

SCIENCE & VIE

HORMONES
Bientôt
légalisées



**ALERTE
AUX
SATELLITES
FOUS !**

T 2578 - 941 - 23,00 €



Poulet
**Pourquoi le
cerveau est
musicien**



SATCH & SATCH ADVERTISING

Imprimante HP DeskJet 850C. Des images encore plus percutantes.

La couleur est déterminante pour l'impact de votre communication. En effet, des recherches effectuées à l'université d'Havard ont montré que des documents en couleur ont plus de chance à 40% d'être lus, à 73% d'être compris, et à 85% d'être acceptés. Alors voici la **HP DeskJet 850C**, une imprimante qui vous permet d'obtenir des documents en couleur d'une qualité exceptionnelle.



Les teintes sont intenses et la qualité photo saisissante grâce à la technologie C-REt (Colour Resolution Enhancement technology) et aux encres pigmentées HP. Rapide, la **HP DeskJet 850C** imprime des textes monochromes en 6 pages par minute et des textes et

des graphiques en couleur à la vitesse de 2 pages par minute.



Et au prix où HP vous propose la **HP DeskJet 850C**, vous n'aurez aucune raison de vous priver de documents percutants.

Consultez le 3616 HPMICRO. (1,29 F/mn).



**HEWLETT®
PACKARD**

*6 pages par minute en monochrome,
3 pages par minute en couleur.
600 x 600 points par pouce en monochrome,
300 x 300 points par pouce en couleur.*

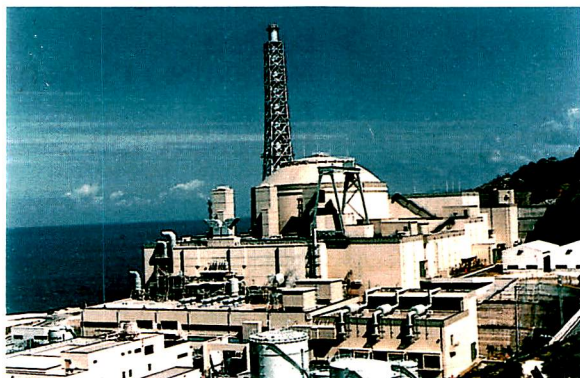
IMPRIMANTES HP, EXPRIMEZ-VOUS.

L'atome a du plomb dans l'aile au pays du Soleil-Levant. Le 8 décembre dernier, le surgénérateur japonais de Monju, situé à 335 km à l'ouest de Tokyo, a dû être arrêté pour cause de fuite dans le circuit secondaire de refroidissement.

Une tonne de sodium s'en serait échappée. Or, ce métal, utilisé comme fluide caloporteur, présente l'inconvénient d'être chimiquement très réactif avec l'air et l'eau – au point qu'il peut s'enflammer ou exploser.

Les Japonais ont débranché la machine infernale, mais pour combien de temps ? Le moins qu'on puisse dire, c'est que la transparence de l'information n'est pas leur fort. Les Nippons sont beaucoup plus prompts à manifester contre les essais nucléaires français dans le Pacifique qu'à informer l'International Event Scale (INES) de la gravité de l'accident. Il semble toutefois que le surgénérateur japonais ne soit pas près de repartir ; mais le programme de construction d'un deuxième réacteur à neutrons rapides est maintenu.

Cet accident pose une nouvelle fois le problème de la rentabilité de la filière des surgénérateurs dans le monde. Cette technologie nucléaire, qui, en théorie, doit produire plus de combustible qu'elle n'en consomme, fut



Le surgénérateur de Monju, au Japon, a dû être arrêté à cause d'une fuite de sodium.

Nucléaire La fin des surgénérateurs ?

présentée à sa naissance comme la panacée des sources d'énergie.

Or, on ne peut que constater l'échec cuisant des ingénieurs dans ce domaine. En France, le surgé-

nérateur Superphénix de Creys-Malville n'en finit pas de redémarrer : il n'a fonctionné que douze mois en huit ans. La mission de Superphénix est désormais d'essayer de brûler les déchets nucléaires les plus encombrants, tels que les actinides, tout en produisant (accessoirement) de l'électricité.

Ce changement d'objectif embarrasse la France, car ses partenaires financiers ne croient plus du tout à la rentabilité de la filière. Superphénix est exploité par la Nersa, un consortium détenu à 51 % par EDF, mais aussi à 33 % par les Italiens (ENEL) et à 16 % par la SBK, qui regroupe les Allemands, les Belges et les Néerlandais. Avec les deux installations nucléaires de l'ex-URSS (le BN-350 de Chevtchenko et le BN-600 de Bielyarsk), il ne reste donc plus que trois surgénérateurs en marche dans le monde : une espèce en voie de disparition. Il est temps maintenant d'investir dans la recherche de nouvelles sources d'énergie les crédits consacrés à la surgénération déclinante.

S & V

SCIENCE & VIE

n° 941 • février 1996

1 rue du Colonel-Pierre-Avia
75503 Paris Cedex 15
Tél. : 1 46 48 48 48
Fax : 1 46 48 48 67

Recevez Science & Vie chez vous. Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 151. Vous pouvez aussi vous abonner par minitel en tapant 3615 ABON. Organigramme p. 136.

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

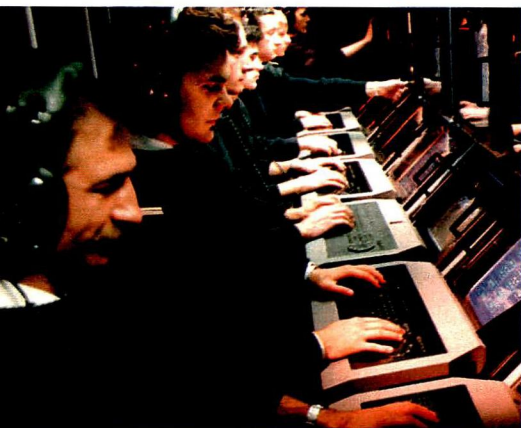
J. Heister - R. Scofield/AGFA



■ A 7 000 années-lumière de la Terre, *Hubble*, le plus grand reporter de l'espace, s'est penché sur le berceau d'une cinquantaine d'œufs cosmiques en train d'éclore.

p. 40

■ Les sous-marins nucléaires sont quasiment indétectables, donc invincibles. La détection acoustique permet cependant de les repérer. p. 100



ACTUALITÉ

- **recherche** 6
- **environnement** 14
- **technologie** 22
- **médecine** 30
- **balise** 32
Nucléaire : l'exception française
- **focus** 34
L'hépatite fait peur



EN COUVERTURE

ALERTE AUX SATELLITES FOUS ! 61

LES POUBELLES DE L'ESPACE .. 62

SURVEILLER LES POUSSIÈRES
DU CIEL 69

LA MENACE EXTRATERRESTRE .. 71

CAHIER PHOTOS

Voyage au centre
des cellules 74

ENQUÊTE

Hormones : l'Europe
en mauvaise posture 84

Les mobiles de la fraude 90

HISTOIRES

APOLLO 13
Chronique d'une catastrophe
évitée 94

RENDEZ-VOUS

quotidien : La macrophoto instantanée	114
l'expérience : Lumière et conduction électrique . . .	120
énigmes : Ces mythes qui nous abusent	122
astronomie : Quel jour sommes-nous ?	124
échecs : Mauvaises surprises	126
invention : Achetez votre avion en kit !	127
forum : Les chasseurs en embuscade	128
médiathèque : La science autrement	132
rétