olivier Chosidow, unité de dermatologie, hôpital Pitié-Salpêtrière.

(12) "Comparison of Phenothrin Shampoo and Malathion Lotion in the Treatment of Head Louse Infection", R. Kyle, Social Health, 1990, n° 110 p. 62.



Allard / REA

Traiter tout le monde, et en même temps

Telle est la devise pour chasser les poux.
Mais cette chasse est encore une affaire privée.
À l'école, par exemple, on ne peut
intervenir qu'avec l'accord des parents.

part des fabricants. Cette désillusion procède d'une étude comparant l'efficacité de deux lotions pédiculicides, l'une à base de d-phénynothrine, l'autre à base de malathion, matière active la plus efficace – en France –, avec la perméthrine. La perméthrine (laboratoire Wellcome) est un pyréthrinoïde de troisième génération, stable à la chaleur et à la lumière, très peu toxique pour les mammifères (7). Les quelque 2 % de perméthrine qui traversent la peau sont rapidement métabolisés et excrétés dans l'urine. Cinq produits anti-poux ont la perméthrine pour matière active (tableau p. 126). Au Canada, commercialisé depuis 1988 (depuis 1986 aux Etats-Unis), Nix est considéré comme le meilleur produit anti-poux avec le Prioderm.

Le Prioderm, a pour matière active le malathion, insecticide organophosphoré qui paralyse le système nerveux de l'insecte en inhibant l'acétylcholinestérase (cette enzyme détruit l'acétylcholine, qui permet le passage de l'flux nerveux). La dose dangereuse pour un adulte serait de l'ordre de 5 g,

soit... dix boîtes de Prioderm ou 22 flacons de Paraplus, plus faiblement dosé (8). C'est un pédiculicide de très efficace, à effet rapide même si l'on conseille de garder la lotion de huit à douze heures sur la tête. Dans une étude américaine comparant l'activité de 6 pédiculicides, le malathion montrait les meilleures performances (9).

En France, un essai thérapeutique indépendant (10) a comparé l'efficacité d'une lotion à base de malathion (Prioderm) et d'une lotion à base de d-phénynothrine (Item) sur 8 353 enfants de 37 écoles parisiennes. 4,5% des 6 254 enfants des 26 écoles les plus parasités retenus pour l'essai avaient des lentes mortes, donc avaient eu des poux. 193 enfants ont été traités, dont 100 avec Item et 93 avec Prioderm (en aveugle). Un jour plus tard, 48 % des enfants traités avec Item avaient encore des poux, contre 3 % des enfants traités avec Prioderm. Le grand perdant, annoncé publiquement lors des journées dermatologiques de Paris, le 18 mars dernier, fut donc la lotion à base de d-phénynothrine (11).

Quant aux lentes, les tests d'éclosion ont également montré la plus grande efficacité du malathion. Les jeunes poux éclos étaient posés sur le dos de la main pour un test de vitalité : seuls ceux capables de piquer avant vingt minutes étaient considérés comme vivants, définissant une éclosion vivante. Il est arrivé que des lentes baignant dans la d-phénynothrine depuis plus d'une semaine donnent une éclosion vivante !

Ainsi l'existence de poux résistants à la d-phénynothrine a été démontrée en France. Les phénomènes de résistance sont propres à chaque pays. Ainsi, en Angleterre, dans un essai incluant 80 enfants de 4 à 10 ans, un shampoing à base de d-phénynothrine (dosé à 0,2 %) s'est montré légèrement plus efficace que la lotion Prioderm (12). Comment expliquer ces performances controversées ?

L'ancienneté du produit sur le marché pourrait être une explication. Ainsi le Prioderm est utilisé en Angleterre depuis 1971, contre 1983 pour la France où, au contraire, ce sont les pyréthrinoïdes qui ont l'antériorité et sont les plus vendus. Or, s'il apparaît des poux résistants sur une tête d'enfant, on ne fait qu'accroître leur proportion après des traitements répétés avec la même matière active (seuls les poux résistants survivent et se multiplient). C'est ce qu'on appelle une "pression de sélection" : la résistance ne s'exprime que là où il y a pression (utilisation) de l'insecticide.

A défaut de rembourser les produits, ou de prélever une TVA inférieure à 18,6 %, l'Etat n'aurait-il pas là un rôle de surveillance à jouer ? Certains laboratoires se tournent vers des associations de deux matières actives agissant sur des cibles moléculaires différentes de l'insecte (malathion et perméthrine, ►

LES HUIT "ENNEMIS" DU POU QUI SE DISPUTENT NOS TETES

En France, en 1993, 25 produits se partagent le marché des pédiculicides. Mais, si l'on se réfère aux insecticides qu'ils incorporent, seules 8 matières actives restent en ligne, dont deux ou trois seulement tuent la majorité des lentes ! Le shampooing Ysol 206, à base d'acide acétique, de camphre, d'essence de citronnelle, de chlorure de sodium et de lauryl éther sulfate de sodium, ne contient pas de matière active insecticide. A ce titre, il ne figure pas dans les tableaux ci-dessous. Attention ! Quel que soit le produit utilisé, il importe que poux et lentes soient en contact avec lui pour être tués. Enfin, même le meilleur produit ne tue pas toutes les lentes. D'où l'importance de traiter une deuxième fois huit jours après la première, puisque les lentes éclosent une semaine après avoir été pondus.

| TYPE | NOM, Forme galénique | MATIERE ACTIVE % | MATIERES ASSOCIEES % dont synergisant | DURÉE DE CONTACT CONSEILLÉE | INCONVÉNIENTS | TYPE | NOM, Forme galénique | MATIERE ACTIVE % | MATIERES ASSOCIEES % dont synergisant | DURÉE DE CONTACT CONSEILLÉE | INCONVÉNIENTS |
|--|---|---------------------------|---|---|--|---|-----------------------------------|--|---|---|--|
| ORGANOCHLORÉS | Lentinol, lotion 1950* | DDT 2% | Formaldéhyde 0,35% Essence d'aspic 0,15% | 1 à 2 heures, une à plusieurs fois/ jour | • Action pédiculicide lente • Cas de poux résistants | PYRETHRINOÏDES DE 2 ^e GÉNÉRATION | Parasidose, shampooing 1988 | d-phénythrine 0,2% | Acide acétique 5% Camphre 2% | 2 fois 3 min | |
| | Demel, poudre 1954 | DDT 5% Lindane 0,1% | | 1 heure, répéter 2 ^e , 8 ^e et 18 ^e jours | • DDT et lindane ne sont pas lenticides | | Hégor, shampooing 1979 | d-phénythrine 0,23% | Acide acétique Formol | 2 fois 3 min, répéter le sur lendemain | |
| | Aptitria, poudre 1945 | Lindane 0,40% | | 7 heures, répéter 2 ^e et 8 ^e jours | • Risque de toxicité neurologique en cas de passage cutané lors de lésion de la peau, particulièrlement chez l'enfant de moins de deux ans | | Itax, shampooing 1991 | d-phénythrine 0,3% | | 5 min, 2 jours de suite | • Un essai thérapeutique en région parisienne a montré l'existence de poux résistants à la lotion Item, ce qui incite à mettre en doute l'efficacité de la d-phénythrine |
| | Eletal, poudre 1950 | Lindane 0,8% | | 7 à 12 heures, répéter 2 ^e et 8 ^e jours | | | Item, lotion 1989 | d-phénythrine 0,3 % | | 10 min | |
| | Elenol, crème 1950 | Lindane 1% | | 12 heures, répéter 2 ^e et 8 ^e jours | | | Item shampooing 1989 | d-phénythrine 0,40% | | 5 à 10 min, 2 jours de suite | |
| | Marie-Rose suractivée, shampooing 1978 | Pyréthrines 0,30% | Acide acétique 1% | 3 min, rincer, puis 20 min 3 j. de suite | • Cas probables de poux résistants • Possibilité d'irritation avec sensation de cuisson | | Itax, aérosol 1988 | d-phénythrine 0,48% 0,965% Butoxyde de pipéronyle 1,93% | Tétraméthrine 0,965% Butoxyde de pipéronyle 1,93% | 30 min, 2 jours de suite | |
| | Marie-Rose suractivée, lotion 1977 | Pyréthrines 0,30% | Acide acétique 1% | 2 à 3 heures, 3 jours de suite | | | Pyreflor, shampooing 1985 | Perméthrine 0,30% | Butoxyde de pipéronyle 1% | 2 fois 5 min, 2 jours de suite | • Cas probables de poux résistants |
| | Marie-Rose suractivée, aérosol 1978 | Pyréthrines 1,875% | Butoxyde de pipéronyle 6,25% | 1 heure, 3 jours de suite | | | Pyreflor, lotion 1985 | Perméthrine 0,30% | Butoxyde de pipéronyle 1% Enoxolone 0,20% | 10 min | • Risques d'irritation cutanée |
| | Défipoux, aérosol 1982 | Depalléthrine 0,45% | Butoxyde de pipéronyle 1,10% | 30 min, 2 jours de suite | • Démangeaisons, rougeurs | | Nix, crème 1991 | Perméthrine 1% | | 10 min | |
| | Parasidose, aérosol 1988 | Depalléthrine 0,45% | Butoxyde de pipéronyle 2,25% Essence de citronelle 0,5% Pétrole désodorisé 9,3% | 30 min, 2 jours de suite | • Eviter le contact avec les yeux et les muqueuses • Irritations en cas d'excès | | Altropou, lotion 1992 | Perméthrine 0,32% Méthoprene 0,16% | Butoxyde de pipéronyle 1,60% | 10 min ou plus | • Pulvériser l'aérosol dans un endroit aéré et loin de toute flamme |
| PYRETHRINES ET PYRETHRINOÏDES DE 1 ^e GÉNÉRATION | Para Spécial Poux, aérosol 1980 | Depalléthrine 0,66% | Butoxyde de pipéronyle 2,64% | 30 min, 2 jours de suite | | PERMETHRINE ET MALATHION | Para Plus, aérosol 1991 | Perméthrine 0,50% Malathion 0,25% | Butoxyde de pipéronyle 2% | 10 min | |
| | Para Sécial Poux, shampooing 1990 | Depalléthrine 1,10% | Butoxyde de pipéronyle 4,40% | 5 min, 2 jours de suite | | | Prioderm, lotion 1983 | Malathion 0,50% | | 12 heures | ATTENTION : Prioderm est inflammable |

* Date de mise sur le marché.

par exemple, dans Para plus, méthoprène et perméthrine dans Altopou). Le danger est alors de sous-dosier en matières actives sous prétexte qu'elles sont associées !

Mais qui se préoccupe d'arbitrer le match des produits anti-poux ? Rares sont les services hospitalo-universitaires qui s'intéressent à cette parasitose, nommée pédiculose. Parmi eux, le service de parasitologie et médecine tropicale de la faculté de médecine de Tours font, avec celui de Bobigny, figure de proue. Grâce à une enquête de quatre ans dans les écoles de Tours et de sa région, le Pr Charles Combescot, son directeur, a pu évaluer l'extension du mal. Le taux d'enfants parasités à un moment donné ("prévalence" de la pédiculose) est passé de 8 % en 1970 à près de 15 % en 1974 (l'échantillon portait sur de 3 600 à 4 600 enfants scolarisés par an). Une nouvelle enquête, menée en 1981, a montré la stabilité de cette prévalence autour de 15 %. Recrudescence en 1987, avec 18,8 % d'enfants parasités en octobre, 28,5 % en mars 1988 et 16,7 % en juin 1988 (13). Ce genre d'intervention en milieu scolaire a surtout pour intérêt de sensibiliser le public sur l'importance d'un traitement collectif et simultané de tous les enfants parasités. Pour une famille nombreuse, à raison de 15 à 20 F par personne et par application (à renouveler 8 jours plus tard), le bilan peut être lourd financièrement.

Après une bouffée épidémique en

1990, la situation semble être redevenue plus calme. Selon des sources officieuses de la Préfecture de police, 5 % d'enfants étaient infestés en 1991 dans les écoles communales de Paris. Cette accalmie est une douche froide pour les laboratoires pharmaceutiques. Alors que le marché avait presque triplé entre 1988 et 1990, il est en chute libre depuis lors.

D'autres stratégies commerciales se profilent donc à l'horizon. Après les sprays ménagers destinés à traiter les objets (coussins, literie, mannequins...), après les baumes décolorants de lentes (attention, ce ne sont pas des anti-parasitaires), la dernière mode est aux "répulsifs". Il s'agit ici d'aérosols à pulvériser sur sa tête, son bonnet ou son col de manière à ce que les poux aillent chez les autres et non chez vous. Attention, ils ne tuent pas les poux. L'effet répulsif est lié à l'action de molécules volatiles sur les récepteurs olfactifs des insectes. Certaines huiles essentielles de plantes, comme la citronnelle, ont un pouvoir insectifuge.

Parmi les molécules insectifuges de synthèse (ou "repellents", terme emprunté à l'anglais), le DEET (diéthyltoluamide), commercialisé depuis 1957, fait figure de référence. Il assure une protection moyenne de quelques semaines sur un vêtement

(13) "Épidémiologie actuelle de la pédiculose à *Pediculus capitis*", Charles Combescot, *Bulletin Académie nationale de médecine*, 1990, n° 174.

(14) *Annales dermatologiques vénéréologiques*, 1992, n° 119.



Bibliothèque Fourey

mais de... quelques heures seulement sur la peau. Son absorption cutanée est importante (30 %), et une faible partie seulement est éliminée dans l'urine. Dans une étude sur les repellents, le Dr Patrick Combemalle, chef de service à l'hôpital Desgenettes (Lyon) appelle à la prudence : «Son utilisation prolongée, même à faible concentration (de 10 à 15 %), est déconseillée chez les enfants.» (14). Mais comment connaître la concentration en matière active d'un répulsif, paramètre fondamental pour son efficacité... et son innocuité ? Les laboratoires ne sont pas tenus de dévoiler la composition analytique de ces produits "OTC" (vendus sur le comptoir).

La molécule 35/35 est la dernière née des repellents. Testé pour son effet pédiculifuge à Madagascar, en juin 1993, par une équipe dirigée par Charles Combescot, il sera probablement le fleuron des sprays répulsifs de la cuvée 1994.

Ces répulsifs seront-ils l'arme du riche pour que les pauvres gardent leurs poux ? Quelle durée de protection contre une infestation peut-on en attendre ? Ils résistent peu à l'eau, à la sudation... Si on a peu de données publiées concernant le pou, on sait que, chez les moustiques, l'effet répulsif varie avec l'espèce, le climat (plus la température augmente, moins ils sont efficaces), l'heure de la journée ; certains repellents, à faible concentration, peuvent même devenir attractifs. La rémanence – sur les cheveux – attribuée aujourd'hui serait de seize heures au maximum. ■

Attention, les mini radars sont arrivés !

**Petits, très mobiles et
d'une grande précision, les
radars de la nouvelle
génération fleuriront dès la
rentrée sur les bas-côtés
des routes.**

PAR HENRI-PIERRE PENEL



Jusqu'à présent, les contrôles radar, on connaît bien. Le cérémonial, bien rodé, offrait à nos retours de vacances le petit frisson indispensable pour transformer ce voyage plutôt triste en un souvenir impérissable et digne d'alimenter, durant les onze mois suivants, la quasi-totalité de nos conversations. Demain, une simple moto de gendarmerie sera, peut-être, le seul vestige des festivités d'antan. Sans pour autant perdre en efficacité, bien au contraire

Deux nouveaux cinémomètres (nom officiel des radars routiers) arrivent. L'un comme l'autre répondent aux nouveaux désirs de la maréchaussée. En premier lieu, ils demandent moins de personnel pour être opérationnels : en tout et pour tout, une simple voiture banalisée, ou une moto, suffit pour leur mise en action. Finie, donc, la voiture immobile, dissimulée tant bien que mal dans le paysage, qu'un œil exercé sait repérer à temps ou que les habitués de certains parcours déjouent. Et finis les "comités d'accueil" postés quelques centaines de mètres plus loin.

Même si les nouveaux engins doivent eux aussi être à l'arrêt pour effectuer les mesures de vitesse, ils sont, en revanche, extrêmement mobiles et permettent donc de changer très rapidement de site de contrôle. Ce qui les rend quasiment indétectables. Et, comme nous le verrons plus loin, les erreurs de mesure qu'ils peuvent commettre sont toujours en faveur du contrevenant : ils sont "pessimistes" quant à la vitesse mesurée.

L'œil perfide du Multanova...

Le Multanova LTI 20-20 ressemble plus à un petit caméscope qu'à un radar ! C'est d'ailleurs l'émission et la réception de lumière infrarouge qui lui permettra de détecter vos éventuels excès.

Les nouveaux tombeurs d'automobilistes trop pressés sont de deux types.

Le premier, le Magda, fonctionne grâce à une émission radar conventionnelle. Réalisé par la société française Sfim Trafic-Transport, il est entièrement autonome, grâce à une batterie logée dans son socle, qui lui permet d'effectuer plus de 1 000 mesures. Son déclenchement peut être piloté par une télécommande. Bien qu'utilisant un faisceau hyperfréquence à 24,125 GHz – fréquence commune à tous les radars routiers –, il n'est que difficilement détectable, l'émission n'ayant lieu que durant la mesure.

Sa mise en place est immédiate. Un support permet de le fixer directement sur la sacoche d'une moto ou sur la vitre entrebâillée d'une voiture banalisée. Le véhicule est alors garé en bord de chaussée et le policier, muni de la télécommande, peut choisir un point d'observation mieux approprié ou moins dangereux que le bas-côté.

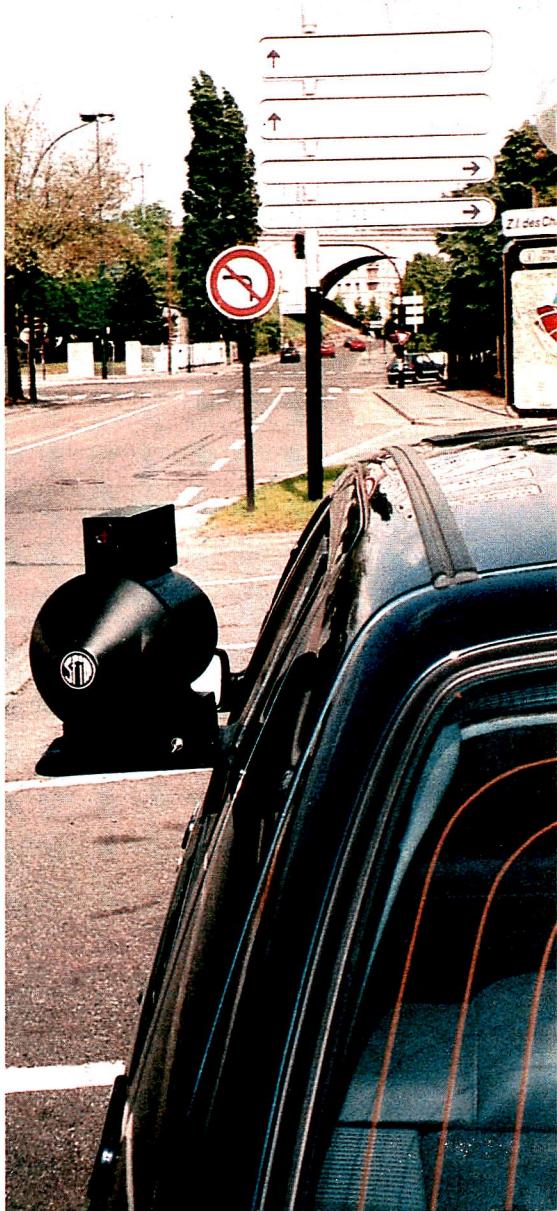
Techniquement parlant, il s'agit d'un radar de type 0 degré. C'est-à-dire que la mesure s'effectue exactement dans l'axe de l'antenne. Pour être parfaitement précis, il faudrait donc que l'appareil soit placé en plein milieu de la bande de roulement, ce qui n'est, on s'en doute, jamais le cas. Le fait de le placer en bordure introduit un angle qui vient légèrement fausser la mesure. Notons que, sur les radars conventionnels, prévus pour fonctionner sous une orientation précise, cette erreur pouvait être à la défaveur de l'automobiliste. Une mauvaise mise en place de l'antenne pouvait, en effet, mesurer une vitesse légèrement plus élevée que celle à laquelle vous rouliez. Dans le cas d'une configuration 0 degré, la valeur indiquée reste toujours inférieure ou égale à la vitesse réelle du véhicule contrôlé. En effet, la vitesse mesurée correspond à la vitesse réelle multipliée par le cosinus de l'angle que forme la direction du faisceau avec la parallèle au bord de la chaussée passant par l'antenne : un facteur compris entre 0 et 1. Plus le véhicule est proche de l'antenne lors de la mesure, plus l'angle formé et donc l'erreur seront importants (schéma p. 130).

Cas extrême : si la mesure est effectuée au moment où la voiture passe au niveau du radar, la vitesse mesurée est nulle. En effet, dans ce cas les deux directions sont séparées par un angle de

90 degrés. Une autre façon de voir le problème est de considérer que, durant l'instant de la mesure, si le véhicule se déplace bien tangentiellement par rapport au faisceau, la distance séparant le radar de la voiture reste constante quelle que soit la vitesse : le faisceau vient "lècher" le côté de la carrosserie. Ponctuellement le radar voit donc un objet fixe, d'où une vitesse mesurée nulle.

Mais le policier qui l'actionne n'a aucune raison d'attendre que vous soyez à sa hauteur pour appuyer sur la télécommande, la portée du Magda étant d'environ 500 m. A une telle distance, il est évident que son déport de 3 à 4 mètres par ►

D.R.



... et la fourberie du Magda

Il dépasse à peine de la carrosserie, et il peut être déclenché à distance ! Le Magda émet un faisceau hyperfréquence, mais cette émission n'a lieu que durant la mesure : vous n'avez, dans ces conditions, que très peu de chances de le détecter...

suite de la page 129

rapport à l'axe de la chaussée n'introduit qu'une erreur d'angle négligeable, et la précision de la mesure est tout à fait correcte : l'erreur reste inférieure à 3 km/h entre 15 et 100 km/h, et à 3 % pour les vitesses supérieures. De plus, cette portée laisse largement le temps au même policier, lorsqu'il a constaté une infraction, de faire signe à l'automobiliste fautif afin qu'il stoppe son véhicule. En effet, le Magda ne mesure la vitesse que des véhicules se rapprochant de lui et, comme il est dépourvu d'appareil photographique, le contrevenant peut venir vérifier lui-même sur l'appareil la vitesse à laquelle il a été "pris".

Lors de la mise en route de l'appareil, un seuil de vitesse autorisée lui est indiqué. Lors de son déclenchement, par une télécommande, il émet un bip sonore si ce seuil est franchi, et la vitesse mesurée reste inscrite sur un petit afficheur à cristaux liquides tant qu'une remise à zéro n'est pas demandée. Ce point, argumente la Sfim, devrait mettre fin à bien des contestations.

Le Magda est le premier radar en service sur nos routes à être équipé d'un dispositif de traitement numérique du signal. Ce dernier permet d'éviter le problème dit de doublement de fréquence dont la conséquence, fâcheuse, est de faire afficher à l'appareil une vitesse double de la vitesse réelle.

Ce point mérite d'être détaillé, puisqu'il permet d'expliquer le principe de fonctionnement du radar. Le phénomène est dû au principe même de mesure. Dans un radar routier, la vitesse est mesurée par effet Doppler : l'appareil émet une salve d'ondes radio à une fréquence bien précise, en l'occurrence 24,125 GHz. Lorsqu'elle rencontre un obstacle, l'onde est réfléchie et revient à l'antenne. Si le véhicule est immobile, la fréquence de l'écho reçu sera identique à celle de l'émission. En revanche, dès qu'il y a mouvement, la fréquence reçue est différente. Elle est plus élevée si la voiture se rapproche de l'antenne, plus basse si elle s'en éloigne ; c'est l'effet Doppler. En mesurant cet écart de fréquence, on détermine la vitesse du véhicule.

S'il se trompe... c'est à votre avantage !

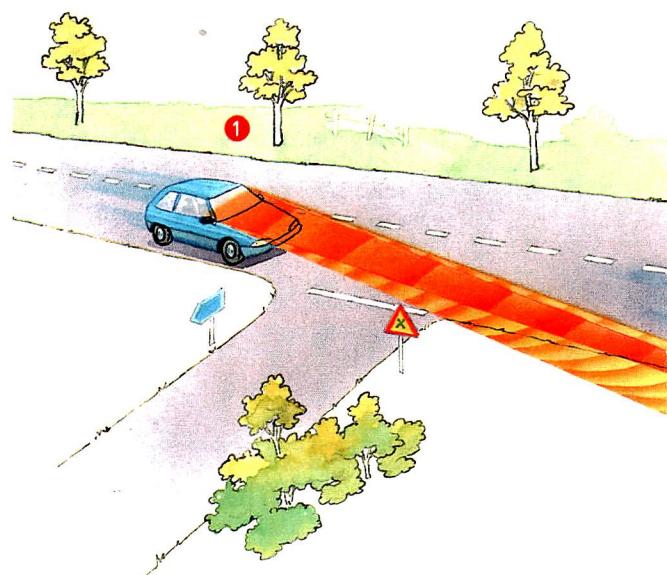
La vitesse mesurée par un radar 0 degré égale la vitesse réelle multipliée par le cosinus de l'angle formé par le faisceau avec la route. Si le véhicule est loin ①, l'angle est minime, son cosinus proche de 1 et la vitesse mesurée voisine de la vitesse réelle. Mais si le véhicule est à proximité ②, l'angle s'accroît, son cosinus diminue, et la vitesse mesurée aussi ! Cas extrême : le véhicule est au plus près ③, le faisceau a "l'illusion" de balayer une surface immobile...

Cependant, si le faisceau radar subit des réflexions multiples, notamment contre les rails de sécurité métalliques bordant une voie rapide ou un panneau de signalisation, il se peut qu'une onde revienne à l'antenne par l'arrière. Les deux "trains d'ondes" se croisent alors avec une vitesse virtuelle double de celle du véhicule, et l'électronique du radar est leurrée. Sur le Magda, le prétraitement du signal reçu permet d'éliminer les réflexions parasites. Cependant, seule une grande quantité de mesures effectuée sur site réel permettra de juger de son efficacité.

Actuellement, une dizaine de Magda fonctionnent, à l'essai, au sein de diverses patrouilles de gendarmerie et de police. L'exploitation massive devrait débuter à la fin de l'année. Le domaine de prédilection sera, en raison de leur faible encombrement et de leur simplicité de mise en place, le réseau routier secondaire et les agglomérations.

Le second mini radar, le Multanova

LTI 20-20, utilise un faisceau laser infrarouge. De la taille d'un petit caméscope, cet appareil de la firme Multanova est lui aussi un cinémomètre 0 degré, mais son principe de fonctionnement est fondamentalement différent de celui du Magda. Comme le laissent supposer les deux "objectifs" qui ornent sa face avant, le Multanova utilise la lumière pour effectuer ses mesures. Ici le faisceau hyperfréquences est donc remplacé par un laser infrarouge émis par une diode comparable, dans son principe de fonctionnement, à celle qui équipe un lecteur de disque compact. Le faisceau émis est donc invisible. Le gros avantage de ce procédé par rapport à l'émission hertzienne réside dans la faible divergence du faisceau. A 300 mètres, son



diamètre n'est que de 70 cm. Il est donc possible, dans le cas d'une route à plusieurs voies, de ne sélectionner qu'un seul véhicule, même en limite de portée de l'appareil, qui se situe aux alentours de 600 mètres. Un viseur optique permet de caler le faisceau sur la voiture souhaitée.

Dès que l'on appuie sur le bouton pousoir du Multanova, la diode laser émet une série de 43 salves d'impulsions lumineuses en un tiers de seconde. Après réflexion, une cellule, sensible aux infrarouges (mais pas à la lumière ambiante), les convertit en un signal électrique. Ce dernier est analysé par l'électronique de l'appareil pour déterminer la vitesse de déplacement du point de réflexion ainsi que sa distance. La mesure de vitesse est réalisée, exactement comme dans le cas des hyperfréquences, grâce à l'effet Doppler, qui s'applique aussi bien à une salve de lumière qu'à des ondes radio. Comme précédemment, on compare la fréquence des salves reçues à celle de l'émission. La mesure télémétrique, permettant de déterminer la distance du point de réflexion, est obtenue cette fois-ci en mesurant le temps écoulé entre l'émission de la salve et sa réception. Un tiers des salves émises concerne la télémétrie, les deux tiers restants ne concernant que la mesure de vitesse. Les deux résultats sont affichés par l'appareil. En fait, la mesure de distance n'a, dans notre cas, qu'un intérêt secondaire.

Cependant, comme nous l'avons vu plus haut, les cinémomètres 0 degré sont sensibles à l'angle de visée. Bien que toute erreur de mesure soit favorable au contrevenant, il est préférable que la distance entre le radar et le bord de la chaussée n'excède pas le dixième de la distance à laquelle se trouve le véhicule. Dans la pratique, si le cinémo-

mètre est placé à 10 mètres du bord de la route, la précision sera excellente dès que le véhicule sera à plus de 100 m.

Enfin, la mesure télémétrique contribue aussi à la fiabilité des résultats affichés. Certes, il n'y a plus ici d'échos multiples, comme c'est le cas avec les hyperfréquences, en raison tant de la directivité du faisceau laser que de celle de l'optique de réception. Mais le dispositif n'est pas à l'abri d'une interruption de faisceau, par un



DR

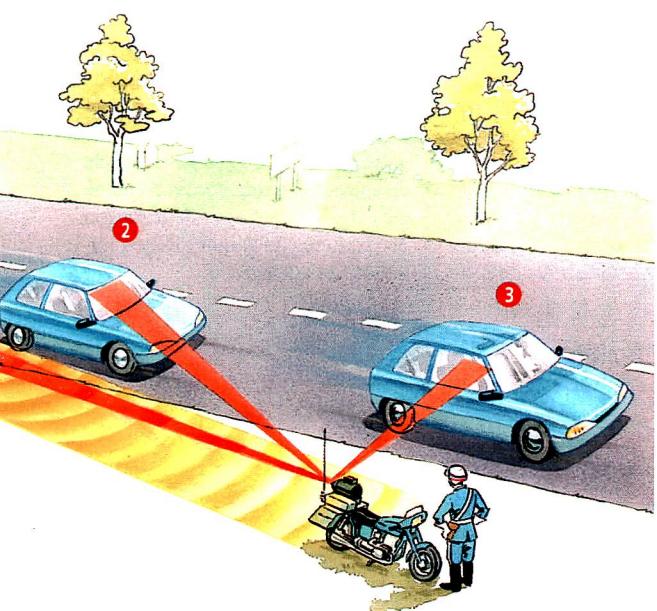
Autonome et discret

Le radar Magda est alimenté par une batterie logée dans son socle, et peut se fixer directement sur la sacoche d'une moto.

autre véhicule ou par un mouvement inopiné de l'opérateur durant la mesure. L'électronique, avant d'afficher ses résultats, contrôle donc la cohérence entre vitesse et distance avant de les valider. En cas d'incompatibilité entre ces deux mesures, l'opération est annulée, et un message d'erreur apparaît sur l'afficheur.

Après avoir essayé les deux appareils, il nous semble qu'il s'agit là de deux produits complémentaires plutôt que réellement concurrents. Si le Magda est bien adapté pour un contrôle sur réseau secondaire, le Multanova s'avère le plus efficace sur autoroute. En effet, grâce à son excellente sélectivité, il permet de choisir un véhicule avec précision, ce qui n'est pas possible avec le Magda. Attention, donc, au Multanova à l'entrée des aires de repos d'autoroute ; et à la sortie aussi, car il peut effectuer des mesures sur l'arrière de la voiture.

Quant au Magda, on devrait le rencontrer plutôt sur nos petites départementales ou dans nos villages. Quoi qu'il en soit, le point fort de ces deux appareils reste que, en aucun cas, du moins durant nos essais, ils n'ont donné des mesures supérieures à la vitesse réelle des véhicules contrôlés. Comme quoi le pessimisme des radars fait l'optimisme des automobilistes. ■



A. Godin

carrefour de L'INNOVATION



D.R.

CHEVAUX

Les chevaux de trait sur la route du poisson

Depuis la Seconde Guerre mondiale, l'automobile et la motorisation du matériel agricole ont entraîné une chute vertigineuse des effectifs des chevaux de trait.

Boulonnais, Percherons, Traits du Nord, Bretons, Cobs, Auxois, etc. —, une réelle menace d'extinction pèse sur les neuf races françaises. Pour le rappeler publiquement, un coup de projecteur sera donné le 25 septembre sur les che-

vaux de trait par la manifestation "La route du poisson", à laquelle participeront douze équipes européennes — dont sept françaises.

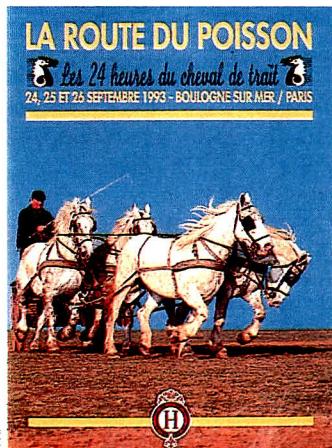
Il s'agira, pour ces équipes, de rallier Boulogne-sur-Mer à Paris en moins de vingt-quatre heures. Les 287 km de cette course-relais constituent l'ancienne route empruntée par ceux qu'on appelait les "chasse-marée" et les "maréyeurs", ceux qui, il y a quelques dizaines d'années encore, luttaient quotidiennement contre la montre pour transporter la "marée" (le poisson frais) jusqu'à Paris.

Chacune des douze équipes sera constituée d'un équipage de deux chevaux, d'une voiture hippomobile, d'un meneur et d'un groom, et transportera 30 kg de poisson. Vingt-deux relais, le plus souvent d'époque, permettront aux concurrents de chan-

ger de monture tous les 15 km environ. Plus de 200 000 spectateurs sont attendus tout au long de cette route.

Les organisateurs de la manifestation, l'association "Traits de génie" et le Haras national de Compiègne, ont par ailleurs créé des épreuves mettant en valeur les qualités de puissance et de docilité des races de chevaux de trait : obstacles sur la plage du Touquet, traction de flobarts (bateaux de pêche traditionnels de la côte d'Opale) à Boulogne-sur-Mer, halage de bateaux sur la Somme, épreuves d'habileté à Paris. Après le défilé des attelages dans Paris, l'arrivée de La route du poisson se fera à l'hippodrome de Vincennes, le 26 septembre, jour de la Fête nationale du cheval. Elle sera l'occasion d'une gigantesque fête avec dégustation des produits de la mer, défilés, initiations à l'attelage, etc..

Le 25 septembre, 12 attelages européens reprennent l'ancienne route du poisson.



D.R.

On décolle...

● L'ascenseur le plus rapide du monde, avec une vitesse de 750 mètres par minute, doit être installé au Japon par la firme Mitsubishi Electric.

Il gravira en l'an 2 000 les 70 étages d'un bâtiment de Yokohama, la Landmark Tower, haute de 296 mètres.

Pour les coeurs et les estomacs bien accrochés...

CHIMIE

Une "eau de Javel" naturelle pour nettoyer les plages

Solution élégante, l'aspersion du sable par de l'eau de mer électrolysée supprime la pollution cachée, mais sans doute la plus dangereuse, des plages.

La plage expose en effet les baigneurs à deux types de pollution. Celle des eaux, dont on parle beaucoup, provoquée par des bactéries, est classiquement admise. Et celle de la plage elle-même, des galets ou du sable, en surface et en profondeur, le plus souvent totalement inconnue et dont nul ne semble se soucier. Une pollution invisible provenant surtout de l'homme et des animaux. Nombre de ces germes sont pathogènes et ils prolifèrent à la chaleur et à l'humidité.

Ni les gros déchets, ni même les marées noires, ne constituent les pollutions les plus gênantes. Rejetés par la mer ou abandonnés par les touristes, ces déchets peuvent être récupérés au moyen de cribleurs qui retournent et tamisent le sable. En cas de marée noire, après évaporation des parties les plus volatiles, les hydrocarbures lourds col-

lent au sable sous forme de plaques ou de gouttelettes qui sont également récupérables par les cribleurs.

En revanche, rien n'avait jusqu'ici été imaginé pour lutter contre les germes apportés par l'homme et les animaux, staphylocoques, streptocoques, colibacilles, levures et moisissures, que l'on trouve surtout aux endroits les plus fréquentés : partie sèche du sable la plus proche de la lisière de l'eau, ainsi que douches et poubelles.

C'est pour combattre cette pollution que la société FTEC a mis au point le procédé Meractive, qui consiste tout simplement à assainir le sable en diffusant de l'eau de mer électrolysée.

L'eau de mer contient des sels, entre autres des chlorures, des bromures, des iodures qui, par électrolyse, se transforment en composés à fort pouvoir oxydant et bactéricide. Ces derniers s'apparentent, dans leurs propriétés comme dans leur composition, au composé obtenu par dilution d'eau de Javel dans l'eau. Pour simplifier, on pourrait

dire que l'électrolyse de l'eau de mer permet de produire une sorte d'"eau de Javel naturelle".

A Argelès-sur-Mer, à Nice, sur deux plages italiennes et quatre espagnoles, l'expérience vient de prouver de façon indiscutable que l'aspersion du sable par la solution Meractive est parfaitement efficace. L'opération s'effectue la nuit. Le temps de contact de l'eau pulvérisée avec les germes est ainsi suffisamment long pour que l'effet bactéricide se produise. Le jour, les rayons UV ont vite fait de décomposer les produits actifs, qui redeviennent les sels de mer d'origine.



AGRONOMIE

Vive la "patate poilue" !

Une pomme de terre révolutionnaire est née. C'est en tout cas ce que pensent les chercheurs de l'université de Cornell (Etats-Unis) qui travaillent pour le Centre international de la pomme de terre. Pour les scientifiques, elle porte le nom chic de *Solanum berthaultii* ; pour le commun des mortels, elle s'appelle "pomme de terre poilue".

Son intérêt ? Elle est insensible aux insectes. Le gros problème de la pomme de terre classique, qui figure en quatrième position parmi les légumes les plus cultivés dans le monde, est en effet sa vulnérabilité

aux petites bêtes. Elle coûte cher en insecticides, ce qui constitue l'un des freins à sa culture dans les pays en voie de développement. Désormais, si les tests en "grandeur réelle" s'avèrent concluants, puces, mites, blattes, sauterelles et cochenilles fuieront d'elles-mêmes cette nouvelle variété de pomme de terre.

La *Solanum berthaultii* est en fait une variété sauvage ; elle est caractérisée par la présence de "cheveux" sur la tige, mais la tubercule est strictement identique à celle de la banale patate, en aspect, en croissance et en goût. Depuis quinze ans, l'univer-

sité Cornell développe les hybrides de cette variété. Les poils situés sur la tige et les feuilles sécrètent une substance qui piège et tue les petits insectes tentant de s'en nourrir ou de s'y reproduire. D'autres insectes, plus coriaces, ont droit à des supplices plus raffinés : ainsi, la blatte du Colorado, qui se régale des feuilles, s'en sort avec une sérieuse constipation et une déformation des ovaires provoquant la stérilité.

Selon les chercheurs américains, la pomme de terre poilue devrait être cultivée dès l'an prochain, dans trente ou quarante pays.

Pour lutter contre les incendies, il faut délimiter des parcelles et empêcher le feu de franchir les barrières créées.



INNOVATION SOCIALE

Postière et "agent de vie"

A Saint-Georges-la-Pouge (322 habitants), dans la Creuse, le conseil municipal souhaitait mettre une voiture et un "agent de vie" à la disposition des anciens du village : la voiture pour leur permettre d'aller en ville faire quelques courses, de se rendre visite mutuellement ou d'aller chez le coiffeur. Et l'agent de vie pour leur rapporter des nouvelles du bourg, les aider à remplir certains formulaires, voire faire leurs commissions.

DR Les responsables de la poste, de leur côté, avaient noté l'inactivité, durant de nombreux après-midi, de la 4 L de l'auxiliaire de la poste, Françoise Tintant.

Aujourd'hui, un contrat de partenariat a été signé entre la municipalité et La Poste. La seconde loue à la première sa voiture jaune deux après-midi par semaine, pour environ 1 000 F par trimestre. Et Françoise Tintant exerce désormais deux mi-temps : postière et agent de vie.

Tout va maintenant pour le mieux, même pour les taxis locaux, qui avaient au début fait grise mine devant ce projet, craignant une concurrence déloyale. Il a donc été convenu que, sauf autorisation exceptionnelle, Françoise Tintant et sa 4 L devaient rester dans le périmètre de la commune...

INCENDIES

Feux de forêts : parcelliser pour mieux lutter

La firme Cerberus-Guinard, spécialisée dans les systèmes de protection des personnes et des biens, se propose d'appliquer la théorie de la percolation à la lutte contre les feux de forêt. Que dit cette théorie ?

Que, lorsque le morcellement d'une surface dépasse un certain seuil, celle-ci ne fonctionne plus comme une entité mais comme autant de fragments isolés.

Résultat des travaux de Cerberus-Guinard : on doit créer des barrières contre le feu sur la surface menacée par l'incendie en répartissant judicieusement de 45 à 60 % d'incombustibles.

Concrètement, des zones "percolatives" peuvent être délimitées par largage, suivant un quadrillage déterminé, de bombes à mousse ou de produits retardant ou stoppant la progression du feu.

En arrivant sur ces zones, l'incendie sera ralenti et atténué, ce qui permettra une intervention plus facile et plus efficace des groupes de sécurité.

Le principe de la percolation peut aussi être appliqué lors du reboisement. Des zones de végétation à haut risque (par exemple, des pins ou des garrigues) devraient ainsi être entrecoupées de zones à moindre risque (des châtaigniers, des chênes) constituant ainsi des surfaces de percolation.

De la même manière, les lieux situés près de pinèdes ou de garrigues (terrains de camping, villes, etc.) devraient être protégés par l'implantation d'un réseau de tuyaux enterrés, destiné à créer un barrage de jets d'eau contre le feu dans l'attente des secours.

Plastiques tatoués

● L'infinie diversité des matières plastiques fait qu'elles ne peuvent être recyclées toutes ensemble, selon les mêmes procédés. Elles doivent d'abord être triées pour déterminer la technique spécifique qui doit leur être appliquée. Une innovation du chimiste Bayer, le "tatouage" des plastiques, permet désormais de ne pas se tromper. Cette technique consiste à mélanger à la matière première un "marqueur", colorant invisible et indélébile. Ce marquage est ensuite repéré grâce à un spectromètre lors du tri.

Faites confiance à Minitel futé

Quel est le chemin le plus court pour se rendre d'un point à un autre ? En voiture, ce n'est jamais la ligne droite ! Pour aider les automobilistes, un serveur minitel, 36 15 Leplan, sert de guide. L'équivalent pour Paris intra-muros de Planfax (36 70 17 89), un service qui permet de recevoir par fax la carte des zones industrielles de banlieue (Science & Vie n° 904, p. 131).

Le 36 15 Leplan se contente de deux indications : l'adresse de départ et celle d'arrivée ; et d'une option : le trajet le plus rapide (privilégiant les grands axes), ou le plus

court (en kilométrage). Le conducteur n'a plus qu'à se laisser guider, de façon extrêmement précise, par l'écran de son Minitel. Pas à pas, il lui dicte la route à suivre.

Pour le Minitel, ce n'est guère compliqué : il s'appuie sur un fichier informatisé, constamment tenu à jour, des rues de Paris : 5 750 rues, 1 450 km de voies et plus de 15 000 intersections... En liaison avec la préfecture de police et la Mairie de Paris, 36 15 Leplan pourra bientôt indiquer aussi les itinéraires à destination des communes entourant la région parisienne, et

- ce n'est pas le moins intéressant - une information en temps réel sur l'état de la circulation dans Paris, ce qui permettra de sélectionner les itinéraires les moins embouteillés.

Ruban adhésif écologique

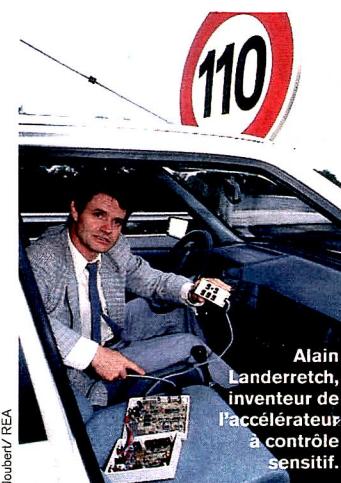
- **L'Ecotape, c'est son nom, a été inventé par un kibbutz. Il est fait de polypropène, un adhésif de synthèse sans solvants. Sa production et sa destruction n'entraînent ni fumées ni déchets toxiques. Le ruban, disponible en plusieurs coloris, est recyclable.**

PROTOTYPE

Un "sixième sens" pour contrôler la vitesse automobile

Aucun de nos sens ne nous donne la mesure de la vitesse, que nous n'appréciions, plus ou moins bien, que par rapport à notre environnement. Cela est particulièrement gênant pour la conduite automobile. L'"ACS" – accélérateur à contrôle sensitif – pallie ce handicap en rendant physiquement perceptible le franchissement de différents seuils de vitesse sans aucune action sur l'embrayage, simplement par une résistance accrue, sensible au pied, de l'enfoncement de la pédale de l'accélérateur.

Le principe est simple : dès que l'on dépasse la vitesse de consigne, 50 km/h, 90 km/h, ou tout autre seuil que l'on choisit soi-même, le système engendre cette résistance. On sait, sans même avoir jeté un coup d'œil sur son compteur, que le seuil fixé est atteint, et on exploite librement cette information en décidant ou non de "lever le pied". Nul besoin d'une alarme vocale ou visuelle, stressante au moment où on a le plus besoin de se concentrer sur la conduite et de mobili-



J. L. REA

Alain Landerretche,
inventeur de
l'accélérateur
à contrôle
sensitif.

ser toute sa vigilance. Et ne conduit-on pas d'abord avec les pieds ?

Alain Landerretche, l'inventeur de l'ACS, est un ingénieur électronicien de 46 ans. Son dispositif se présente sous la forme d'un boîtier à cinq touches, intégré au tableau de bord ou monté en accessoire. Deux touches correspondent aux vitesses préprogrammées de 50 et 90 km/h, une troisième à la mise en mémoire d'une vitesse choisie. La dernière touche, utilisable à tout moment, déconnecte le système.

Le mécanisme du dispositif : un servomoteur transforme le dépassement de la vitesse choisie en une force de rappel variable, ce qui se traduit par une résistance accrue de la pédale de l'accélérateur.

Deux constructeurs européens sont déjà intéressés par l'ACS : Volkswagen et un Français, dont Alain Landerretche préfère, pour l'instant, taire le nom. Ce dernier semble pourtant le plus avancé : il a déjà équipé un véhicule afin d'expérimenter et d'évaluer le prototype.

ASSURANCES

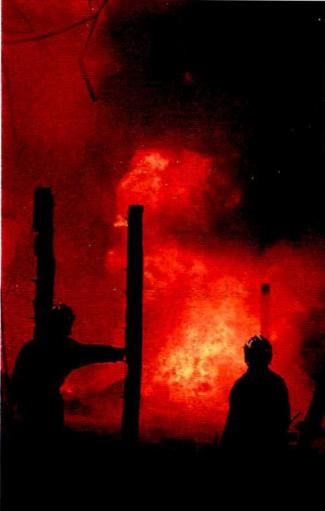
3 milliards ne coûtent que 20 millions

L'incendie de la raffinerie Total de La Mède, il y a presque un an, aura coûté, selon les dernières estimations, environ 3 milliards de francs, entre le coût de la reconstruction à neuf de l'usine et celui des pertes d'exploitation.

L'assureur de Total, le GAN ("apéteur" du risque, c'est-à-dire auprès de qui le contrat d'assurance a été souscrit), est réassuré auprès d'Omnium Assurance et Réassurance – une société du groupe pétrolier installée aux Bermudes et elle-même réassurée auprès d'Oil Insurance, un pool réunissant la plupart des compagnies pétrolières mondiales.

Oil Insurance, à son tour, est réassuré sur les marchés mondiaux.

P. Parot/Sygma



L'incendie de la raffinerie Total de La Mède, en novembre 1992.

Au terme des différents traités de réassurance, le coût final pour le GAN ne devrait ainsi pas dépasser 20 millions de francs.

C'est seulement par ce petit jeu d'assurance et de réassurance – sans lequel aucune compagnie ne "tiendrait le coup" face à un sinistre important –, souvent inconnu du grand public, que les risques industriels peuvent trouver à se couvrir. Somme toute, les compagnies s'assurent elles-mêmes.

LOGICIELS

Les logiciels passent les frontières

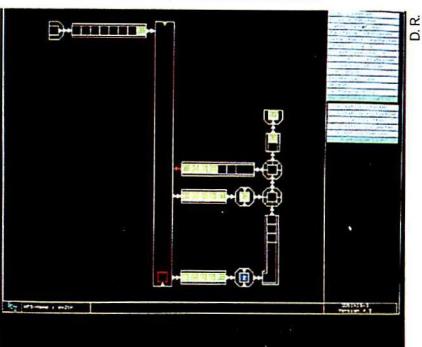
Retracer en quelques minutes sur micro-ordinateur plusieurs heures de fonctionnement d'une unité de production, c'est ce que permet le logiciel allemand Dosimis 3. Il est consacré à ce qu'on appelle la "simulation des flux de production". Notre photo

L'ordinateur simule une arrivée de pièces de fabrication dans un atelier automatisé.

montre ainsi la simulation de l'arrivée d'un flux de pièces dans un atelier automatisé.

L'intérêt d'une telle simulation est capital. Dosimis 3 permet de planifier l'utilisation des éléments qui composeront telle ou telle unité de production en tenant compte de différentes variables – le taux de pannes de certains éléments, par exemple.

Or, jusqu'à présent, en Europe, seules les entreprises allemandes pouvaient bénéficier de ce service, car Dosimis 3 est commercialisé exclusivement par la société allemande SDZ (Simulation Dienstleistung Zentrum). Si bien que le laboratoire de conception des systèmes mécaniques et énergétiques



D.R.

Révolution corporelle

● Présenté au dernier

Salon international des inventions et techniques nouvelles de Genève, Distrimix est le premier distributeur-humidificateur de papier toilette. Cet appareil permet d'utiliser, pour une meilleure hygiène, du papier légèrement humidifié par la pulvérisation automatique d'une lotion antiseptique. Le Distrimix devrait être prochainement fabriqué en Bourgogne et apparaître sur le marché à l'automne (en Suisse, pour commencer).

200 tonnes au bout du bâton

● La firme Leki, fabricant de bâtons de marche télescopiques pour randonneurs, a calculé que ceux-ci soulagent les genoux des utilisateurs de plus de 200 tonnes par jour. A condition de peser un poids "normal" et de marcher d'un bon pas...

rattaché à l'ENSIMEV (l'Ecole nationale supérieure d'ingénieurs de mécanique énergétique de l'université de Valenciennes) vient de passer un accord de coopération avec SDZ pour réaliser une version française de ce logiciel.

Cette version devrait être disponible dès l'été 1993. L'ENSIMEV aidera à sa commercialisation, notamment par l'organisation de séminaires de démonstration auprès des industriels. Elle le fera d'autant plus volontiers que, grâce à ce logiciel, elle espère intéresser les industriels français, en retard en la matière, aux techniques de simulation des flux de production. Elle souhaite aussi promouvoir l'enseignement de ces techniques dans les écoles d'ingénieurs. Contact : M. Yves Mineur, ENSIMEV, université de Valenciennes, BP 311, 59304 Valenciennes Cedex. Tél. : 16 27 14 12 25 ou 12 27.

Une puce dans la poche des skieurs

Munis de leur "Topcard", les skieurs qui emprunteront les 27 km de pistes skiables du massif autrichien de Laterns-Gapfohl ne feront plus la queue aux portillons d'accès aux remontées mécaniques.

Cette carte, mise au point par Sie-

mens, contient un émetteur micro-puce qui envoie un signal de laisser-passer, capté par tous les postes de contrôle. A l'approche du skieur, les portillons de ces postes s'ouvrent ainsi comme par enchantement.

Autre avantage du système pour

les exploitants : les caisses des remonte-pentes sont transformées en terminaux informatiques reliés au "PC" de l'ensemble du massif skiable. On connaît ainsi instantanément la fréquentation des pistes à tel ou tel instant précis.

ANNIVERSAIRE

100 bougies pour le diesel

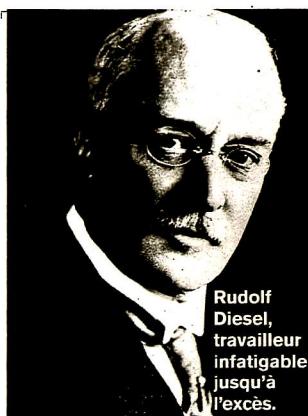
En 1893, Rudolf Diesel publie un retentissant mémoire : *Théorie et construction d'un moteur thermique rationnel, destiné à supplanter la machine à vapeur et les autres machines connues actuellement.*

Moteur à essence ou à gazole, le cycle est le même : aspiration, compression, détente, échappement. La révolution du diesel intervient au niveau de la compression. L'air est en effet si fortement comprimé par le piston qu'il s'échauffe dans le cylindre du moteur jusqu'à 800 °C, ce qui est largement suffisant pour enflammer instantanément l'huile pulvérisée qu'on y injecte. Le carburant est transformé directement en énergie. Il n'y a plus ni carburateur, ni système d'allumage. Et on brûle ces huiles lourdes recueillies en fin de raffinage, après l'essence, et qui restaient jusque-là sans utilisation rentable.

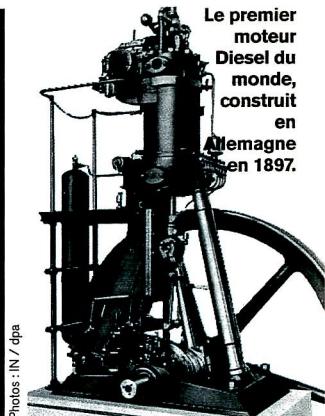
Né en 1858 à Paris, Rudolf Diesel est le fils d'artistes bavarois qui travaillent le cuir. Jusqu'à l'âge de 12 ans, il le raconte lui-même, il habite rue de La-Fontaine-au-Roi, près du Musée national des techniques, dont il est un visiteur assidu et régulier, furetant partout, s'attachant à comprendre le mécanisme de chaque machine. Il s'attarde particulièrement devant le chariot à vapeur sur trois roues de Cugnot... Ce musée lui a révélé sa vocation, dira-t-il plus tard, et lui a tout appris.

Chassé de France en Allemagne par la guerre de 1870, Rudolf Diesel suit à Augsbourg les cours d'une école industrielle où il découvre un petit appareil, qui fait partie du matériel didactique, dont l'invention remonte à 1830 et qui est resté une curiosité de laboratoire. Il s'agit d'un briquet pneumatique, dans lequel un piston comprime l'air contenu dans un tube de verre, provoquant un échauffement tel qu'il enflamme une mèche d'amadou. C'est le principe même du moteur qu'il va mettre au point.

Dans l'ouvrage qu'il a consacré à la genèse de son invention, Rudolf Diesel se fait l'ardent défenseur des "petits" inventeurs. «Au grand jamais on ne peut dire de l'idée seule qu'elle est une invention... Entre l'idée et l'invention achevée, il y a toujours le travail et la peine de l'inventeur. Accomplie, l'invention se présente toujours d'une façon qui diffère profondément du mo-



Rudolf Diesel, travailleur infatigable jusqu'à l'excès.



Photos : IN / dpa

Le premier moteur Diesel du monde, construit en Allemagne en 1897.

dèle initialement entrevu et jamais atteint. D'où cet inouï déchet d'idées, de projets, d'essais dans le travail de tout inventeur.»

Le 30 septembre 1913 au matin, il y a quatre-vingts ans, quand le vapeur allemand *Dresden*, qui assure la traversée Anvers-Harwich, arrive à destination, on s'aperçoit qu'il manque à son bord le plus célèbre de ses passagers : Rudolf Diesel, inventeur et industriel. Ses deux compagnons de voyage l'avaient vu la veille à 23 heures... Accident, suicide ? On penche plutôt pour la seconde de ces hypothèses : Rudolf Diesel, travailleur infatigable jusqu'à l'excès, souffrait alors d'une dépression nerveuse... P.R.

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 cheminée escamotable

Quoi ?

Lorsqu'elle est ouverte, cette cheminée est classique ; mais lorsque l'on ne souhaite plus l'utiliser, ses éléments mobiles – hotte et foyer – basculent et disparaissent dans le mur (nos photos).

Le basculement du foyer entraîne alors l'évacuation automatique des cendres dans un tiroir de récupération.

La cheminée escamotable intègre en une seule unité hotte et foyer.



Comment ?

Pour la mise en service, il suffit de déverrouiller le foyer, ce qui entraîne le déplacement de la hotte et l'ouverture des arrivées d'air en partie basse de l'appareil.

Pour qui ?

L'inventeur, qui est déjà soutenu par des professionnels, cherche des partenaires complémentaires pour mener à bien son projet : obtenir un produit fini immédiatement commercialisable.

La règle à calcul du jardinier

Quoi ?

Un outil de mesure qui permet d'espacer avec une grande précision les semences, plants ou bulbes.

Comment ?

L'appareil, en polypropylène, se compose d'une traverse munie de quatre plontoirs coniques et surmontée d'une poignée moulée. L'écartement des plontoirs se règle à volonté pour creuser simultanément quatre poquets – ces trous dans lesquels on dépose graines et semences – régulièrement espacés. Les plontoirs sont gradués en centimètres pour déterminer la profondeur des poquets. Si l'on désire un plus grand espace-ment, on peut retirer un ou deux plontoirs. A l'inverse, des plontoirs supplémentaires peuvent être fixés sur la traverse pour un ensemencement plus rapproché.

Très légère, cette "règle à calcul" du jardinage peut être utilisée pour les plants et bulbes ordinaires, et convient particulièrement bien aux semences condi-

tionnées dans des milieux de culture nutritifs.

Elle intéressera en priorité les jardiniers qui disposent de peu d'espace et cherchent à agencer au mieux leurs semis.



Un plontoir qui fait, avec l'écartement et la profondeur voulus, quatre trous d'un coup.

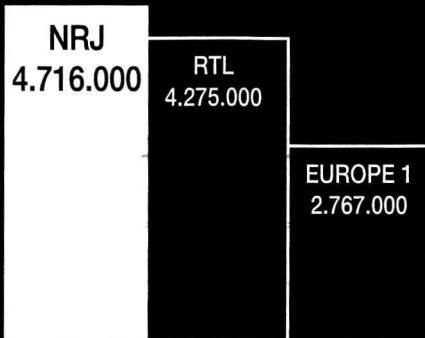
Pour qui ?

La société britannique qui a mis au point l'"Accuplant" cherche des agents distributeurs pour la 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.

L'ECART SE CREUSE

NRJ
1^{ERE} RADIO DE FRANCE
SUR LES MOINS DE
50 ANS*



AUDITEURS DE - DE 50 ANS

C'était historique : en mars 93 NRJ devenait la première radio sur les moins de 50 ans. Les derniers sondages Médiamétrie confirment largement cette position. Non seulement NRJ reste leader sur cette cible mais accroît encore son avance.



* ENQUETE 75000 RADIO MEDIAMETRIE : avril-juin 93, audience cumulée, moyenne lundi-vendredi, 5 h à 24 h.

comment ÇA MARCHE

Le moteur autosynchrone

En roulant à plus de 515 km/h, le TGV Atlantique avait battu le record de vitesse ferroviaire et marqué le triomphe d'un moteur électrique d'un type très particulier dit autosynchrone.

Né il y a une quinzaine d'années, ce moteur a vu le jour grâce aux fabuleux progrès de l'électronique de puissance.

Machine simple et fiable par excellence, le moteur électrique apparaît toujours comme une chose ronde prolongée de deux ou trois fils, qu'on trouve aussi bien sous le capot de la voiture que dans l'aspirateur ou le magnétoscope. Mais cette allure rondouillarde cache en fait une grande variété de schémas fontionnels.

Il existe en effet des moteurs dits série, qui sont ceux des aspirateurs, des perceuses, des démarreurs, des petits et des grands trains électriques ; des moteurs à champ tournant, qui peuvent être synchrones ou asynchrones et qu'on trouve sur les laminoirs, les grues ou les machines à laver ; des moteurs pas à pas, qui équivalent les fraiseuses ou les montres à quartz ; des moteurs shunt, des moteurs à répulsion, etc. Malgré cette variété, tous les moteurs fonctionnent à partir de trois phénomènes absolument généraux :

- deux pôles aimantés de signes opposés s'attirent et deux pôles du même signe se repoussent.
- Le passage du courant dans un bobinage conducteur engendre un champ magnétique dont le sens est lié au sens du courant ; le bobinage se comporte alors comme un aimant, et peut donc donner naissance à des forces d'attraction et de répulsion.
- Une variation de champ ma-

gnétique à travers un bobinage conducteur engendre un courant dont le sens est lié à celui du champ qui traverse les spires ; tant que dure cette variation, le bobinage se comporte comme un générateur d'électricité.

Tous les moteurs électriques reposent sur ces trois faits, mis en jeu de manière plus ou moins complexe. La manière la plus simple de transformer un courant continu (celui que donnent piles et accumulateurs) en mouvement mécanique, c'est de mettre un bobinage devant un aimant : dès qu'un courant y circule, la bobine est le siège d'un champ magnétique qui réagit avec celui de l'aimant ; les deux se déplacent l'un par rapport à l'autre.

Il est facile de transformer ce déplacement en rotation : on monte la bobine à angle droit sur un axe et on place l'aimant dans le plan des spires. Quand le courant passe, et selon l'orientation des champs, la bobine est attirée ou repoussée par l'aimant ; en se rapprochant ou en s'éloignant, elle fait tourner l'axe sur lequel elle est montée. Mais le mouvement s'arrête dès que la bobine est au plus près ou au plus loin de l'aimant, comme une pièce de 1 F vient se coller sur un aimant mais n'en bouge plus ensuite.

Pour entretenir le mouvement, il faut donc couper le courant dès



que la position d'équilibre est atteinte ; la rotation continue sur sa lancée, et on remet le contact dès que la bobine repasse par la position première. Ou mieux, on inverse le sens du courant dès que la position d'équilibre est franchie : la force magnétique également inversée va agir en sens contraire et la rotation se poursuit dans le même sens sans temps mort.

Reste à trouver le dispositif qui inverse périodiquement le sens du courant dans la bobine mobile en fonction de sa position par rapport à l'aimant – ou aux aimants, car on en met en général plusieurs pour augmenter l'efficacité du montage, et on peut aussi les remplacer par des bobinages (électroaimants), dont le champ est plus intense.

Une première solution à ce problème fut apportée il y a plus d'un siècle par le physicien belge Gramme : deux charbons frottent sur deux lames de cuivre collées de part et d'autre de l'axe et reliées aux extrémités du bobinage. Le sens du courant qui y circule est ainsi inversé à chaque demi-tour et la rotation est entretenu de manière continue. Pour des questions de rendement et de commodité, plusieurs bobines sont disposées autour du même axe et alimentées par autant de lames de collecteur. Si le



Par Renaud de La Taille

Le moteur autosynchrone, qui fournit un couple de démarrage élevé, une bonne puissance et un faible encombrement, est particulièrement adapté à la traction ferroviaire : il équipe le TGV Atlantique.

courant qui entre par le collecteur en ressort pour aller dans les électroaimants du stator (la partie fixe), le moteur est dit du type série et il possède l'énorme avantage d'avoir un couple maximal au démarrage, donc d'être capable de fournir le plus gros effort à partir de l'arrêt.

Ce moteur peut donc partir en charge et le régime se stabilise quand le couple moteur est égal au couple résistant. Si la charge augmente, le moteur ralentit mais le couple remonte et un nouvel équilibre s'installe. Son seul inconvénient vient du commutateur tournant constitué par le collecteur et les balais : comme tout contact glissant à friction, il y a usure par frottement et, surtout, par échauffement dû aux étincelles. Mais jusqu'à une époque récente c'était le seul moyen pratique d'envoyer le courant dans le bon sens et au bon moment dans chaque bobine du rotor.

L'arrivée de l'électronique a fait complètement modifier le problème : un transistor se comporte en effet comme un interrupteur immatériel déclenché par un courant de commande tout aussi immatériel ; tout se passe sans aucune pièce mécanique et sans aucun mouvement autre que celui des électrons dans les conducteurs. L'idée de s'en servir pour ouvrir ou fermer le passage du

courant dans les bobinages d'un moteur électrique n'est pourtant venue que tardivement.

Il semble que le premier à y avoir pensé soit M. Lavet, un ingénieur français qui déposa ses premiers brevets d'un moteur appelé autosynchrone il y a une quinzaine d'années. Le principe est le même que celui du moteur série, mais la commutation du courant y est assurée par des semiconducteurs. Pour commencer, on inverse les rôles du stator et du rotor : si on reprend le schéma de fonctionnement cité plus haut, ce n'est plus le bobinage qui va être monté sur un axe, mais l'aimant ; en contrepartie, le bobinage prend la place de l'aimant et devient fixe : au lieu que ce soit le bobinage qui se déplace par rapport à l'aimant quand on met le courant, c'est l'aimant qui bouge par rapport au bobinage.

Mais, là encore, il faut inverser le sens du courant dès que la position d'équilibre est dépassée. Pour cela, il faut déjà détecter cette position, puisqu'il n'y a plus un charbon placé face à une lame de cuivre collée à l'axe pour le faire automatiquement. Dans ce but, on fixe un repère sur l'axe et on met en face un capteur qui donne un signal électrique au passage de ce repère. Ce signal sert de commande au transistor qui ouvre ou ferme le passage du

courant vers le bobinage fixe. Le montage le plus simple consiste à mettre un petit aimant auxiliaire sur le rotor et une bobine détectrice sur le stator. Chaque fois que l'aimant passe devant la bobine, la variation de flux magnétique à travers les spires engendre un courant qui est envoyé à l'électrode de commande du transistor. Mais on pourrait tout aussi bien mettre une cellule photoélectrique ou une capacité variable, la seule chose importante étant de faire correspondre l'envoi d'un faible courant à la position de l'axe. Ce courant de commande va servir à déclencher le transistor, qui peut être assimilé à un interrupteur puisqu'il laisse passer le courant principal quand on applique une certaine tension à l'électrode de contrôle, et devient isolant quand cette tension est supprimée.

Le principe du moteur auto-synchrone est alors le suivant : par un transistor monté à l'entrée du circuit et mis à l'état conducteur, on envoie le courant dans le bobinage du stator : l'aimant sur son axe tourne d'une fraction de tour par attraction ou répulsion magnétique. Quand la position d'équilibre est atteinte (l'aimant au plus près ou au plus loin de la bobine), le capteur lié à l'axe envoie une tension au transistor, qui passe de conducteur à isolant : le courant d'alimentation est coupé. On pourrait attendre que l'aimant, sur sa lancée, revienne à la bonne position, mais on aurait un demi-tour de temps mort. En pratique, la tension donnée par le capteur va être envoyée en même temps à un deuxième transistor monté à la sortie du bobi-

suite de la page 141

nage et qui, jusque là, était isolant : il passe à l'état conducteur et le courant entre cette fois dans le bobinage par la sortie, c'est-à-dire dans l'autre sens. Le champ magnétique est inversé et le couple moteur est conservé pour la fraction de tour suivante.

Un tel montage conduirait normalement à un court-circuit si le transistor n'était pas un interrupteur qui, à l'état conducteur, ne laisse passer le courant que dans un seul sens. En mettant plusieurs capteurs en bout d'axe, reliés à un nombre double de transistors, on peut ainsi alimenter autant de bobinages que l'on veut pour avoir un couple plus régulier et un meilleur rendement. On a donc remplacé un distributeur de courant électromécanique à base de frotteurs (le collecteur et les balais) par un autre quasiment immatériel qui ne connaît ni usure ni étincelles.

Les transistors actuels ayant des temps de commutation extrêmement brefs, le moteur autosynchrone peut tourner très vite. On atteint facilement 100 000 tr/min, ce qui ouvre la voie à la construction de moteurs puissants et légers. De plus, tout ralentissement de la vitesse fait automatiquement baisser la cadence d'alimentation et remonter le couple moteur : la machine autosynchrone est donc, comme le moteur série, autorégulatrice.

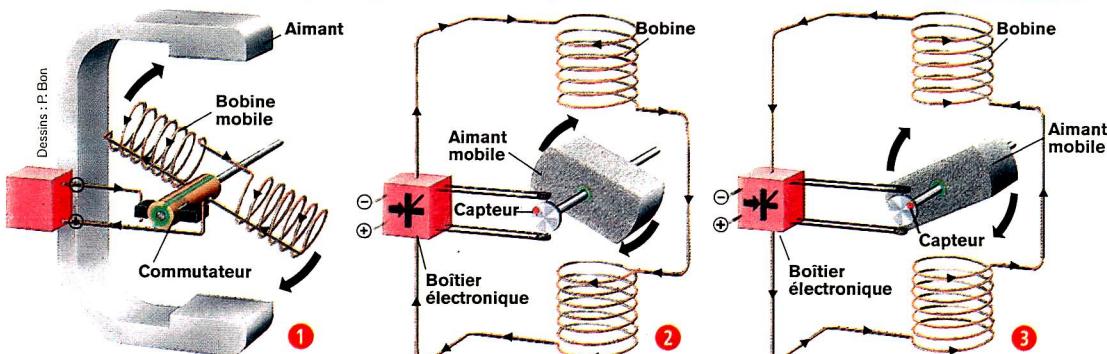
Ajoutons que le moteur autosynchrone n'a pris de la puissance que du jour où les transistors, conçus au départ pour les intensités minuscules de la radio ou des calculatrices, ont été capables de passer des centaines d'amperes. Les diodes de puissance ne sont apparues qu'en 1958 et, surtout, elles ont été suivies en 1971 par les thyristors, qui sont des sortes de diodes à déclenche-

ment. Ces thyristors offrent le gros avantage de pouvoir moduler le courant, ce qui permet de supprimer les rhéostats de démarrage.

Le moteur autosynchrone est particulièrement intéressant pour la traction ferroviaire, qui réclame un couple de démarrage élevé, une bonne puissance massique et un faible encombrement. C'est pourquoi il est utilisé depuis maintenant une dizaine d'années sur les locomotives Sybic de la SNCF. Il équipe de surcroît les rames TGV Atlantique qui sont actuellement en concurrence avec les rames allemandes ICE pour équiper la Corée. Le train allemand, lui, fait appel à des moteurs asynchrones dont nous verrons le principe le mois prochain. ■

LE MOIS PROCHAIN :
Le moteur asynchrone
à cage d'écreuil

C'est l'électronique qui fait la supériorité du moteur autosynchrone



1 Le moteur à courant continu le plus simple comporte une bobine mobile entre deux pôles d'un aimant. On envoie le courant dans la bobine : elle est le siège d'un champ magnétique qui s'aligne avec celui de l'aimant, entraînant la rotation de l'axe. Mais, une fois alignée, la bobine ne bougerait plus si un commutateur (deux lames de cuivre sur lesquelles frottent deux balais), ne venait inverser le sens du courant : le champ de la bobine s'inverse et tend à s'aligner dans l'autre sens. La rotation se poursuit d'un demi-tour, le collecteur inverse le courant, et le cycle se poursuit.

2 Dans le moteur autosynchrone, c'est l'aimant qui est mobile tandis que le bobinage est fixe. Le courant qui y est envoyé engendre un champ magnétique qui fait tourner l'aimant, mais, là encore, le mouvement devrait s'arrêter dès que cet aimant est en ligne avec les bobines.

3 Un capteur placé en bout d'axe déclenche alors un signal électrique qui sert de courant de commande au boîtier électronique qui alimente les bobines ; le courant principal est alors inversé par un ensemble de thyristors, et le champ

magnétique engendré s'inverse lui aussi. L'aimant va tendre à s'aligner dans l'autre sens et fait un demi-tour de plus. Arrivé là, le capteur envoie un nouveau courant de commande et le courant principal est encore inversé. Le cycle se poursuit et la rotation continue. Le gros avantage par rapport au moteur classique vient de ce que la commutation est assurée par un boîtier électronique et non plus par un ensemble électromécanique (collecteur et balais) qui est source de frottements et d'usure.

**PHOTO, VIDEO, TV, SON, CE N'EST PAS DE LA SCIENCE FICTION.
C'EST DANS SCIENCE & VIE HIGH-TECH.**

PROFITEZ DE CETTE OFFRE SPECIALE D'ABONNEMENT



Image, son, vidéo,

Quelles sont aujourd'hui les grandes mutations technologiques?

Comment vont-elles évoluer?

Et dans quels domaines ?

SCIENCE & VIE HIGH TECH vous présente les toutes dernières innovations et vous dit ce que seront les images et le son de demain.

La révolution technologique galope les produits se multiplient et se périment vite. Disque, téléphone, fax, photo, radio, télé ...

SCIENCE & VIE HIGH TECH vous éclaire utilement au moment du choix de votre nouvel équipement.

1 AN

**ECONOMISEZ 22 F.
4 NUMÉROS TRIMESTRIELS**

98F

SEULEMENT

au lieu de 120F*

2 ANS

**ECONOMISEZ 54F
8 NUMÉROS TRIMESTRIELS**

186F

SEULEMENT

au lieu de 240F*

* prix de vente chez votre marchand de journaux

B U L L E T I N D' A B O N N E M E N T

à retourner sous enveloppe affranchie avec votre règlement à **SCIENCE & VIE HIGH TECH**

1, rue du Colonel Pierre Avia 75 503 PARIS CEDEX 15

OUI

Je m'abonne pour **1 AN / 4 numéros**
à **SCIENCE & VIE HIGH TECH**
au prix de **98F** au lieu de 120F*

OUI

Je m'abonne pour **2 ANS / 8 numéros**
à **SCIENCE & VIE HIGH TECH**
au prix de **186F** au lieu de 240F*

COCHEZ LA CASE DE VOTRE CHOIX

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

NOM _____

PRENOM _____

ADRESSE _____

CODE POSTAL _____ VILLE _____

OFFRE VALABLE JUSQU'A FIN 1993 ET RESERVEE A LA FRANCE METROPOLITAINE
Etranger: nous consulter
Vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant sur tout fichier à usage commercial conformément à la législation en vigueur.

Vous pouvez aussi vous abonner sur Minitel en tapant 3615 ABON

SV 912

ELECTRONIQUE amusante

Modulateur numérique (suite) : les modules de puissance

Le mois dernier nous avons réalisé les éléments "actifs" de notre modulateur. A présent, il fonctionne, sans délivrer cependant la puissance électrique nécessaire aux spots. Nous allons donc réaliser ce mois-ci des modules de puissance. Etant donné que ces derniers travaillent directement sur les 220 volts du secteur, la plus grande prudence est à observer pour cette réalisation. Il ne faudra plus toucher ces nouveaux éléments après leur mise sous tension. Passons maintenant à l'étude du fonctionnement de ces étages de puissance.

L'élément de commutation utilisé ici est un triac. Il faut acheter un modèle dit isolé, c'est-à-dire muni d'une semelle métallique (destinée à être appliquée sur le radiateur) électriquement isolée

des autres contacts. Rappelons que ce composant fonctionne exactement comme un relais : une électrode de commande provoque ou stoppe le passage du courant dans son circuit principal. Cependant, dans un triac, circuit de commande et circuit commandé comportent un point électrique commun. Le triac ne joue donc aucun rôle en ce qui

concerne l'isolation. Afin d'obtenir une isolation électrique entre les triacs et le reste du montage, nous utilisons un optocoupleur dans le circuit de commande. En amont de l'optocoupleur, seules des basses tensions sont présentes ; en aval (côté triac), tous les contacts électriques sont dangereux et ne doivent plus être touchés dès le montage sous tension.

En plus de cette fonction d'adaptation en puissance, chaque étage de sortie comporte un circuit d'inversion. Il est donc possible, spot par spot, d'obtenir un fonctionnement normal ou inversé (négatif) par rapport au signal de commande. Cette opération est réalisée par un transistor. Ce dernier est doublé d'un inverseur monopolaire. C'est cet inverseur qui, en permettant de prélever le

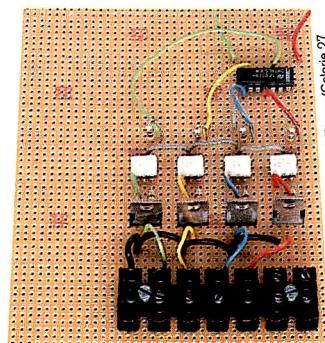


Schéma électrique de l'alimentation

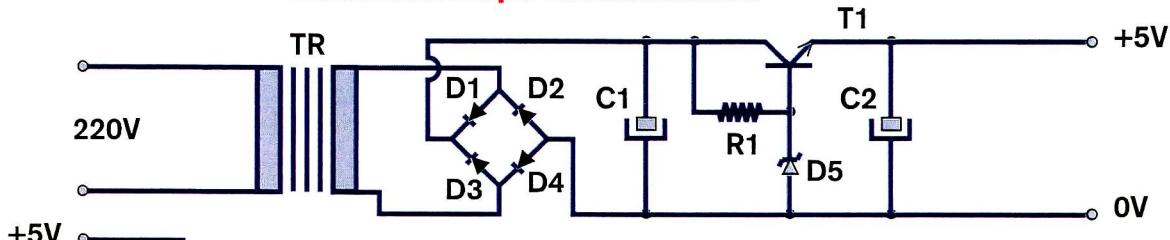
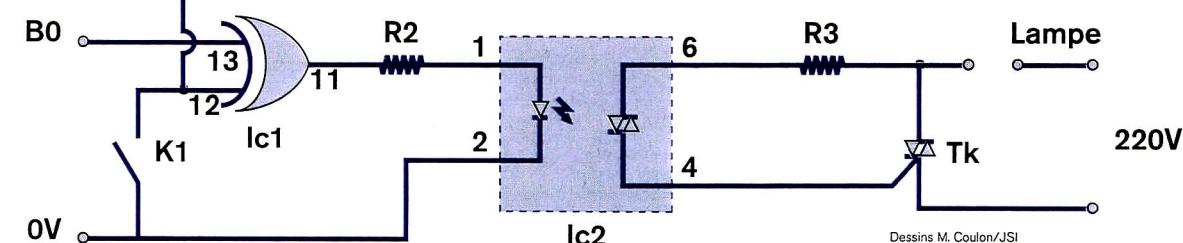
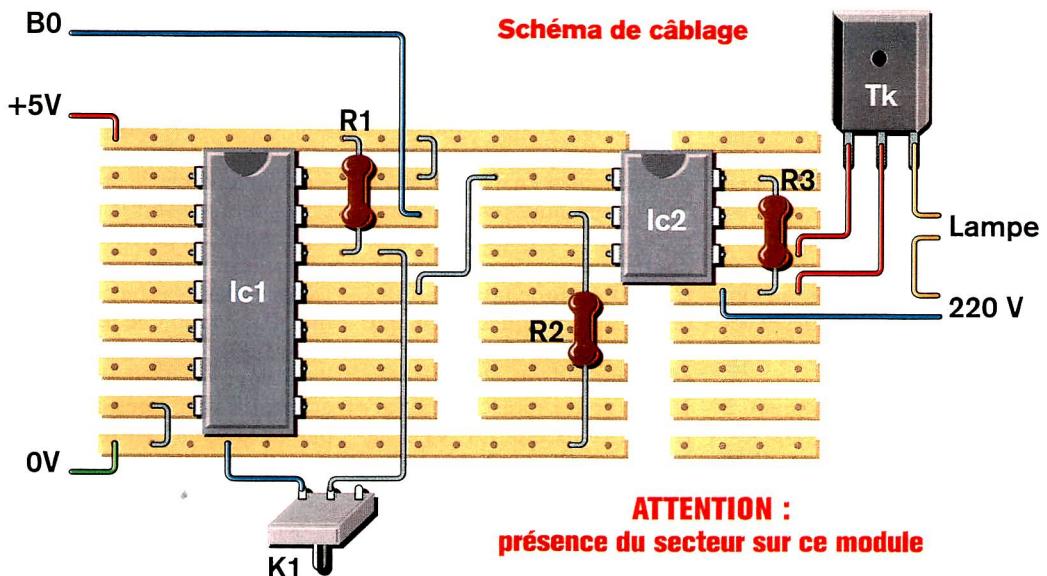


Schéma électrique du module de puissance



Dessins M. Coulon/JSI



signal soit en amont, soit en aval du transistor, permet de choisir le mode de fonctionnement. Notre modulateur fonctionnant en numérique 8 bits, il faut réaliser huit groupes de puissance identiques, chacun d'entre eux étant commandé par l'un des bits. Enfin, une diode électroluminescente, sur chaque étage de sortie, permet de visualiser le scintillement réel des spots.

Le câblage de ce dernier module, étant donné son faible nombre de composants, ne pose pas de difficulté particulière. En revanche, la tâche est un peu fastidieuse, puisqu'il faut répéter huit fois la même opération. Enfin, il est conseillé d'équiper les triacs d'un

radiateur. Celui-ci peut d'ailleurs être unique et constitué d'une simple cornière en aluminium. L'interconnexion des étages de puissance avec les modules précédemment réalisés s'effectue par l'intermédiaire d'un sélecteur huit circuits deux positions. Ce dernier permet de connecter les étages de puissance soit au module chenillard, soit directement au convertisseur analogique-numérique.

Afin de protéger les triacs d'éventuelles surcharges, il est conseillé d'équiper les sorties de fusibles rapides 5 ampères. Bien que cette intensité confère à notre modulateur une puissance de plus de 1 000 watts par canal,

nous vous conseillons de ne pas monter au-dessus de 200 watts par canal. N'oublions pas que la puissance demandée sur la fiche secteur d'alimentation générale de l'appareil correspond à la somme des puissances des canaux. Pour 200 watts par canal, elle peut donc atteindre 1 600 watts lorsque tous les spots sont allumés simultanément. Enfin, nous vous proposons de réaliser la petite alimentation destinée à fournir le 5 volts nécessaire au fonctionnement des circuits numériques.

LE MOIS PROchain :
Une lampe photosensible

NOMENCLATURE

MODULE DE PUISSANCE

R1 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)

R2 = 470 ohms (jaune, violet, brun, or)

R3 = 470 ohms (jaune, violet, brun, or)

lc1 = SN 74 LS 86 (porte "ou exclusif")

lc2 = MOC 3020 (opto-triac DIL)

ou équivalent

Tk = triac 400 volts 10 ampères TIC 2260 à monter sur radiateur ou équivalent

K1 = interrupteur monopolaire

MODULE ALIMENTATION

R1 = 2,2 kilohms (rouge, rouge, rouge, or)

D1, D2, D3, D4 : 1N 4001,

ou pont redresseur 25 V, 1 A

T1 : 2N 1711

D2 : diode Zener 5,6 V, 0,5 watt

C1 : 1 500 microfarads 16 volts

C1 : 1 500 microfarads 16 volts

Tr : transformateur

220 volts / 5 volts, 5 VA

OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

- MAGNETIC FRANCE, 11 place de la Nation, 75011 Paris. Tél. : 1 43 79 39 88.

- PENTASONIC, 10 bd Arago, 75013 Paris. Tél. : 1 43 36 26 05.

- TSM, 15 rue des Onze-Arpents, 95130 Franconville. Tél. : 1 34 13 37 52.

- URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon, Suisse.

Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

INFORMATIQUE amusante

Jouons au 421

Nous vous proposons, ce mois-ci, de devenir un maître du 421 sans faire du comptoir du café le plus proche de votre domicile votre résidence principale.

Nous manquons ici de place pour détailler les règles de ce célèbre jeu – dont vous, ou l'un de vos proches, connaissez cependant sans aucun doute tous les secrets.

Passons donc directement à l'écriture de notre programme. En premier lieu, voyons la réalisation des graphismes. Il nous

faut tout d'abord figurer un dé sous divers angles. Pour cela, nous demandons à l'ordinateur de fonctionner en mode 9, mode VGA ; puis nous réservons une partie de la zone mémoire avec des tableaux créés par l'instruction DIM, qui contiennent les données graphiques de chaque angle de vision des dés. Le tracé est réalisé à l'aide d'instructions LINE, pour représenter les arêtes, CIRCLE et PAINT pour les points. Chaque représentation est mémorisée par GET

dans l'un des tableaux créés. Ensuite, des variables sont initialisées, et l'ordinateur demande si vous souhaitez commencer ou non. Une sous-routine d'effacement est alors utilisée. Puis, en fonction du choix, le programme est aiguillé soit vers la sous-routine de jeu du participant, soit vers celle de jeu de la machine. Dans les deux cas une sous-routine d'animation de jet des dés est utilisée. Elle est basée sur l'affichage successif des formes graphiques générées. En fin de parcours, les numéros tirés au hasard par la machine sont pris en compte pour l'affichage de la

```
10 SCREEN 9:COLOR 15,10:CLS
20 REM ****Génération des graphiques. *
30 REM * Génération des graphiques. *
40 REM ****Génération des graphiques. *
50 DIM N(100):DIM TIR(3):LET DEB=0:Dim A(600)
60 Dim B(600):Dim C(600):Dim D(600):Dim R(600)
70 COLOR 4:LOCATE 6,2:PRINT "Pioche"
80 LOCATE 7,2:PRINT "Vous":LOCATE 41:PRINT "Moi":COLOR 14
100 LOCATE 7,2:PRINT STRING$(11,79)
110 COLOR 15:LINE (10,(50,10),9:LINE (50,10)-(50,40),9
120 LINE (50,40)-(10,40),9:LINE (10,40)-(10,10),9:PAINT(11,11),15,9
130 LINE (50,10)-(60,24)-(60,50),9
140 LINE (50,40)-(60,50),9:LINE (60,50)-(24,50),9
150 LINE (10,40)-(24,50),9:PAINT(15,42),15,9:PAINT(52,15),15,9
160 CIRCLE (55,30),5,1,,3:PAINT(55,30),8,1
170 CIRCLE (25,44),5,1,,35:CIRCLE (47,47),5,1,,35
180 PAINT(25,45),8,1:PAINT(47,47),8,1:GET (5,10)-(60,65),R
200 PAINT(55,30),8,1:PAINT(25,45),8,1:PAINT(47,47),8,1
210 CIRCLE (20,18),5,1:CIRCLE (40,32),5,1:CIRCLE (30,25),5,1
220 PAINT (20,18),8,1:PAINT(40,32),8,1:PAINT(30,25),8,1
230 LINE (120,20)-(150,13),9:LINE (150,13)-(145,35),9
240 LINE (145,35)-(112,43),9:LINE (112,43)-(120,20),9:PAINT(121,21),15,9
250 LINE (136,62)-(112,43),9:LINE (145,35)-(166,55),9
260 CIRCLE (126,24),4,1,,,1.5:CIRCLE (122,34),4,1,,,1.5:
    CIRCLE (141,20),4,1,,,1.5:PAINT(138,30),4,1,,,1.5
270 PAINT (126,24),8,1:PAINT(122,34),8,1:PAINT(141,20),8,1:PAINT(138,30),8,1
280 LINE (150,13)-(166,30),9:LINE (166,30)-(151,15),9:LINE (166,30)-(166,55),9
290 LINE (166,55)-(136,62),9:PAINT (151,55),15,9:PAINT (165,50),15,9
300 CIRCLE(152,23),5,1,,2.5:CIRCLE(157,33),5,1,,2.5:CIRCLE(162,43),5,1,,2.5
310 PAINT (152,23),8,1:PAINT(157,33),8,1:PAINT(162,43),8,1
320 CIRCLE (138,55),5,1,,35:CIRCLE (142,42),5,1,,.35
330 PAINT(138,55),8,1:PAINT(142,42),8,1
340 FOR I=10 TO 60:GET(I,-I),50):PUT(260-I,10),M:NEXT I
350 FOR I=12 TO 66:GET(100+I,13)-(100+I,62),M:PUT(366-I,10),M:NEXT I
360 GET (5,(10)-(60,65),A:GET (105,10)-(170,65),B
370 GET (195,10)-(260,65),C:GET (295,10)-(360,65),D
380 LET P=11:LET PJ=0:LET PM=0
390 RANDOMIZE TIMER
400 FOR E=1 TO 5:LOCATE E, 38:PRINT STRING$(8,32):NEXT E
410 LOCATE 1,50:PRINT "Voulez-vous commencer ?"
420 REM ****Choix du début de partie. *
430 REM * Choix du début de partie. *
440 REM ****Choix du début de partie. *
450 LET FJ=0: FM=0: TM=0: TJ=0: CL=3:LET J=0:LET M=0:GOTO 490
470 LOCATE 1,50:PRINT "A vous; tapez une touche.":LOCATE 6,45:PRINT STRING$(35,32)
490 LET KS=INKEYS
500 IF KS="" THEN GOTO 490
510 GOSUB 2910
520 IF KS="o" OR KS="O" THEN LET DEB=1
530 IF FM=1 OR FJ=1 THEN GOTO 650
540 FOR E=1 TO 3:LOCATE E, 40:PRINT STRING$(39,32):NEXT E
550 REM ****Alternance des coups. *
560 REM * Alternance des coups. *
570 REM ****Alternance des coups. *
580 IF DEB=1 THEN J=1:GOSUB 2850:GOSUB 1090:GOSUB 2620:TJ=TR
590 IF DEB=0 THEN M=1:GOSUB 2850:GOSUB 2010
600 DEB=DEB+1:IF DEB>2 THEN DEB=0:LOCATE 4,40:PRINT STRING$(40,32)
610 GOSUB 2620
620 IF J=1 AND M=1 THEN GOSUB 1360:GOTO 530
630 IF DEB=1 THEN LOCATE 4,70:PRINT "Moi:";L:LM=L:GOTO 0470
640 LOCATE 4,45:PRINT "Vous:"; L:LET L=L:GOTO 590
650 LOCATE 10,10,10:PRINT "Bravo!!!! Vous avez gagné."
660 IF FM=1 THEN LOCATE 10,10:PRINT "Désolé, j'ai gagné !!!"
670 LOCATE 12,10:PRINT "Pour une nouvelle partie, tapez une touche."
680 IF INKEY$="" THEN GOTO 680
690 GOTO 10
700 REM ****Sous-routine animation des dés. *
720 REM ****Sous-routine animation des dés. *
730 LET A = 0
740 IF DA = 0 THEN PUT (10+A,100),A,PSET
750 IF DB = 0 THEN PUT (10+A,180),A,PSET
760 IF DC = 0 THEN PUT (10+A,260),A,PSET
770 FOR T = 1 TO 3 * A : NEXT T : LET A = A + 5
780 IF DA = 0 THEN PUT (10+A,100),B,PSET
790 IF DB = 0 THEN PUT (10+A,180),B,PSET
800 IF DC = 0 THEN PUT (10+A,260),B,PSET
810 FOR T = 1 TO 3 * A : NEXT T : LET A = A + 5
820 IF DA = 0 THEN PUT (10+A,100),C,PSET
830 IF DB = 0 THEN PUT (10+A,180),C,PSET
840 IF DC = 0 THEN PUT (10+A,260),C,PSET
850 FOR T = 1 TO 3 * A : NEXT T : LET A = A + 5
860 IF DA = 0 THEN PUT (10+A,100),D,PSET
870 IF DB = 0 THEN PUT (10+A,180),D,PSET
880 IF DC = 0 THEN PUT (10+A,260),D,PSET
890 FOR T = 1 TO 3 * A : NEXT T : LET A = A + 5
900 IF A<500 THEN GOTO 740
910 PUT (510,100),R,PSET:PUT (510,180),R,PSET
930 PUT (510,260),R,PSET:LET AFF=0
950 FOR I=100 TO 260 STEP 80:LET AFF=AFF+1:LET PTS=TIR(AFF)
960 IF PTS<1 THEN CIRCLE(522,I+6),5,1:PAINT(522,I+6),1,1
970 IF PTS>3 THEN CIRCLE(548,I+6),5,1:PAINT(548,I+6),1,1
980 IF PTS=6 THEN CIRCLE(522,I+15),5,1:PAINT(522,I+15),1,1
990 IF PTS=7 THEN CIRCLE(548,I+15),5,1:PAINT(548,I+15),1,1
1000 IF PTS=3 THEN CIRCLE(522,I+24),5,1:PAINT(522,I+24),1,1
1010 IF PTS>1 THEN CIRCLE(548,I+24),5,1:PAINT(548,I+24),1,1
1020 IF PTS=1 OR PTS=3 OR PTS=5 THEN CIRCLE (535,I+15),5,1:
    PAINT (535,I+15),1,1:NEXT I
1040 LET DA=1:LET DB=1:LET DC=1:RETURN
1060 REM ****Lancer du joueur. *
1070 REM * Lancer du joueur. *
1080 REM ****Lancer du joueur. *
1090 LET DA=0: DB=0: DC=0: MCC=0: CP=1:GOSUB 730:GOSUB 2910
1100 IF CP=CL THEN LOCATE 1,40:PRINT "Vous ne
    pouvez pas rejouer !":GOTO 1190
1110 LOCATE 1,40:PRINT "Indiquez les dés à relancer(1,2ou3)"
1120 LOCATE 2,45:PRINT "Terminez par Entrée pour relancer"
1130 LOCATE 3,45:PRINT "ou par 0 pour passer la main."
1140 IF CP<CL THEN GOTO 1210:
1150 GOSUB 2910
```

position finale des dés. Il présentent alors bien une face conforme au tirage aléatoire. S'il s'agit du lancer du joueur, l'ordinateur demande quels dés rejouer. Si c'est l'ordinateur qui joue, une sous-routine d'estimation de la valeur du coup est utilisée. En fonction des résultats de son analyse, il décide, ou non, de relancer un ou plusieurs dés (s'il en a le droit).

Dans les deux cas nous utilisons une sous-routine d'effacement des dés sélectionnés, qui prend en charge le tirage aléatoire d'un nouveau chiffre pour chaque dé repris. Le programme utilise de

nouveau la sous-routine d'animation du lancer. Cette dernière, en raison des tests qu'elle inclut, n'effectue, cette fois-ci, que l'animation des dés repris.

La sous-routine d'estimation de la valeur du coup calcule le nombre de points après chaque lancer. Le résultat obtenu permet à l'ordinateur de prendre la décision de relancer, ou non, un ou plusieurs dés ; et il permet la distribution des jetons.

La sous-routine de jeu de la machine est basée sur des tests qui fonctionnent de deux manières. Si l'ordinateur est le premier à jouer, il compare le score de son

lancer à une échelle de valeurs moyenne. Il suppose que vous ne ferez guère mieux en un même nombre de jets. Mais s'il joue après vous, il tente systématiquement de réaliser un nombre de points supérieur au votre. Reste la sous-routine de distribution des fiches. Nous la publierons le mois prochain. Néanmoins, vous pouvez déjà vous entraîner en attendant de livrer un grand tournoi contre la machine le mois prochain. ■

LE MOIS PROCHAIN :
Jouons au 421 (suite)

```

1160 LOCATE 1,40:PRINT"**Vous avez effectué tous vos jets**"
1170 LOCATE 2,45:PRINT "Pour que je puisse jouer, veuillez"
1180 LOCATE 3,45:PRINT "taper une touche, s'il vous plaît."
1190 IF INKEY$="" THEN GOTO 1190
1200 RETURN
1210 LET KS=$INKEY$:IF KS="" THEN GOTO 1210
1220 LET K=ASC(K$):IF (K<48 OR K>51) AND K<>13 THEN GOTO 1210
1230 IF K=48 THEN LET CL=CP:RETURN
1240 IF K=13 THEN LET CP=CL+1:GOSUB 730
1250 IF K>49 THEN GOTO 1280
1260 FOR E=8 TO 11:LOCATE E,65:PRINT STRING$(7,32):NEXT E
1270 LET DA=0:LET TIR(1)=1+INT(RND*6)
1280 IF K < 50 THEN GOTO 1310
1290 FOR E=13 TO 16:LOCATE E,65:PRINT STRING$(7,32):NEXT E
1300 LET DB=0:LET TIR(2)=1+INT(RND*6)
1310 IF K < 51 THEN GOTO 1340
1320 FOR E=19 TO 22:LOCATE E,65:PRINT STRING$(7,32):NEXT E
1330 LET DC=0:LET TIR(3)=1+INT(RND*6)
1340 IF MCC=1 THEN RETURN
1350 GOTO 1140
1360 RETURN
2010 REM ****Sous-routine jeu machine. ****
2020 REM * Sous-routine jeu machine. *
2030 REM ****Sous-routine jeu machine. ****
2040 GOSUB 2850:GOSUB 2910:LET A=TIR(1):LET B=TIR(2):LET C=TIR(3)
2060 LET MCC=1:GOSUB 2910:LET CP=0:LET GA=0:LET GB=0:LET GC=0
2080 LOCATE 1,50:PRINT "A mon tour de lancer."
2090 GOSUB 730:GOSUB 2620:LET GA=0:LET GB=0:LET GC=0:LET CP=CP+1
2120 IF CP=4 OR CP=CL THEN GOSUB 2620:GOTO 2560
2130 IF TR > TJ THEN GOTO 2470
2140 IF CP=1 AND L=522 THEN GOTO 2180
2150 IF A=B THEN LET GA=1:LET GB=1:GOTO 2490
2160 IF A=C THEN LET GA=1:LET GC=1:GOTO 2490
2170 IF B=C THEN LET GB=1:LET GC=1:GOTO 2490
2180 IF TR > TJ AND L > 633 THEN GOTO 2470
2190 IF A=1 AND B=1 THEN LET GA=1:LET GB=1:GOTO 2490
2200 IF A=1 AND C=1 THEN LET GA=1:LET GC=1:GOTO 2490
2210 IF B=1 AND C=1 THEN LET GB=1:LET GC=1:GOTO 2490
2220 IF A=4 AND B=2 THEN LET GA=1:LET GB=1:GOTO 2490
2230 IF A=4 AND B=1 THEN LET GA=1:LET GB=1:GOTO 2490
2240 IF A=2 AND B=4 THEN LET GA=1:LET GB=1:GOTO 2490
2250 IF A=2 AND B=1 THEN LET GA=1:LET GB=1:GOTO 2490
2260 IF A=1 AND B=4 THEN LET GA=1:LET GB=1:GOTO 2490
2270 IF A=1 AND B=2 THEN LET GA=1:LET GB=1:GOTO 2490
2280 IF A=4 AND C=2 THEN LET GA=1:LET GC=1:GOTO 2490
2290 IF A=4 AND C=1 THEN LET GA=1:LET GC=1:GOTO 2490
2300 IF A=2 AND C=4 THEN LET GA=1:LET GC=1:GOTO 2490
2310 IF A=2 AND C=1 THEN LET GA=1:LET GC=1:GOTO 2490
2320 IF A=1 AND C=4 THEN LET GA=1:LET GC=1:GOTO 2490
2330 IF A=1 AND C=2 THEN LET GA=1:LET GC=1:GOTO 2490
2340 IF B=4 AND C=1 THEN LET GB=1:LET GC=1:GOTO 2490
2350 IF B=4 AND C=2 THEN LET GB=1:LET GC=1:GOTO 2490
2360 IF B=2 AND C=4 THEN LET GB=1:LET GC=1:GOTO 2490
2370 IF B=2 AND C=1 THEN LET GB=1:LET GC=1:GOTO 2490
2380 IF B=1 AND C=4 THEN LET GB=1:LET GC=1:GOTO 2490
2390 IF B=1 AND C=2 THEN LET GB=1:LET GC=1:GOTO 2490
2400 IF A=B+1 OR B=A+1 THEN LET GA=1:LET GB=1:GOTO 2490
2410 IF A=C+1 OR C=A+1 THEN LET GA=1:LET GC=1:GOTO 2490
2420 IF B=C+1 OR C=B+1 THEN LET GB=1:LET GC=1:GOTO 2490
2430 IF A=1 THEN LET GA=1
2440 IF B=1 THEN LET GB=1
2450 IF C=1 THEN LET GC=1
2460 GOTO 2490
2470 IF CP=3 THEN LOCATE 3,60:PRINT "Je garde !"
2480 GOTO 2560
2490 IF CP=3 THEN GOTO 2560
2500 FOR T=1 TO 10000:NEXT T:LET MCC=1
2510 IF GA=0 THEN LET K=49:GOSUB 1250
2520 IF GB=0 THEN LET K=50:GOSUB 1250
2530 IF GC=0 THEN LET K=51:GOSUB 1250
2540 IF CP=4 OR CP=CL THEN GOTO 2560
2550 GOTO 2090
2560 LET CL=CP:LET TM=TR:LET LM=L : RETURN
2590 REM ****Sous-routine d'évaluation du coup ****
2600 REM *Sous-routine d'évaluation du coup *
2610 REM ****Sous-routine d'évaluation du coup ****
2620 LET TR=0:LET A=TIR(1):LET B=TIR(2):LET C=TIR(3)
2630 IF A=B AND B=C THEN LET L=111*A:GOTO 2760
2640 IF A=B AND A > C THEN LET L=(110*A)+C:GOTO 2760
2650 IF A=B AND A < C THEN LET L=(110*A)+(100*C):GOTO 2760
2660 IF A=C AND A > B THEN LET L=(110*A)+B:GOTO 2760
2670 IF A=C AND A < B THEN LET L=(110*A)+(100*B):GOTO 2760
2680 IF B=C AND B > A THEN LET L=(110*B)+A:GOTO 2760
2690 IF B=C AND B < A THEN LET L=(110*B)+(100*A):GOTO 2760
2700 IF B=C AND B < C THEN LET L=(100*A)+(100*B):GOTO 2760
2710 IF A=C AND C > B THEN LET L=(100*A)+(100*C):GOTO 2760
2720 IF B>A AND A>C THEN LET L=(100*B)+(100*A):GOTO 2760
2730 IF B>C AND C>A THEN LET L=(100*B)+(100*C):GOTO 2760
2740 IF C>A AND A>B THEN LET L=(100*C)+(100*A):GOTO 2760
2750 IF C>B AND B>A THEN LET L=(100*C)+(100*B):GOTO 2760
2760 IF L=221 THEN LOCATE 6,60:PRINT "Nénette !"
2770 IF L=654 OR L=543 OR L=432 OR L=321 THEN LET TR=1:L=111:LET TM=TR:LET LM=L:GOSUB 2760
2780 IF L=666 OR L=555 OR L=444 OR L=333 OR L=222 OR L=111 THEN LET TR=3:LOCATE 6,60:PRINT "Brelan !"
2790 IF L=611 OR L=511 OR L=411 OR L=311 OR L=211 OR L=111 THEN TR=2
2800 IF L=421 THEN LET TR=4
2810 RETURN
2820 REM ****Sous-routine reprise des dés. ****
2830 REM * Sous-routine reprise des dés. *
2840 REM ****Sous-routine reprise des dés. ****
2850 FOR L=1 TO 3:LET TIR(L)=1+INT(RND*6):NEXT L
2860 FOR E=8 TO 22:LOCATE E,65:PRINT STRING$(7,32):NEXT E
2870 LET DA=0:LET DB=0:LET DC=0:RETURN
2880 REM ****Sous-routine effac. commentaires. ****
2890 REM *Sous-routine effac. commentaires. *
2900 REM ****Sous-routine effac. commentaires. ****
2910 FOR E=1 TO 3:LOCATE E,40:PRINT STRING$(40,32):NEXT E
2930 RETURN

```

La plus belle conquête de l'homme... la levure de bière

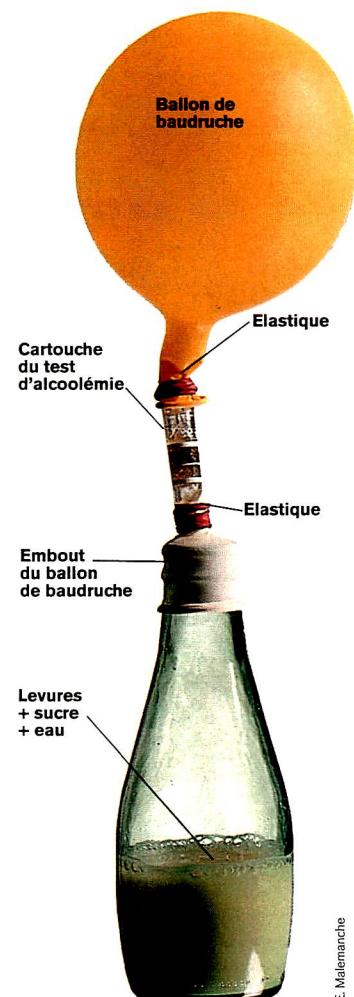
L'origine des biotechnologies peut être située à il y a environ huit mille ans : les civilisations mésopotamiennes, qui cultivaient des céréales, savaient déjà utiliser les levures pour fabriquer des boissons alcoolisées.

Plus près de nous, A. Van Leeuwenhoek fut le premier à observer, à la fin du XVII^e siècle, des cellules de levure et à les décrire. Il en réalisa même un modèle en cire.

Au XIX^e siècle, deux théories s'affrontaient pour expliquer la fermentation. Une théorie chimique était défendue par les "pères" de la chimie organique, le Suédois Jacob Berzelius (1779-1848) et les Allemands Justus von Liebig (1803-1873) et Friedrich Wöhler (1800-1882). Pour eux, la fermentation était un processus chimique au cours duquel le sucre était décomposé en alcool et en gaz carbonique. Ils affirmaient que les levures se décomposaient au cours

de ce processus. Pour les tenants de la théorie microbienne, notamment l'Allemand Theodor Schwann (1810-1882), initiateur de la théorie cellulaire (voir *Science & Vie* n° 909, p. 144), c'étaient l'activité des levures elles-mêmes, êtres vivants microscopiques, qui transformait le sucre en alcool. Louis Pasteur (1822-1895) départagea les protagonistes : il fut appelé par les distillateurs de Lille, qui voyaient leur production d'alcool par fermentation freinée par une acidification du milieu de culture des levures. Les études de Pasteur aboutirent à la fondation de la microbiologie. Il montra en effet que l'acidification était due au développement de bactéries dans les cuves de fermentation. Il mit alors au point le procédé de pasteurisation qui permit de régler le problème des distillateurs en inactivant les bactéries par la chaleur. Au cours de ses travaux, Pas-

teur montra que chaque fermentation était due à un micro-organisme bien déterminé, et que certains d'entre eux étaient capables de vivre en absence d'air (organismes dits anaérobies). Il démontra également à cette occasion que la génération spontanée, croyance encore tenace à l'époque, était impossible. Il faut souligner toutefois que si, effectivement, les fermenta-



Réaliser une fermentation

Matériel nécessaire :

Levure de boulanger, sucre en poudre, bouteille de bière (ou tout autre flacon), test d'alcoolémie (en vente en pharmacie), ballon de baudruche, élastiques, une gélule de polyvitamines-sels minéraux.

Comment procéder ?

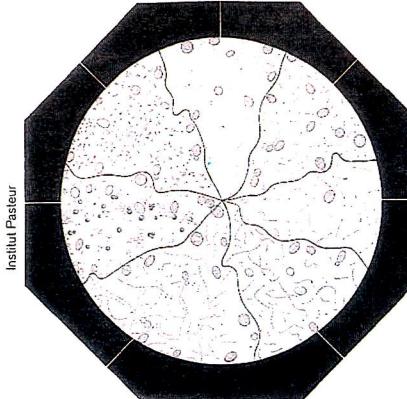
Prendre 5 g de levure, soit le contenu d'une cuillère à café dans laquelle on tasse la levure. Mesurer 100 ml d'eau, soit un verre de cuisine plein. Emietter la levure dans l'eau et mélanger soigneusement avec une cuillère jusqu'à ce qu'il ne reste plus de grumeaux. Ajouter 5 g de sucre en poudre, soit une cuillerée à café remplie au maximum. Mélanger jusqu'à dissolution. Ajouter une pincée de la poudre contenue dans une gélule de polyvitamines-sels minéraux (Juvamine, par exemple).

Bien que ce ne soit pas strictement indispensable, cela améliorera l'activité des levures. Bien mélanger le tout et verser dans une bouteille de 25 cl (genre bouteille de bière). Découper l'embout de gonflage d'un ballon de baudruche pour réaliser un adaptateur entre le goulot de la bouteille et la cartouche du test d'alcoolémie. Avec une épingle à nourrice, percer deux ou trois petits trous à travers le réactif de la cartouche pour faciliter le passage des gaz. Placer le raccord de baudruche d'un côté sur le goulot de la bouteille et de l'autre côté sur la cartouche enfoncee dans le ballon du test selon son mode d'emploi. Etanchéifier ce raccord du côté de la bouteille et du côté de la cartouche avec du ruban adhésif ou des élastiques. En moins d'une heure, le ballon va commencer à se gonfler car, en

tions sont bien liées à des micro-organismes déterminés, ce sont néanmoins des réactions chimiques qui les expliquent. Certes, les cellules de la levure fabriquent les substances chimiques qui permettent ces réactions, mais ces dernières restent possibles *in vitro* en l'absence de tout être vivant si on mélange les produits adéquats. Cela devait aboutir ultérieurement à la découverte des enzymes.

Aujourd'hui, nous allons nous occuper de la levure de bière dont l'étude a si bien réussi à Pasteur. Nous allons voir comment réaliser une fermentation alcoolique, caractériser certains des produits formés à partir du sucre et mettre en évidence des enzymes.

La levure de bière, dont le nom scientifique est *Saccharomyces cerevisiae* (ce qui signifie littéralement champignon du sucre de la bière), est un champignon unicellulaire. On peut s'en procurer chez tous les boulanger sous forme de petits blocs où les cellules sont agglomérées et en vie ralenti. Il s'agit de l'un des êtres vivants les mieux connus (son génome est déjà en



Ce dessin, qui représente les principaux contaminants microbiens de la bière, est tiré de l'édition de 1876 de l'ouvrage de Pasteur *Etudes sur la bière, ses maladies, causes qui les provoquent*. Les particules globulaires, plus grosses, sont des levures.

partie séquencé) et, mis à part son utilisation millénaire dans la fabrication de bière, de vin ou de pain, il constitue l'un des outils les plus utilisés dans les biotechnologies, notamment en génie génétique. Ainsi, en introduisant dans des levures le gène humain responsable de la synthèse de l'albumine ou de l'hémoglobine, les cellules de levure produisent de l'albumine humaine ou de l'hémoglobine humaine. On produit également dans des levures un vaccin contre l'hépatite B qui permet d'éviter le recours, toujours dangereux, à des virus, même atténus. Les levures présentent en outre l'avantage par rapport au micro-organisme "vedette" du génie génétique, le colibacille *Escherichia*

coli, d'avoir des cellules comparables aux nôtres, avec un véritable noyau. A ce titre, leur fonctionnement est plus proche de celui des cellules animales que ne l'est celui du colibacille.

Il est possible d'observer les cellules de levure avec le microscope dont nous avons vu précédemment la fabrication (*Science & Vie* n° 908, p. 132). Il suffit pour cela de délayer une miette du paquet dans un verre d'eau et de mélanger soigneusement. On appliquera sur une goutte de cette suspension les techniques exposées dans le numéro de juin dernier.

LE MOIS PROCHAIN :
Tant qu'il y aura des enzymes

consommant le sucre, la levure produit du gaz carbonique (dioxyde de carbone, CO₂) comme sous-produit. Agiter de temps en temps pour empêcher la sédimentation des levures et laisser le ballon se gonfler. En même temps, on verra apparaître une coloration verte dans le réactif de la cartouche indiquant la présence de vapeur d'alcool. Pour caractériser le gaz une fois le ballon gonflé, imbibir un petit morceau de coton avec de l'alcool et le mettre de côté. Détacher le ballon de la cartouche en le maintenant fermé. Laisser le gaz s'échapper doucement du ballon dans un flacon vide (pot de yaourt, par exemple). Enflammer le morceau de coton et le déposer alors immédiatement dans le flacon. On constatera que le coton s'éteint sur le champ, trahissant ainsi la présence de dioxyde de carbone, incompatible avec la combustion.

Mettre en évidence une enzyme

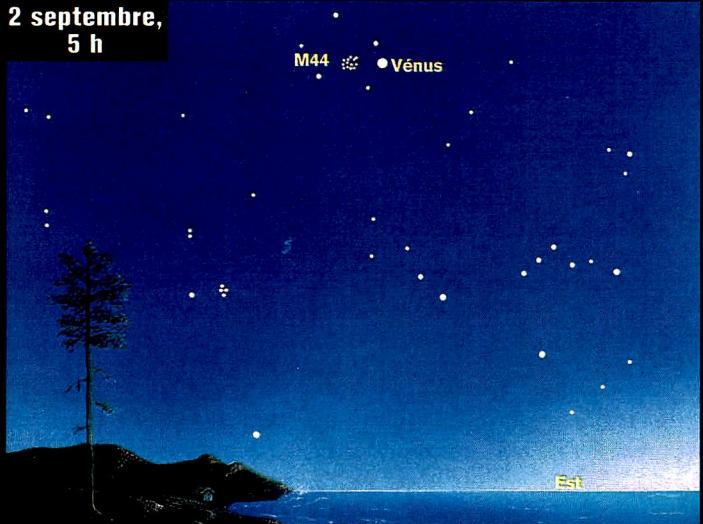
Toutes les réactions chimiques qui permettent le fonctionnement des êtres vivants sont catalysées par des protéines particulières, les enzymes, que nous étudierons plus en détail ultérieurement. Comme toutes les cellules vivantes, les levures fabriquent de multiples enzymes. Les molécules du sucre alimentaire, dont le nom scientifique est saccharose, sont formées par l'assemblage de deux molécules de sucres plus simples, le glucose et le fructose. Les molécules de saccharose sont trop grosses pour traverser la membrane des levures. En revanche, le glucose et le fructose peuvent passer à travers cette membrane et constituent l'aliment de base des levures. Néanmoins, les levures peuvent utiliser le saccharose (comme le montre la fermentation du sucre) car elles sécrètent dans leur milieu une enzyme, appelée invertase (ou saccharase), qui a la propriété de

brisier les molécules de saccharose en leurs deux constituants, le glucose et le fructose. Pour mettre en évidence l'action de cette enzyme, il suffit de détecter du glucose dans le milieu où se trouvent nos levures. En effet, nous n'avons mis qu'un seul sucre, le saccharose. Si nous trouvons du glucose, c'est que le saccharose a été brisé en ses deux sous-unités, ce qui ne peut pas se faire spontanément mais se produit très facilement en présence de l'enzyme invertase, et uniquement en présence de cette enzyme. Pour détecter le glucose, nous ferons appel à des bandelettes réactives, vendues en pharmacie, qui permettent aux diabétiques de déceler le glucose dans leurs urines (bandelettes Clinistix, par exemple). On trempera la bandelette dans le liquide des levures après une heure de fermentation. S'il y a du glucose, on observe un changement de couleur de la bandelette, ce qui confirme la sécrétion de l'enzyme par la levure.

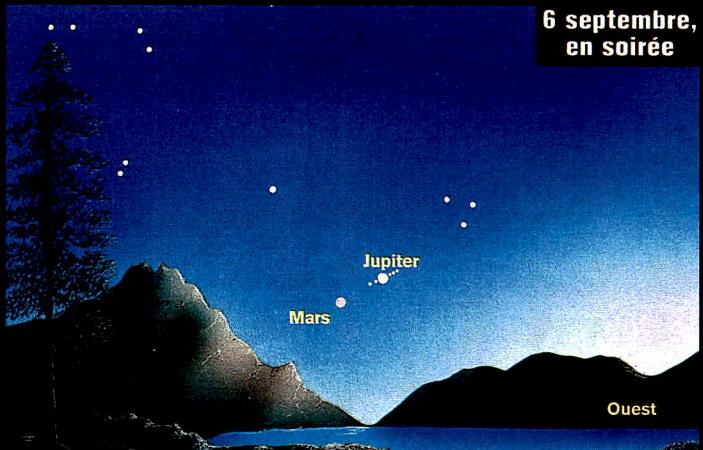
journal de L'ASTRONOME

Cercles digitaux pour viser les étoiles

2 septembre,
5 h



6 septembre,
en soirée



17 septembre,
22 h



Hormis les petites lunettes d'initiation, la majorité des instruments d'amateur utilisés de nos jours est équipée d'une monture équatoriale.

Celle-ci a pour avantage essentiel de compenser la rotation de la Terre. Pour cela, il suffit de tourner régulièrement le mouvement fin de l'axe d'ascension droite ou de mettre en marche le moteur qui remplace l'opération manuelle. Pendant toute l'observation, l'astre reste au centre du champ, évitant ainsi une fastidieuse poursuite.

Rappelons que le principe de la monture équatoriale est d'avoir l'un de ses axes parallèle à l'axe de rotation de la Terre, qui est également l'axe de la voûte céleste. Le deuxième axe est perpendiculaire au premier. La conjugaison des deux axes permet de pointer n'importe quel astre du ciel. Ainsi réglée, ou, selon le terme consacré, mise en station, la monture équatoriale offre un autre avantage : pouvoir utiliser le système des coordonnées équatoriales pour pointer l'astre voulu, surtout si celui-ci n'est visible ni à l'œil nu ni dans le chercheur de l'instrument. Le système des coordonnées équatoriales est similaire à celui des coordonnées terrestres. La position d'un point à la surface de notre planète est définie par la latitude et la longitude. La latitude est la distance angulaire d'un lieu à l'équateur terrestre ; la longitude est l'écart angulaire entre le méridien du lieu et un méridien origine, en l'occurrence, celui qui passe par Greenwich.

Dans le ciel, c'est la même chose. Les deux coordonnées sont la déclinaison et l'ascension droite. La déclinaison est la distance angulaire d'un astre à l'équateur céleste et se compte en degrés : de 0 à 90° de l'équa-

Rendez-vous du mois

Le 2 septembre, Vénus est à proximité de l'amas ouvert M44, dit de la Crèche, vers 5 h. A observer aux jumelles.

Le 6 septembre, conjonction Mars-Jupiter dans la soirée.

Le 17 septembre, les deux planètes lointaines, Uranus et Neptune, sont à moins de 1° l'une de l'autre, vers 22 h légales.

Dessins M. Roux-Siget

Un exemple de monture équatoriale

Le Celestron 8 utilise une monture équatoriale à fourche. Le cercle d'ascension droite (de profil à gauche) permet de suivre les mouvements du ciel. Le cercle de déclinaison, utilisé pour la recherche des astres, est caché par le viseur (au centre de l'image).

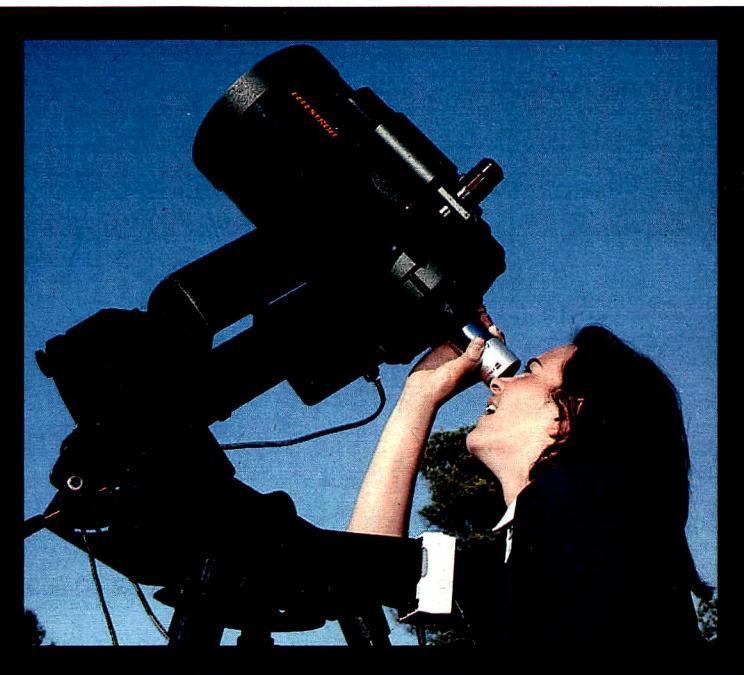
teur au pôle Nord, de 0 à - 90° de l'équateur au pôle Sud. L'ascension droite est l'écart entre le méridien céleste qui passe par l'astre et un méridien origine, ce dernier étant celui qui passe par le point vernal, autrement dit l'intersection de l'écliptique et de l'équateur. L'ascension droite se compte dans le sens direct, c'est-à-dire le sens inverse des aiguilles d'une montre, et se mesure en heures, minutes et secondes de temps sidéral.

Les montures équatoriales sont équipées de cercles gradués.

L'un correspond à la déclinaison et est fixé naturellement sur l'axe de déclinaison, l'autre à l'ascension droite et se trouve sur l'axe polaire, celui qui, lors de la mise en station, est rendu parallèle à l'axe de rotation de la Terre. L'utilisation du cercle de déclinaison ne pose pas de problème particulier. Le zéro, origine des déclinaisons, est l'équateur céleste, toujours visible, et, la monture une fois réglée, ce cercle ne nécessite aucun réglage. Pour viser un astre, il suffit d'afficher sa déclinaison en face de l'index du cercle.

En revanche, en ce qui concerne l'ascension droite, ce n'est pas la même chose. En effet, de par la rotation de la Terre, le méridien origine des ascensions droites effectue un tour de ciel en vingt-quatre heures (sidérales). Avant d'afficher l'ascension droite d'un astre, il faut donc régler le cercle pour que son zéro corresponde au méridien origine. Ce réglage peut se faire par calcul ou par étalon-

S. Brunier/Ciel & Espace



nage avec un astre bien visible à l'œil nu et de position connue. Mais tout cela n'est pas très pratique et peut être source d'erreur, surtout avec des appareils puissants. Sur le plan technique, la lecture des deux cercles de coordonnées n'est pas facile et demeure imprécise, surtout en raison de leur petit diamètre. Pour pallier cela, il faudrait des cercles d'au moins une trentaine de centimètres de diamètre, mais on se trouverait confronté à un problème de transportabilité de l'instrument, le volume de la monture devenant alors trop important.

Les fabricants se sont donc orientés, il y a quelques années, vers une solution électronique. L'idée de base est d'avoir un système de codage des axes en rotation et une informatique qui "lit" en permanence tous les mouvements effectués. Après traitement de ces informations, un affichage indique la position pointée par l'instrument. Cela nécessite bien

entendu une position de départ pour que l'informatique puisse avoir un repère de base.

Vixen, le premier, a mis au point un tel ensemble pour ses montures Super Polaris ; il s'agit du Skysensor. Le système de codage est incorporé aux moteurs pas à pas qui équipent chacun des axes. Au-delà de l'affichage des coordonnées, le Skysensor va plus loin puisqu'il comprend une base de données concernant environ 800 objets, étoiles, amas, nébuleuses et galaxies. Il suffit d'appeler à l'écran l'un de ceux-ci pour que l'ordinateur commande les moteurs et pointe la lunette ou le télescope sur l'objet choisi. Pour que le système soit opérationnel, il faut dans un premier temps effectuer une mise en station la plus précise possible, puis introduire la latitude et la longitude du lieu d'observation, la date et l'heure. Le Skysensor, premier du genre, apporta une nette amélioration pour le pointage et satisfait encore ►

21 septembre,
le matin



24 septembre,
18 h



Dessins M.Roux-Saget

Le 21 septembre, Vénus a rendez-vous avec Regulus du Lion au petit matin.

Le 24 septembre, Jupiter et Mercure sont en conjonction à proximité de Spica de la Vierge, vers 18 h légales.

suite de la page 149

bon nombre d'amateurs.

L'évolution suivante fut le fait de la firme américaine Celestron, qui conçut pour ses célèbres Schmidt-Cassegrain le Compustar. Le principe était le même que pour le Skysensor, mais avec une base de données beaucoup plus étendue (8 000 objets) et, surtout, une différence sensible au niveau de la mise en station. En effet, le Compustar aide l'observateur lors de cette opération et tient même compte de l'erreur éventuellement commise. Seuls inconvénients du système : la mécanique, qui doit être assez sophistiquée pour être précise et supporter les fréquents changements de position à grande vitesse ; la nécessité

de rentrer les coordonnées du lieu d'observation, la date et l'heure, là aussi avec précision ; et, enfin, son coût élevé, qui a finalement restreint sa diffusion malgré les nombreux avantages offerts.

La dernière étape franchie en matière de pointage "numérique" vient aussi des Etats-Unis, où la firme Jim's Mobile propose depuis peu le système NGC MAX.

Le NGC MAX utilise des encodeurs optiques placés sur chacun des axes et, bien sûr, un microprocesseur logé dans un petit boîtier de commandes (taille d'un paquet de cigarettes). L'originalité vient du mode d'initialisation. L'observateur installe son télescope en position équatoriale, le

mieux possible, mais sans pour autant devoir atteindre une grande précision. Il place alors le tube de l'instrument dans une position de départ, toujours la même, définie par le concepteur. Cette opération faite, il l'indique au système et pointe alors une étoile choisie parmi la trentaine de la base de données de pointage du NGC MAX. Une pression sur l'un des quatre boutons que compte le NGC MAX lui signale que le pointage est acquis. L'observateur recommence alors l'opération avec une autre étoile située à une soixantaine de degrés de la précédente. Encore une pression et le NGC MAX s'initialise de lui-même à partir de ces deux positions parfaitement définies. Plus besoin d'entrer coordonnées, date et heure ! Le NGC MAX existe en plusieurs versions, qui diffèrent par le nombre d'objets en mémoire, la version citée (12 000 objets) étant la plus complète.

C'est certainement l'un des pointages informatisés les plus performants à l'heure actuelle. Il offre surtout l'avantage d'être adaptable sur toutes sortes d'appareils. Les prix sont encore un peu élevés, surtout pour le modèle haut de gamme, mais c'est un investissement que ne regretteront pas ceux qui ne sont pas très habiles au pointage traditionnel, ni ceux qui n'ont pas beaucoup de temps à consacrer à l'observation et, par conséquent, doivent profiter de ces instants pour observer le plus possible. ■

LE MOIS PROCHAIN :
Les novae extragalactiques

A paraître en septembre, le nouveau catalogue complet d'instruments et accessoires d'astronomie. Envoyé gratuitement aux lecteurs qui en feront la demande en se recommandant de *Science & Vie*, à la Maison de l'Astronomie, 33-35 rue de Rivoli, 75004 Paris.

Curiosités arithmétiques

Si les mathématiques demeurent une matière bien rebutante pour beaucoup, il est un de leurs domaines qui ne manque pas de fasciner tout esprit curieux. Il s'agit justement des... curiosités arithmétiques. Tout d'abord parce que les nombres, et particulièrement les entiers, sont des objets que chacun de nous est habitué à manipuler dès son plus jeune âge. Mais également parce que certains résultats frappent aussi bien par la simplicité de leur formulation que par leur caractère inattendu.

Comment, par exemple, ne pas être étonné par la pureté de l'énoncé suivant : La somme des cubes des n premiers entiers est égale au carré de la somme de ces n premiers entiers.

Une propriété vraiment surprenante, qui s'écrit : $1^3 = 1^2$

$$1^3 + 2^3 = (1 + 2)^2$$

$$1^3 + 2^3 + 3^3 = (1 + 2 + 3)^2$$

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 = (1 + 2 + 3 + 4)^2$$

$$1^3 + 2^3 + \dots + n^3 = (1 + 2 + \dots + n)^2$$

Magnifique, non ?

Les curiosités arithmétiques sont légion. Pourquoi, par exemple, la somme des chiffres d'un nombre multiple de 9 est-elle un multiple de 9, propriété que 9 ne partage qu'avec 3 (et 1, évidemment) ?

Nous espérons ici vous faire découvrir quelques résultats beaucoup moins connus.

Cet étrange nombre 73

A part le fait d'être premier, ce qui n'est tout de même pas très original, quelle propriété remarquable peut bien cacher ce nombre ? Elle n'est pas facile à déceler, mais elle est vraiment surprenante.

Prenez un multiple quelconque de 73. Par exemple : $73 \times 258 = 18\,834$.

Partagez ce nombre en deux tranches :

- le nombre formé par les deux derniers chiffres : 34

- le nombre formé par tous les autres chiffres : 188

Elevez chacun de ces deux nouveaux nombres au carré :

$$34^2 = 1156$$

$$188^2 = 35\,344$$

Surprise ! La somme de ces deux carrés est elle-même un multiple de 73. Vérifiez :

$$1156 + 35\,344 = 36\,500$$

$$\text{et } 36\,500 = 73 \times 500$$

Bien sûr, vous pouvez vous amuser également à vérifier que d'autres nombres ne possèdent pas cette propriété. Pourtant, 73 n'est pas le seul nombre dans ce cas. Il en existe un autre, de trois chiffres. Saurez-vous le trouver ?

**Les solutions...
dans le prochain numéro !**

La bande des 9

Lorsqu'un nombre de trois chiffres est le résultat d'une addition de deux autres nombres de 3 chiffres, et si les neuf chiffres utilisés sont les chiffres de 1 à 9, chacun écrit une fois, la somme des chiffres du résultat est 18. On peut le vérifier sur quelques exemples :

$$716 + 238 = 954 ;$$

$$317 + 529 = 846 ;$$

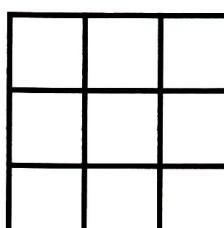
$$291 + 546 = 837 ; \text{ etc.}$$

C'est un résultat que l'on peut bien sûr démontrer d'une manière générale. Mais si cette tâche théorique vous rebute, vous pourrez tout simplement utiliser cette propriété pour résoudre assez facilement le casse-tête suivant :

Remplissez la grille ci-dessous à raison d'un chiffre par case, chacun des chiffres de 1 à 9 étant représenté une fois et une seule de manière à ce que :

- le nombre de trois chiffres lu horizontalement sur la deuxième ligne soit la somme des deux autres nombres horizontaux ;
- le nombre de trois chiffres lu verticalement, de haut en bas, dans la deuxième colonne, soit la somme des deux autres nombres verticaux.

A la symétrie près, ce problème n'admet qu'une solution. Et vous avez un mois pour la trouver !



Opérations secrètes

Le mois prochain, nous consacrerons cette rubrique aux cryptarithmes, casse-tête arithmétiques des plus séduisants. Toujours renouvelés par la diversité des raisonnements menant à la solution, ils demeurent à la portée de tous ceux qui connaissent leurs tables d'opérations... et qui sont armés de patience.

Pour vous entraîner, nous vous proposons de vous attaquer à celui-ci :

$$\begin{array}{r}
 \text{V A L E T} \\
 + \text{V A L E T} \\
 + \text{V A L E T} \\
 + \text{V A L E T} \\
 \hline
 = \text{C A R R E}
 \end{array}$$

Rappelons la règle du jeu. 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) ;
- on ne tient pas compte des accents ;
- et, bien sûr, l'opération est exacte.

PHOTO VIDÉO SON

Par Roger Bellone et Paule Sully



① Un caméscope de voyage

Le VP-E 405, modèle 8 mm, de 750 g, vient d'être lancé par le coréen Samsung à l'intention des amateurs de voyages. Doté d'un zoom, du son stéréophonique et des automatismes de l'exposition et de la mise au point, il permet, en outre, divers effets spéciaux (accéléré grâce à un intervallomètre, titrage sur une page, montage par le biais d'une prise spéciale...). Une télécommande format carte de crédit complète son équipement.

5 000 F

② Un compact plus compact

Voilà bien des années que la miniaturisation des dispositifs électromécaniques du 24 x 36 a conduit au modèle "compact", puis à l'"ultra-compact". Cette miniaturisation n'a pas pour autant atteint ses limites. Ainsi, Fuji vient de lancer le DL-510 P, un 24 x 36 automatisé de la taille d'un paquet de cigarettes, pesant 193 g. Il possède un flash électronique avec correcteur de lumière pour les contre-jours, un dos dateur, l'autofocus pour les sujets situés entre 48 cm et l'infini, l'entraînement motorisé et un dispositif de prise de vue panoramique. L'objectif est un grand angle 4,5/28 mm et l'obturateur procure des

temps d'exposition de 1/3 à 1/250 s. La sensibilité du film, de 50 à 160 ISO, s'affiche automatiquement.

890 F

En ce qui concerne le PAL, l'appareil peut travailler aussi bien en VHS qu'en S-VHS.

1 800 F

③ Transcodeur pour montage vidéo

Le montage vidéo oblige très souvent à passer du standard PAL au standard SECAM (ou inversement), car beaucoup d'équipements amateur sont en PAL alors que magnétoscopes, téléviseurs et parfois caméscopes sont en SECAM. JVC vient donc de lancer le JX MT 55 qui permet le transcodage PAL-SECAM et SECAM-PAL.

④ Un film pour la photo sous-marine

Le Kodak Ektachrome Underwater, annoncé avant l'été aux Etats-Unis, est maintenant disponible en France. Il est équilibré pour la photo sous-marine sans flash à partir de 3 m de profondeur. Ainsi élimine-t-il, en partie ou en totalité, la dominante bleue de ces prises de vue, améliorant le rendu des rouges et des jaunes. Le traitement de l'émulsion est identique à celui des inversibles type Ektachrome. 70 F



5

5 Un baladeur à cassette numérique

Philips lance ce mois-ci son premier mini-lecteur DCC (*Digital Compact Cassette*). Rappelons que la cassette DCC est mécaniquement identique à la cassette analogique compacte (ou K7). De ce fait, le Philips DCC 130 est équipé pour lire aussi toutes les cassettes anciennes. Ce baladeur comporte un système Dolby B (atténuateur de bruit), des mini-écouteurs avec télécommande et une sortie numérique optique. Dimensions : 120 x 135 x 118 mm.

3 000 F

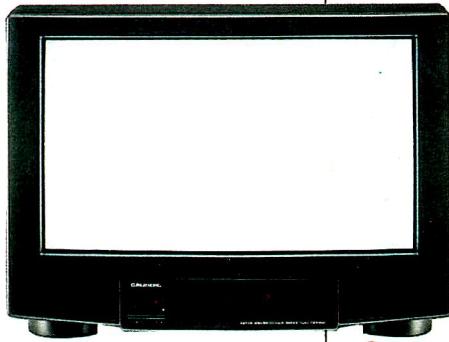


6 Encore un nouveau téléviseur 16/9

Ce mois-ci, plusieurs téléviseurs dotés d'un écran large seront lancés par les constructeurs européens. Grundig propose déjà le ST 70-169 TOP. C'est un modèle avec écran de 70 cm PAL-SECAM-NTSC. La télécommande permet de choisir le format 4/3 ou 16/9 en fonction de celui du programme. Avec un décodeur D2-MAC, cette sélection est automatique sur les chaînes D2-MAC (France 2 16/9, France Supervision, Canal + 16/9, Ciné-cinéfil 16/9, etc.). L'appareil, de type numérique, bénéficie de tous

les perfectionnements des postes haut de gamme (écran ultra-lumineux, télécriture, réglages automatiques, trois prises péri-télévision, une prise S-VHS, trois prises audio-vidéo, etc.). La stéréophonie est obtenue avec une puissance maximale de 50 W par canal. Observons ici que les prix des téléviseurs 16/9, qui variaient de 16 000 à 30 000 F il y a un an, s'échelonnent maintenant plus couramment de 20 000 à 10 000 F (parfois moins). Les tailles d'écran vont de 70 à 92 cm.

12 000 F



6

7 Un grand angle à lentille asphérique

Un objectif de 17 mm couvre un angle horizontal de plus de 93°, ce qui rend difficile une répartition lumineuse et une netteté homogènes sur tout le champ. Le recours à une lentille asphérique sur l'objectif AT-X 3,5 (17 mm AF de Tokina) permet d'obtenir cette homogénéité, en assurant des corrections optimales sur les bords de l'image. Ce grand angulaire, qui compte onze lentilles, ne mesure que 80 mm de longueur et de diamètre. Il autorise la mise au point à 25 cm du sujet.

3 795 F (monture Canon)

2 995 F (Nikon, Minolta)



7

LES OBJETS DU MOIS

Par Bruno Jacquot



▼ Un clown matheux

Un jouet pour apprendre à compter. Ce jongleur est en fait une balance dont le fléau est formé par les bras du personnage. L'enfant dispose de deux séries de chiffres en plastique. Il accroche un chiffre à l'un des bras. Il doit ensuite trouver ceux dont la somme est égale à ce chiffre et qui seuls peuvent équilibrer la balance. Explication : du plus léger (le 1 pèse 1,5 g) au plus lourd (le 9 pèse 13,5 g), le poids des chiffres suit une progression arithmétique de raison 1,5 g. **125 F** dans le catalogue Bien Joué des éditions Play Bac (Paris).



▲ Dans le bain sans effort

L'accès au bain est souvent une épreuve pour les personnes à mobilité réduite (troisième âge, handicapés). L'Aqua-siège leur rend la vie plus facile. Placé dans une baignoire, le siège repose sur deux poches gonflables à l'eau et enserrées dans des barres articulées. Une vanne commande l'alimentation et la vidange des poches qui font ainsi monter ou descendre le siège. A partir de **8 700 F** chez Aqua-siège (Orléans).

75 000 volts pour se défendre ▶

Pour calmer un agresseur survolté, rien de tel qu'une bonne décharge électrique. Au contact du corps de l'assaillant, les bornes du Body Guard envoient un courant de 75 000 V (obtenu par un transformateur et un condensateur à partir d'une pile de 9 V). Un quart de seconde de ce traitement provoque des contractions musculaires. Cinq secondes, un étourdissement. Sachez électrocuter avec modération...



599 F (modèle 75 000 V) et **648 F** (modèle 150 000 V). En vente libre, par correspondance chez MCP (Annecy).

Des bretelles invisibles ▶

Un remède contre la chemise-qui-sort-du-pantalon : les Clip-Up. Ces deux petites pinces en métal se fixent de part et d'autre de la braguette. Leur fermoir solidarise chemise et pantalon, la première empêchant ainsi le second de glisser. Environ 150 F la paire, auprès de Clip-Up (Bruxelles).



▲ Les plantes sous protection

Le paillage des jeunes plants fait peau neuve avec la dalle Isoplant. Cette dalle en fibres de pin maritime recouvre le sol au pied du plant. Pour la poser, on enlève une languette pré découpée que l'on replace ensuite. D'une

durée de vie d'un an, elle protège des mauvaises herbes, de la sécheresse et du froid, et atténue les effets des variations thermiques du sol entre le jour et la nuit. 69 F les trois dalles, dans les jardineries.

L'électronique contre l'alcool au volant ▼

Etes-vous vraiment en état de conduire après un ou deux verres ? Soufflez dans le Sécuritest. Si le voyant rouge de cet alcootest électronique s'allume, le capteur, sensible à l'éthanol, a décelé un taux d'alcoolémie supérieur à 0,4 mg d'alcool par litre d'air. Le Sécuritest se branche sur l'allume-cigarette. Relié à la batterie, c'est aussi un coupe-circuit en cas de test positif. Voilà un ange gardien (ou un gendarme...) qui devrait intéresser les entreprises de transport...

1990 F chez BM Sécurité à Louveciennes (Yvelines).



LES OBJETS DU MOIS

▼ Compte à rebours pour l'an 2000

Combien de secondes nous séparent du 1er janvier 2000, 0 h ? Le calcul est effectué par le microprocesseur du Génitron miniature (20 cm de haut), réplique du monumental original qui trône devant le Centre Pompidou, à Paris. Ce mini Génitron fait aussi office de calendrier et d'horloge.

Attention à bien le régler à l'heure juste pour obtenir un compte à rebours exact. En effet, le microprocesseur travaille

en fonction de l'heure indiquée par le mode horloge. 300 F à la boutique de la Cité des sciences et de l'industrie (Paris).



▼ Un emballage

Le sachet Air Box en PVC protège les objets fragiles pendant leur transport. On les place dans le sac que l'on gonfle avec une pompe ou à la bouche. L'air se loge dans les doubles parois de l'emballage, métamorphosé en matelas pneumatique



▲ Les éléments enchaînés

Pauvre Mendeleïev ! Sa classification périodique des éléments n'a jamais eu les honneurs d'une présentation attrayante. Cette injustice est aujourd'hui réparée grâce au tableau Mendel 3D. Celui-ci présente des véritables échantillons de corps purs emprisonnés dans des parallélépipèdes en cristal de synthèse. Les éléments solides apparaissent sous forme de poudres, de feuilles ou de blocs. Les éléments gazeux ou sensibles à l'air sont piégés dans de petites ampoules de verre. Seuls manquent à l'appel les 34 éléments radioactifs ! Enfin, certains éléments nocifs comme le fluor ont été remplacés par des fac-similés. Vendu 14 000 F, le Mendel 3D est fourni avec un livret pédagogique. Renseignements auprès de la société Oxane (Paris).



à coussin d'air

protecteur. Une bonne idée qui n'a pas été poussée à son terme : les sacs ne sont pas réutilisables, puisqu'il faut pratiquer une incision pour récupérer l'objet enfermé. 210 F les dix (cinq tailles différentes) chez Take Five (Paris). ■

LIVRES

Hervé This Les Secrets de la casserole

Belin, 222 p., 110 F.

Comme M. Jourdain faisait de la prose, cordons bleus et maîtres queux font de la chimie sans le savoir. Par exemple, pourquoi le homard rougit-il dans l'eau bouillante ? Parce que sa carapace contient une molécule appelée astraxanthine ($C_{40}H_{52}O_4$). Quand l'animal est vivant, cette molécule est liée à une protéine et forme un complexe noir. En revanche, une fois le malheureux crustacé ébouillanté, «le complexe se dissocie et la couleur rouge de l'astraxanthine se manifeste», écrit Hervé This. C'est cette même molécule qui donne sa couleur rose au saumon.

Tous les phénomènes culinaires, les "trucs", les petits conseils qu'on trouve dans les livres de cuisine, l'auteur les explique à la lumière des connaissances du chimiste. Mais son ouvrage n'est pas un pesant traité. This a préféré une présentation plus dynamique sous forme de questions-réponses : comment rattraper une béarnaise ? Comment améliorer le vin ? Et éviter que les soufflés retombent ? Pourquoi la mayonnaise tourne-t-elle ? Un livre à picorer.

Cela étant, l'auteur n'a pas réponse à tout et remarque que nous sommes bien ignorants en matière de "gastronomie moléculaire" : «Les aliments sont des mélanges complexes que la chimie analyse difficilement [...]. La cuisine pourra toujours rester un art où l'intuition fera des miracles.» Néanmoins, cette

"gastronomie moléculaire" permet de tirer parti du progrès technique. This explique comment préparer au four à micro-ondes un canard à l'orange "shooté" au cointreau... Plus surprenant (mais plus délicat), la crème glacée à l'air liquide. Le principe est simple : il suffit de vaporiser de l'air liquide (qui est à une température de -183°C) sur une préparation pour crème glacée ou pour sorbet. «L'air liquide se vaporise immédiatement, absorbant la chaleur de la préparation qu'il congèle instantanément [...] dans un formidable nuage de fumée blanche.» Crise cardiaque à prévoir.

B.J.

Sous la direction de Roland Chemama **Dictionnaire de la psychanalyse**

Larousse, 307 p., 75 F.

Christian Bury **Pour introduire l'irrespect en psychanalyse**

Les Empêcheurs de Penser en Rond, 231 p., 94 F.

Le "Dictionnaire" que voilà se veut rigoureux. Le hasard pur nous l'a fait ouvrir à l'article «miroir (stade du)», concept lancé dès 1936 par Jacques Lacan et aujourd'hui accepté comme vérité révélée par divers "luminaires" de ce temps. On y lit que «le stade du miroir est l'avènement du narcissisme primaire, narcissisme dans le plein sens du mythe, car il indique la mort, mort liée à l'insuffisance vitale de la période dont ce moment est issu. En effet, c'est une phase de la constitution

de l'être humain qui se situe entre six et dix-huit mois, période caractérisée par l'immaturation du système nerveux. Cette prématuraison spécifique de la naissance chez l'homme est attestée par les fantasmes de corps morcelé que l'on retrouve dans les cures psychanalytiques. C'est la période que Mélanie Klein a appelée "schizoïde" et qui précède le stade du miroir [...]. Il faut comprendre le stade du miroir comme une identification, c'est-à-dire la transformation produite chez un sujet quand il assume une image [...]. En effet, la maturation de la gonade chez la pigeonne a pour condition nécessaire la vue d'un congénère ; il suffit d'ailleurs de sa réflexion dans le miroir.»

Passons sur l'aspect obscur de ce texte («Le narcissisme indique la mort...»), qui évoque surtout l'interprétation des tarots. Première observation : le stade en question est-il caractéristique de la fin de maturation du système nerveux ou de la maturation même ? Le texte explicatif ne permet pas de le comprendre de façon nette. Deuxième : la pigeonne en âge de maturation de gonade reste-t-elle donc immatûre ? Troisième : l'expérience de la pigeonne ne permet pas de savoir si elle sait que c'est elle-même qu'elle perçoit ou un autre. Quatrième : si le fameux stade du miroir existe chez les pigeons, l'article donne à croire qu'il existe aussi chez les mammifères supérieurs et chez les primates. Or, les gorilles ne se reconnaissent pas dans un miroir (Lethmate & Ducker, 1973; Suarez & Gallup, 1981; Patterson, 1986). Présenter alors le présumé stade du mi-

REFÉRENCES
Larousse
SCIENCES DE L'HOMME

dictionnaire de la psychanalyse

sous la direction de Roland Chemama



roir comme un paradigme universel, s'étendant même aux animaux, relève de la plaisanterie. Cinquième et dernière question : n'est-il pas vrai que le stade du miroir fut une hypothèse (et seulement cela) d'Henri Wallon, directeur de l'*Encyclopédie française*, que Lacan, tel un geai bien paré, «omit» toute sa vie de citer ? On aura compris que c'est là un ouvrage dont la méconnaissance ne sera pas dommageable.

Christian Bury tient les promesses de son titre. Psychanalyste et entendant le demeurer, il avertit d'emblée qu'il prône l'irrespect, mais non l'invective ou la dérision. L'irrespect n'en sera donc que plus sévère.

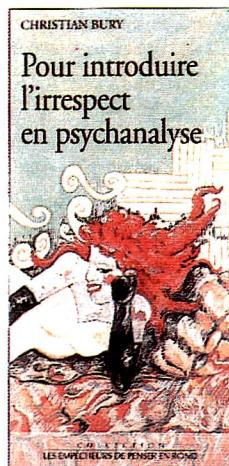
Le démarrage est quelque peu décevant, l'auteur, critiquant les avatars du freudisme, avance ainsi que la psychanalyse aurait été «positiviste et biologiste» avec Freud. «Positiviste» ? «Biologiste» ? Première nouvelle. Toujours est-il qu'il déplore que la sociologie et l'éthnologie ne prennent guère la psychanalyse en considération. Pour restaurer le prestige de celle-ci, il propose de la dégager de «tout faux discours». Vaste et intrigant programme, d'ailleurs. Et de

suite de la page 159

passer en revue ce qui ressortirait à la psychanalyse même, pure et dure.

Seraient-ce l'hypnose ? Freud y recourut, en effet. Mais en méthodologie, les dangers de cette pratique sont aujourd'hui bien connus, et la référence qu'y fait Bury est bien hardie : «De fait, état amoureux, hypnose, suggestion, ne semblent être que des cas particuliers de ce phénomène [...] qui sont à la racine de notre relation à autrui.» Or, l'état amoureux se caractérise par des phénomènes neurochimiques qui ne semblent guère en jeu dans l'hypnose et la suggestion. Et l'on ne

vaste et brillante culture, qui mène de Saint Jean de la Croix et de Spinoza à Hegel et Darwin, mais il ne parvient guère, à notre avis, à sauver les meubles. Ainsi, au cours d'une série de "sauts" vertigineux et même périlleux, il compare le freudisme au darwinisme, tous deux passés au rang de croyances ; c'est pourtant là ignorer qu'une différence essentielle les sépare : la paléontologie a montré les fondements scientifiques du darwinisme, alors que le freudisme reste désespérément indémontrable. Ne serait-ce pas que l'auteur a manqué... d'irrespect ? G.M.



voit guère ce que la psychanalyse y aurait à faire. Mais c'est justement que Bury soupçonne la psychanalyse d'être une hypnose. La question n'est toutefois pas résolue et l'on en reste, avec l'auteur, au point où l'on en était déjà du temps de Freud : l'hypnose est assimilée au "transfert".

Aucune des questions qui suivent n'est d'ailleurs vraiment résolue : Bury pose les problèmes et ne s'avance pas pour les résoudre. Son livre démontre certes une

possible. «Le problème est à la fois local et planétaire, avec tout un emboîtement de dimensions intermédiaires tenant en partie à la géographie et en partie à l'histoire des sociétés humaines» expliquent dans leur avant-propos Michel et Calliope Beaud et Mohamed Larbi Bouguerra, les responsables de cet ouvrage collectif qui rassemble plus de 200 articles. De fait, le niveau de vie ou la nature des régimes politiques n'ont eu que peu d'influence sur le fond des problèmes. Que l'on se tourne vers l'Occident capitaliste, les anciens pays communistes ou le Tiers-monde, les atteintes à l'environnement sont aussi dommageables, même si elles se manifestent sous des formes différentes.

Ce constat témoigne d'ailleurs de l'ampleur du défi à relever. La tâche est immense, car un nouveau mode de développement "durable" reste à inventer. Plutôt que de se contenter de tirer les sonnettes d'alarme, les auteurs proposent quelques "pistes" pour agir dans cette direction. De quoi relancer la réflexion, un an après le grand sommet de Rio, qui semble déjà si loin... M.M.

*Sous la direction de
Michel et Calliope Beaud
et de Mohamed Larbi
Bouguerra*

L'Etat de l'environnement dans le monde

La Découverte, 438 p., 170 F.

Réjets de gaz à effet de serre, altération de la couche d'ozone, pollution atmosphérique, dégradation de la qualité de l'eau, érosion des sols, disparition d'espèces vivantes, accumulation de déchets, etc. : les sujets de préoccupation ne manquent pas en cette fin de siècle pour notre "bonne vieille Terre" ! Le principal mérite de cet "Etat de l'environnement dans le monde", réalisé par 115 auteurs de compétences et d'horizons très divers – on y trouve aussi bien des scientifiques que des économistes, des démographes ou des journalistes –, est de faire, pour la première fois, l'inventaire de tous ces périls, d'en établir l'origine et de dresser un état des lieux aussi complet que

quoi la couleur moutarde, ex-caca d'oie, ex-kaki, passe-t-elle pour la plus vilaine ? Une série de digressions faciles à lire, parfois spirituelles, parfois légères, sous le titre un peu trop grand de «Dictionnaire». G.M.

Loup Verlet

La Malle de Newton

Gallimard – Sciences humaines, 487 p., 220 F.

Ouvrage déconcertant : d'une vaste érudition et d'une égale portée philosophique, d'une lecture généralement plaisante aussi, il traite finalement peu de Newton, mais surtout de la perte du sentiment religieux en Occident.

Le titre s'explique par le fait qu'une malle de papiers appartenant à Newton, mise aux enchères en 1936, ne contenait que des papiers d'alchimie et d'exégèse biblique. Malle paradoxale, puisque ce serait en fin de compte des travaux scientifiques de Newton que dérivèrent par la suite l'amour de la science et le désamour du savoir religieux, alors que Newton était, lui, profondément religieux.

Verlet, directeur de recherche au CNRS, expose dans les deux tiers de l'ouvrage les conséquences de la désacralisation du monde effectuée par la science et les avatars de la pensée théologique depuis le XVIII^e siècle. L'exposé n'est pas toujours d'un abord "lisse".

On bute sur des phrases telles que : «La mythologie concernant la rencontre de l'être humain avec sa propre image trouve son prolongement dans le "stade du miroir" de Jacques Lacan.» Ce qui mène l'auteur à une ana-

BIBLIOTHÈQUE
SCiences HUMAINES

La malle de Newton

par
Loup Verlet

nrf
Editions Gallimard

lyse épistémologique de ce qu'est une représentation, phénomène redoutable, «car il est impossible de faire coïncider ce qui est hors de soi et ce qui est en soi.» Voilà une façon nouvelle d'expliquer la différence entre l'objet et le sujet, problème fondamental et gigantesque de la philosophie et, parallèlement, de l'épistémologie : comment savons-nous ce que nous croyons savoir ? Et comment pouvons-nous agir, puisque nous n'agissons que sur des représentations ?

«Si, conformément à la légende popularisée en France par Voltaire, je propose de voir en Newton le fondateur de la science moderne, je ne seraï pris au sérieux ni par les scientifiques, ni par les historiens», écrit Verlet. Appréhension injustifiée : savants et biographes de ce siècle le tiennent, en effet, pour ce fondateur-là.

Si sa vérité personnelle ne correspondait pas à l'image d'Epinal qu'on a dessinée jusqu'à il y a un demi-siècle (l'homme était coléreux, pas très loyal ni courtois, et avait failli perdre la raison dans les vapeurs de mercure de l'alchimie, sa grande passion), c'était une intelligence supérieure, qui ouvrit

toutes grandes les voies de la compréhension du monde physique, le microscopique autant que le macroscopique.

La brillante démonstration de Verlet ne parvient pas à effacer l'impression que le terrain où il se situe est miné : seuls des esprits superstiteux pourraient continuer à croire à une antinomie quelconque entre le savoir et la foi. Et la raison, si souvent mise sur la sellette dans *la Malle de Newton*, n'efface certes pas la foi : n'est-elle pas un don suprême ? Mais l'ouvrage conserve la vertu d'être un excellent panorama des problèmes philosophiques posés à certains par la science. G.M.

*James L. Gould
et Carol Grant Gould*
Les Abeilles
comportement,
communication
et capacités sensorielles

L'Univers des sciences / Pour la Science, 240 p., 185 F.

Manifestement, le livre d'une passion commune. Et d'une fascination particulière pour la fameuse danse que les abeilles utilisent pour expliquer à leurs congénères où et comment trouver la nourriture. Ce qui n'empêche pas les auteurs de faire le point sur les théories adverses : celles qui soutiennent l'importance du rôle de la danse et celles qui prétendent que cela n'aide en rien ces insectes dans leur quête.

Bien sûr, on sait d'emblée pour quel camp penchent les Gould. Peu importe : ils exposent de manière très objective les pour et les contre, les arguments et les résultats. Et la démonstration paraît ➤



36-17
MON PSY®



Pour être bien
dans sa tête !

LA CULTURE GÉNÉRALE
clé de votre réussite aujourd'hui !

Oui, dans toutes vos relations, pour tous les emplois, on vous jugera sur votre culture. Votre réussite professionnelle et personnelle en dépendent.

Oui, grâce à la Méthode de Culture Générale de l'ICF, claire et pratique, vous pouvez en quelques mois compléter vos bases, acquérir plus de confiance et une meilleure aisance, affirmer votre personnalité et être à l'aise dans tous les milieux..

20 cours (Arts, littératures, droit, philosophie, économie, sciences, politique, etc...). Le parcours santé de l'équilibre et de la réussite, accessible à tous.

Documentation gratuite à : Institut Culturel Français, Service 7258, 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois, Tél. : (1)42.70.73.63



BON D'INFORMATION GRATUITE

à compléter et retourner à ICF, service 7258
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Veuillez m'envoyer à l'adresse ci-dessous, la documentation complète sur votre méthode.

Nom :

Adresse :

.....

suite de la page 161

assez convaincante. En outre, si la danse des abeilles est au cœur de ce livre – vibrant, mais impartial hommage à Karl von Frisch –, les auteurs ne négligent pas pour autant ce qui concerne les autres aspects de la vie des abeilles : communication, navigation, apprentissage.

Toutefois, les aspects sociaux, vus sous l'angle de la socio-biologie (pourquoi les ouvrières abdiquent-elles leur droit à la reproduction, etc.), n'y sont pas traités. C'est là, il est vrai, un des chevaux de bataille des sociobiologistes et autres spécialistes des stratégies de reproduction, auxquelles de nombreux ouvrages sont consacrés.

Chaque hypothèse est traitée en détail, éclairée de nombreuses expériences relatées minutieusement. Celles-ci ne sont d'ailleurs pas toujours à la portée du commun des mortels. Toutefois, les néophytes pourront aussi prendre plaisir à la lecture de ce livre, d'autant que des sujets plus "grand public", comme l'apiculture, y sont aussi abordés. Rien que sur ce chapitre, traité d'un point de vue historique et technique à la fois, on apprend déjà beaucoup de choses.

En guise d'épilogue, l'ouvrage se conclut par une réflexion sur l'intelligence et la perspicacité chez les abeilles. Sans doute les auteurs se laissent-ils emporter par leur passion pour ces insectes, qu'ils considèrent comme l'autre solution évolutive la plus achevée du règne animal, pratiquement à égal avec l'homme.

Peut-être cette fougue est-elle excessive, mais elle a le mérite de nous rappeler qu'il peut y avoir d'autres façons de voir le monde que la nôtre

T.P.



*Gaëtan Gatian de Clérambault **L'érotomanie***

Les Empêcheurs de Penser en Rond, 259 p., 99 F.

Réédition opportune des observations et considérations de ce grand neuro-psychiatre que fut donc Clérambault. L'érotomanie n'est pas l'hyperactivité sexuelle, c'est un délire d'interprétation qui fait croire à la personne atteinte qu'elle est l'objet des désirs d'autrui. Scientifiquement, le texte n'a rien perdu de son intérêt depuis soixante-dix ans. Accessoirement, cela se lit comme un roman, d'un seul trait, par la grâce des descriptions, péripéties et dialogues. A garder en mémoire: les érotomanes peuvent être dangereux. G.M.

*Thomas Powers **Heisenberg's War : The Secret History of the German Bomb***

Knopf, N.Y., 480 p., \$ 27, 50.

Le III^e Reich aurait-il pu avoir la bombe ? Pourquoi ne l'a-t-il pas eue ? Ce point crucial de la Seconde Guerre mondiale reste obscur. Un seul fait est sûr : Werner Heisenberg joua un rôle très

important dans les recherches atomiques allemandes. On lui a attribué une résistance passive volontaire, destinée à bloquer le développement d'une bombe A allemande, dont il pouvait, comme tant d'autres, mesurer les désastreuses conséquences politiques.

L'ennui est qu'il a multiplié les déclarations contradictoires ou incomplètes. Et c'est ce qui justifie l'extraordinaire travail de recherche fait par Thomas Powers dans le livre cité ci-dessus. Journaliste et historien, Powers a accompli dans cet ouvrage un travail monumental.

Que Heisenberg, prix Nobel de physique en 1932, à l'âge de 31 ans, ait eu les moyens de fabriquer une bombe allemande et qu'il ne l'ait pas fait par patriotisme (par amour vrai pour son pays !) est plus que probable : l'Allemagne comptait, en plus de lui, des phalanges de physiciens de haut vol, et Heisenberg n'aurait pas eu de peine à constituer des équipes qui, sans doute vers 1944, eussent pu épouvanter les Alliés en expérimentant une bombe A, par exemple sur le front russe. Mais Heisenberg, qui n'accepta jamais de rejeter les théories d'Einstein, qualifiées de "physique juive dégénérée" par les ignares et trublions du III^e Reich, était, dès avant la guerre, mal vu du pouvoir ; on le qualifiait alors de "Juif blanc".

Bien que profondément patriote – il refusa en 1939 une invitation à émigrer aux Etats-Unis –, il retourna en Allemagne pour organiser une résistance passive, c'est-à-dire, en bon français, pour saboter la recherche nucléaire allemande.

Il s'en expliqua d'ailleurs en 1946 dans une interview au journal anglais *Nature*.

Mais il se peut aussi que Heisenberg ait eu la partie plus facile qu'on l'a dit et qu'il n'a bien voulu le laisser entendre : démarrée assez tard, une fois donc qu'elle eût surmonté sa répugnance à admettre les idées d'Einstein, dont le fameux $E = mc^2$, la recherche nucléaire allemande était mal équipée dans l'Allemagne en guerre pour fabriquer un réacteur expérimental.

Powers indique que les savants allemands essayèrent de fait de fabriquer une bombe, mais qu'ils commirent des erreurs techniques graves (on ne sait pas les quelles). Alors qu'ils étaient déjà divisés par des rivalités personnelles, les directives incomptables des commissaires politiques chargés de surveiller la recherche auraient aggravé la portée de leurs erreurs.

On sait ainsi que les Allemands avaient besoin d'eau lourde et que la seule réserve appréciable et disponible, celle de Norvège, leur était devenue inaccessible.

Il se peut aussi que Heisenberg n'ait pas été d'une grande clarté dans son comportement et que, si l'on veut bien nous pardonner cette boutade, il ait complété son fameux principe de probabilité par un principe d'incertitude. Il semble ainsi avoir ménagé la chèvre et le chou sans trop d'adresse.

On sait, par exemple, qu'en 1942, il donna une conférence devant un cercle d'officiers allemands, pour leur expliquer ce qu'était l'arme atomique et quels étaient les moyens de la fabriquer. Or, on peut

se demander si une telle conférence était bien opportune. Par ailleurs, quand il était allé en 1941 au Danemark, alors occupé, pour rendre visite à son ami Niels Bohr, Heisenberg tint un discours confus ; il était, selon lui, allé expliquer à Bohr qu'il tentait de ralentir la recherche allemande, mais il s'y prit si mal que Bohr, furieux, fut persuadé du contraire !

On ne peut résumer ce livre d'une passionnante richesse. Terminons donc sur une hypothèse déconcertante : c'est qu'en son for intérieur, Heisenberg n'a jamais vraiment cru à la possibilité de fabriquer une bombe atomique. La base de cette hypothèse est la suivante : quand, en 1945, l'Allemagne avait été vaincue et que les Etats-Unis venaient de lancer une bombe sur Hiroshima, plusieurs atomistes allemands, dont Heisenberg lui-même, étaient internés (confortablement) à Farm Hall, près de Cambridge.

Les Anglais avaient pris la précaution de bourrer leurs quartiers de microphones. Quand la nouvelle de Hiroshima fut annoncée, on entendit Heisenberg chuchoter passionnément que c'était "du boudin", parce qu'il croyait impossible que les Américains eussent réussi à obtenir assez d'uranium pur pour fabriquer une masse critique. Or, Hahn, présent, se rappelle formellement que Heisenberg avait, en effet, utilisé ces termes-là.

Il en ressortirait que Heisenberg se donna officiellement les gants d'avoir bloqué la fabrication d'une bombe allemande, alors que, plus prosaïquement, il la croyait impossible à réaliser... G.M.

Claude-François Baudez
**Jean-Frédéric
Waldeck, peintre**
**le premier
explorateur des ruines
mayas**

Hazan, alb., 200 p., 195 F.

Idée originale que celle de consacrer un livre à ce géant viennois ou pragois d'origine, francisé, et qui, en 1825, part explorer le Mexique avec sa famille. C'est un peintre qui, jusqu'alors, avait eu pour mission de recopier pour publication les relevés des fresques et monuments de la région de Chiapas, au Mexique, effectués par un explorateur espagnol, Del Rio. Waldeck était gêné par le caractère "monstrueux" des relevés originaux ; il alla donc y voir sur place.

Voir, c'est façon de parler, et l'affaire est riche d'enseignements : ses propres relevés, fondés partiellement sur ceux de Del Rio, vont interpréter et parfois fausser gravement les œuvres originales. En toute innocence, il voit des ornements, des plissés, des mouvements de bras, des gestes qui n'existent pas, mais qu'il reconstitue sur la base de sa culture classique occidentale. Ses représentations de statues colossales, par exemple, sur le temple du Devin, à Uxmal, sont de pures inventions. Néanmoins, les relevés de Waldeck restent précieux, parce que les œuvres qu'il représente ont souvent disparu : ces faux témoignages sont aujourd'hui les seuls qui nous restent.

Belle leçon d'épistémologie en archéologie, en ethnologie et en histoire, que nous offre ce livre : les témoignages des premiers voyageurs sur des peuples inconnus furent "normalement faussés". G.M. ▶

DECOUVREZ LE NOUVEAU CATALOGUE DE L'OUTILLAGE CREATIF !



36
pages
tout en
couleurs!

05 00 90 16
NUMERO VERT
APPEL GRATUIT



Pour ceux et celles
qui ont des idées
au bout des doigts :
bricoleurs, modélistes,
passionnés de
micro-mécanique...
Voici le nouveau
Catalogue
TEC'LOISIRS !

1, rue Lamartine 67460 SOUFFELWEYERSHEIM

Veuillez m'envoyer gratuitement
le nouveau catalogue TEC'LOISIRS
Nom
Prénom
Adresse complète
Tél.
S.V. 09-93

DIPLOMES DE LANGUES

anglais allemand espagnol italien

Visez européen !

Assurez-vous la maîtrise d'au moins deux langues étrangères, et une compétence linguistique opérationnelle, sanctionnée par des diplômes officiels :

- o Examens européens de langues
- o Chambre de Commerce Etrangères
- o Université de Cambridge

Examens, diplômes, préparation tous niveaux accessible à tous, dans toute la France... Tout est dans la documentation complète (et gratuite !) de :

LANGUES & AFFAIRES, sce 5401
35, rue Collange - 92303 Levallois.

Tél. : (1) 42.70.81.88

suite de la page 163

**Bernadette
Bensaude-Vincent
Lavoisier
Mémoires d'une
révolution**

Flammarion, 445 p., prix non communiqué.

Bicentenaire oblige, encore un Lavoisier. Le début donne le ton ; Bernadette Bensaude-Vincent s'interroge prudemment : si l'on veut s'abstenir de faire de l'hagiographie, il faut se demander si Lavoisier fut vraiment le novateur qu'on a dit, déclencheur de la grande (et tardive) révolution de la chimie. Et de conter l'histoire de l'historiographie de Lavoisier. C'est-à-dire qu'on entre d'emblée dans l'épistémologie.

Début légèrement contrariant, il

faut le dire, car il semble inspiré par les prémisses suivantes : ou l'on est révolutionnaire ou l'on n'est pas grand-chose. Ce qui signifierait que la chimie moderne n'aurait pas commencé avec Lavoisier.

Or, cette démarche semble négliger le service immense que Lavoisier, assisté de Laplace, rendit à la chimie : il la débarrassa, par ses travaux de calorimétrie, de la "théorie calorique" et de la "théorie phlogistique", qui postulaient (nous résumons) l'existence d'un fluide indestructible, calorique ou phlogistique. Ce fut ainsi que, plus tard, Carnot put fonder la thermodynamique, et qu'on aborda enfin la physique des gaz et puis la physique moléculaire. Ne fut-ce qu'à cet égard-là, Lavoisier fut bien un révolu-

tionnaire. Et ne parlons pas de ses autres innovations, telles que la pratique des mesures exactes dans l'expérimentation. Lavoisier en eut bien conscience ; d'ailleurs, ses écrits en témoignent, car il reprit à zéro tout ce qu'on avait enseigné jusqu'alors, et nous ne voyons pas que le texte du savant puisse donner à l'auteur des raisons de douter. Là-dessus, l'auteur, poursuit par la définition de ce qu'on appela, dès 1788, "la théorie des chimistes français". Et elle se demande : était-ce une école ? Et qu'est-ce qu'une école ? Est-ce «l'aboutissement logique d'un processus de conversion, ou bien partie prenante du processus créatif de réorganisation d'un champ de savoir et de pratique ?» Au cha-

pitre suivant, Bensaude-Vincent se lance dans l'histoire du mot "révolution". Ce qui paraît le plus clair dans ces questions, c'est le plaisir de poser des questions, dont la pertinence n'éblouit pas toujours. Car il est bien beau de contester son rôle de révolutionnaire à Lavoisier, si c'est pour l'accorder à Stahl, père du phlogistique de triste mémoire et pour déclarer encore, après avoir incité à "relativiser" Lavoisier : «A trop goûter les vertus immenses du thème de révolution-rupture [...] on a fini par isoler l'activité scientifique de son histoire et de l'ensemble de la culture [pp.416-417]». Qu'est-ce à dire, si ce n'est que Lavoisier ne serait que le produit de son époque ? Pareille tautologie ne sert qu'à jeter un doute

E=M6, dimanche à 10h30 et mercredi à 15h.

**Si science sans conscience
n'est que ruine de l'âme,
que dire de
la science sans humour ?**

**SCIENCE
& VIE****Souriez, vous êtes sur M6.**

inutile sur les intuitions géniales et les mérites du savant. Ce n'est certes pas que ce livre soit sans mérites : les exposés du contexte des travaux de Lavoisier, ainsi que ceux des accueils qu'on leur fit en Europe sont toujours intéressants, parfois passionnantes, et bien décrits. Les connaissances de l'auteur en chimie y sont mises en valeur, et l'on doit, dans l'ensemble, louer Bensaude-Vincent pour l'immense travail de recherche dont elle offre ici le fruit. Ce livre est indispensable à tout chercheur qui reprendrait l'histoire de la chimie.

Les regrets sont d'autant plus vifs que l'auteur n'a pas mieux pris ses distances à l'égard d'un appareil idéologique à la mode. Notamment quand elle tente de démontrer que Lavoisier ne fut pas le "positiviste" (injure suprême) qu'en crut. Après s'être moquée du discours ampoulé d'un Dumas, en 1836, elle écrit, et l'on entend sa réprobation, que «Lavoisier est devenu le canon du savant positiviste.» D'abord, il est bien commode de railler aujourd'hui le positivisme, qui permit à la science de supporter l'assaut de la superstition, et l'on se demande ce qu'on dira demain des structuralistes et des déconstructionnistes. Ensuite, le concept de "science positive" date du XVIII^e siècle et l'influence du positivisme comtien, débutait à peine en 1836. Cette querelle est frivole et anachronique.

Et l'on ne peut que rester perplexe à la lecture de phrases telles que : "Les chimistes n'ont jamais fini de refouler leur passé." Ce livre, si riche en mérites et vertus, évoque donc une jolie fille mal et inutilement maquillée.

G.M.

Jean-Marie André et Marie-Françoise Baslez **Voyager dans l'Antiquité**

Fayard, 594 P., 180 F.

Pélerinages mis à part, le contemporain imagine malaisément que les gens des premiers siècles de notre ère, voire d'avant, aient voyagé. Comment ? A pied ? A cheval ? En galère ? Long et difficile, périlleux aussi. Et, pourtant, l'on voyagea beaucoup, et le grand mérite de l'ouvrage de Jean-Marie André et de Marie-Françoise Baslez est de le rappeler et d'expliquer pourquoi, comment et vers où.

Les raisons n'étaient certes pas les mêmes qu'aujourd'hui. Par exemple, si les récues de la Grèce archaïque faisaient avec leurs officiers la tournée des sanctuaires, c'était «pour prendre conscience du tracé et de l'étendue du territoire qu'ils auraient à défendre». Ceux qui suivirent Alexandre, eux, le faisaient à titre militaire. Cela ne signifie pas que les grands déplacements n'étaient qu'utilitaires, car à la même époque, Pythéas, Grec de Marseille, entra dans l'Atlantique par le détroit de Gibraltar, les Colonnes d'Hercule comme on les nommait, monta jusqu'à la Bretagne, l'Irlande et la mystérieuse Thulé, qui était soit l'Islande, soit les îles Féroé.

L'instinct d'exploration existait aussi, rien de neuf sous le soleil, et plus d'un navigateur affronta les mers sous divers prétextes, commerce, éducation et formation, qui justifiaient sans doute les frais, mais n'étaient pas le moteur essentiel de l'expédition.

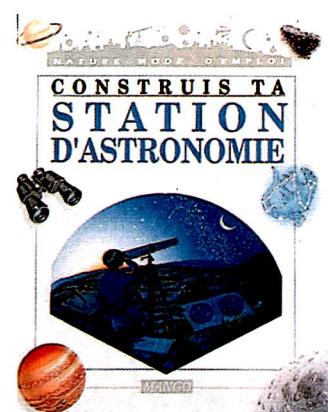
Les Romains, eux, voyageaient dans le monde méditerranéen, essentiellement hellénistique, poussant parfois plus loin et recueillant sur leur passage des légendes fantastiques.

On voyageait surtout à pied, mais aussi à cheval ou, si le trajet n'était pas trop long, en litrière ou en voiture attelée, et les péages existaient aussi bien qu'aujourd'hui, ainsi que l'interdiction faite aux chariots lourds de circuler après le lever du soleil et avant la dixième heure, pour ne pas incommoder les citadins par le bruit et l'encombrement...

L'ouvrage que voilà est extrêmement riche d'informations, toutes détaillées de façon claire, et assorti de quelques cartes et illustrations utiles. Il est consacré au monde gréco-romain, et quand on en mesure l'étendue, on conçoit sans peine que les auteurs s'en soient tenus à un domaine limité.

Souhaitons qu'ils veuillent bien, dans un prochain ouvrage, aborder les voyages dans les autres parties du monde. Car les Polynésiens, les Africains, les Asiatiques voyageaient aussi, et l'on serait surpris par l'ampleur de leurs pérégrinations.

G.M.



et des conseils pratiques. Rien ne manque et tout est réussi.

Aux antipodes des ouvrages qui, cherchant à donner beaucoup d'informations encyclopédiques, confondent simplification du langage et clarté des idées, ce livre ne donne à comprendre que l'essentiel ; ce qui est immédiatement expérimentable ou, quand il s'agit d'expériences pratiques, réalisable. Rotondité de la Terre, différence entre le jour et la nuit, enchaînement des saisons : l'explication scientifique est à la portée de tous.

En ce qui concerne le ciel nocturne et l'observation astronomique, le ton devient résolument pratique : construis une lunette astronomique, observe et dessine la Lune, construis un cadran solaire, deviens chasseur de météorites ou encore fabrique un jeu de sept familles des constellations.

A la fin du livre, des tableaux et un mini lexique constituent une révision pour tous ceux que la lecture de cet ouvrage aura passionnés. Quant au ciel, il appartiendra réellement à ceux qui auront mené à bien toutes les réalisations pratiques proposées par Guillaume Cannat.

J.-F.R.

Guillaume Cannat **Construis ta station d'astronomie**

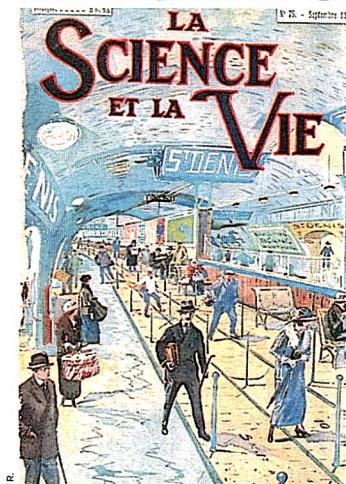
Éditions Mango, 48 p., 55 F.

C'est exceptionnel de pouvoir enfin conseiller un ouvrage d'initiation à l'astronomie véritablement conçu et adapté pour les enfants (à partir de 8 ans, signale l'éditeur). L'entreprise était une gageure : des textes courts, des dessins vraiment explicatifs

Science & Vie ILYA...

Par Bruno Jacquot

... 70 ANS



Septembre 1923

«Bientôt des trottoirs roulants à Paris ? En 1900, lors de l'Exposition universelle, un trottoir roulant reliait le Champ de Mars aux Invalides. Les édiles parisiens ont ramené cette question du trottoir roulant sur le tapis. Un concours a été ouvert, 38 candidatures ont été reçues.»

... 30 ANS

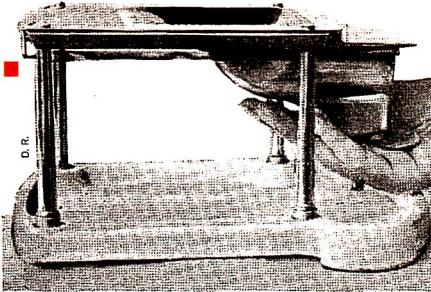


Septembre 1963

«Soudure à l'arc sous l'eau, ou le sport au service de la technique. Les plongeurs français de la SOGETRAM ne cessent de battre de nouveaux records.»

Il rend la monnaie commodément

«Les piécettes sont jetées dans la cuvette supérieure. Pour s'en emparer, on saisit avec la main renversée le godet placé à l'aplomb de la cuvette et on tire vivement à soi. Les pièces tombent alors d'elles-mêmes dans le creux de la main. Si, par hasard, il en échappait une, elle tomberait dans le socle creux de l'appareil.»

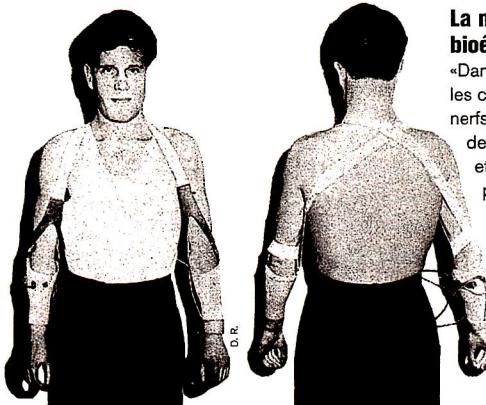
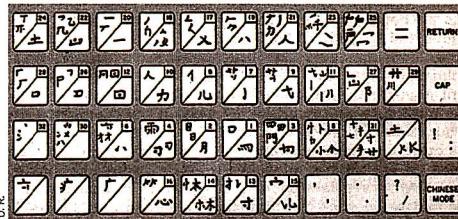


Le Pluviose, arroseur automatique

«Il suffit d'un seul homme pour manœuvrer le volant qui commande l'arrivée de l'eau dans l'appareil arroseur automatique. L'eau actionne une petite turbine qui assure le mouvement du chariot.»

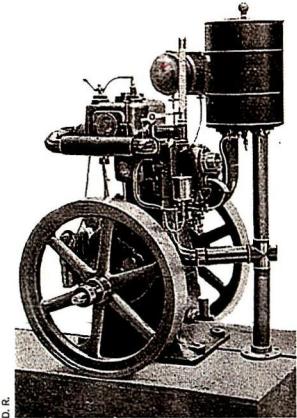
Le chinois n'a plus de secret pour les machines

«L'invention par IBM de ce clavier à 45 touches a rendu possible la mise au point de la machine à traduire le chinois. Mais elle peut également permettre la réalisation d'une machine à écrire, la Sinowriter.»

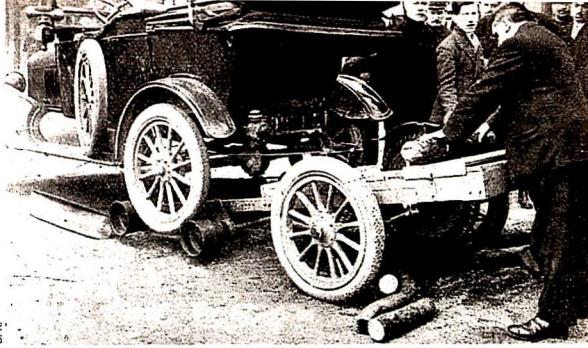


La main bioélectronique

«Dans cette main artificielle, les courants véhiculés par les nerfs sont captés au niveau des muscles de l'avant-bras et amplifiés, puis traduits par un intégrateur qui transforme le "programme" musculaire en "programme" à portée de la mécanique.»



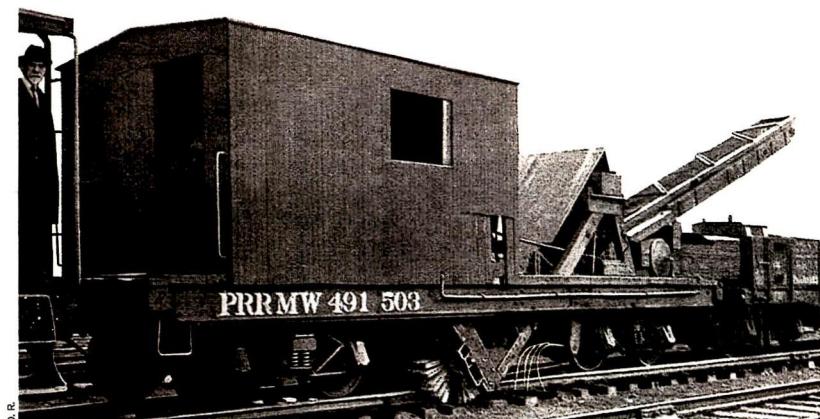
Un moteur à naphtaline
«Imaginé par M. Léon Noël, ce moteur à naphtaline est basé sur le principe de la gazéification à basse température. Il évite la dissociation du combustible et assure une marche remarquablement douce ainsi qu'une souplesse de fonctionnement beaucoup plus grande qu'avec n'importe quel autre carburant.»



D.R.

Une remorque avec scie circulaire

«L'auto, mise en marche arrière, remonte sur les plans inclinés de la remorque, et ses deux roues arrière viennent se placer sur les galets pour actionner la poulie commandant la scie par une courroie.»



D.R.

Balayeuse mécanique pour voies ferrées

«Le balai rotatif, tournant à 100 tours/minute, lance les détritus qui se trouvent sur la voie sur une pelle articulée. Une courroie les emporte dans un wagon.»



D.R.

Le Météotron fait la pluie et le beau temps

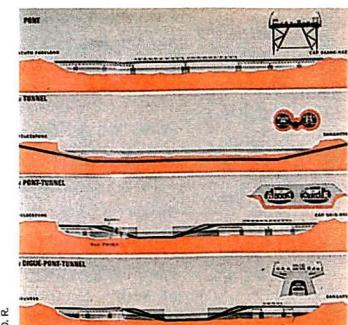
«Avec ses cent brûleurs qui développent une puissance thermique de 700 000 kilowatts, le Météotron du Pr Dessens "crée" des nuages en moins de cinq minutes. L'appareil provoque ainsi des courants ascendants qui attirent la vapeur d'eau vers des zones plus froides où elle se condense.»

Naissance au zoo

«Fait très rare, une femelle orang-outang a mis au monde un petit au zoo de Londres. La mère et l'enfant ont été présentés à la presse. Les photographes devaient porter un masque antiseptique pour raison d'hygiène.»



D.R.



D.R.

La Manche à pied sec

«Nouvelle offensive dans la bataille de la Manche où quatre projets sont maintenant en concurrence : le tunnel patronné par la SNCF et British Railways, le pont métallique soutenu par l'Union routière internationale et les sidérurgistes, le tunnel mixte rail-route de la société constructrice du tunnel du Mont-Blanc, et la digue-pont-tunnel de Camille Rougeron, collaborateur de *Science & Vie*.»

AGENDA

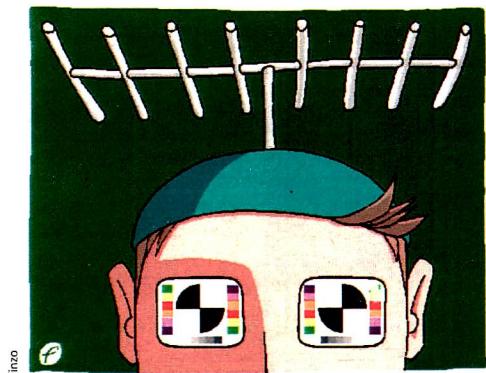
Expositions & Evénements

Eurocomposites et matériaux nouveaux. 6^e salon international des matériaux innovants. Du 20 au 24 septembre au Parc des expositions, BP 55, 33030 Bordeaux-Lac Cedex. Tél. : 16 56 11 99 00.

Le monde de l'enfant. Salon international de la puériculture et du jouet de bébé. Du 4 au 7 septembre au Parc des expositions, Porte de Versailles, 75015 Paris. Tél. : 1 40 16 00 15.

Compartiment cinéma. L'histoire commune du train et du cinéma. Du 15 septembre au 21 novembre à la mairie du V^e arrondissement, 21 place du Panthéon, 75005 Paris. Tél. : 1 42 76 51 03.

Euréka, l'innovation au quotidien. Cette exposition regroupe une soixantaine de projets Euréka, menés par des entreprises et des laboratoires de recherche autour de huit



Antennes. Salon international des professionnels de l'antenne (collective et réseau), du câble et du satellite. Du 22 au 24 septembre au Parc des expositions, Porte de Versailles, 75015 Paris. Tél. : 1 44 39 85 00.

Bis Repetita. Tous les sons des villages d'autrefois. Du 26 au 29 août. Dans le Parc naturel régional du Haut-Jura. Renseignements : 1 45 54 93 48.

Les écrans de l'aventure. Festival international du cinéma d'aventure. Des kilomètres d'images à vous couper le souffle. Du 23 au 26 septembre à Dijon. Renseignements : Guilde européenne du Raid, 11 rue de Vaugirard, 75006 Paris. Tél. : 1 43 26 97 52.

A la Radio

FRANCE-CULTURE :

Perspectives scientifiques. Du lundi au vendredi, de 19 h 30 à 20 h.

– Les 6 et 19 septembre : Les problèmes de peau, par Marie-Odile Monchicourt, avec les professeurs Dagonnet et Escande.

– Le 7 septembre : Les lucioles, par Jacqueline Kelen.

– Le 14 septembre : Le Gingko, par Jacqueline Kelen.

– Les 20 et 27 septembre : Le théorème de Fermat est démontré, par Michèle Chouchan, avec Jacques Tilouine, Luc Illusie, Catherine Goldstein et Jean-Marc Deshouillers.

– Les 21 et 28 septembre : les chauves-souris, par Sophie Pilliods.

Les Portes de Thanatos (deuxième partie). Les mercredis, du 8 septembre au 27 octobre, de 19 h 30 à 20 h.

- Le 8 septembre : Le cerveau explique-t-il tout ? Avec Jean-Pierre Jourdan, médecin, et Dominique Laplane, neurologue.

– Le 15 septembre : Les états de la conscience, avec Pierre Etévenon, électro-encéphalographiste.

– Le 22 septembre : Une conscience supraluminique, avec Régis Dutheil, médecin et physicien, Georges Lochak, physicien, et Brigitte Dutheil, documentaliste.

– Le 29 septembre : Régression et transcendance, avec Boris Cyrulnik et Serge Lebowici, psychiatres et psychanalistes.

La science et les hommes. Le mercredi, de 9 h 05 à 10 h 30.

– Le 8 septembre : Autour du chimiste Antoine Laurent de Lavoisier, par Simone Douek.

– Le 15 septembre : Divergences. Existe-t-il une science de la communication ? par Emile Noël et Philippe Boulanger, avec Lucien Sfez et François Dagogné, professeurs à l'université de Paris I.

– Le 22 septembre : La notion du vide, par Michel Cazenave.

– Le 29 septembre : Artistes et scientifiques/des arts, des sciences et des techniques, par Ruth Scheps et Marc Lachize-Rey.

Colloques & Conférences

Eau et insertion.

Equilibres naturels, équilibres sociaux. Colloque national sur la création d'activités dans l'environnement. Du 21 au 23 septembre. Association Doubs-Rivages, 18 rue Ampère, 25000 Besançon. Tél. : 16 81 50 90 40.

– 24^e congrès international de santé au travail, du 27 septembre au 1^{er} octobre.

Palais des arts, du tourisme et des congrès, 1 esplanade Kennedy, 06302 Nice Cedex. Tél. : 16 93 92 83 00.

Sciences et Citoyens. Les rencontres CNRS d'Arc et Senans. Un dialogue entre jeunes et chercheurs. Du 18 au 19 septembre. Mission de la communication et de l'information scientifique et technique, 15 quai Anatole France, 75007 Paris. Tél. : 1 47 53 12 87.

ET TOUJOURS :

Planète coquillages. Cinq milles coquillages sont présentés par famille (spondyles, latiaxis, pectecs, volutes, etc.) ou par origine (Russie, Japon, Australie, Polynésie), jusqu'au 19 septembre au musée de la Marine, place du Trocadéro, 75116 Paris. Tél. : 1 45 53 31 70.

Septembre au Palais des arts, du tourisme et des congrès de Nice

– 15^e congrès de la société européenne de cardiologie, du 29 août au 2 septembre.

– Cercle d'études dentaires et stomatologiques de la Côte d'Azur, le 9 septembre.

Parents : partez gagnants

Avec "Profession Parents" découvrez
un magazine concret et optimiste.
Une approche résolument nouvelle et positive
du plus beau métier du monde.

Éducation
Écoles
Santé
Loisirs
Rentrée
Avenir - Collèges - Métiers
Lecture - Profs - Sports - Famille
Élèves - Vacances - Adolescence
Dialogue - Lycées - Orientation
Bac - Public/Privé - Débouchés



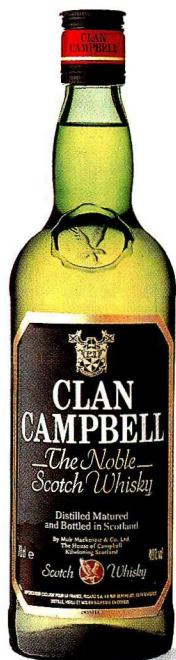
Profession
Devoirs
Études
Enfants
Langues



PARUTION LE 1^{ER} SEPTEMBRE



Monolithes, Ecosse



ICI COMMENCENT LES TERRES DU CLAN CAMPBELL

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTE. CONSOMMEZ AVEC MODERATION.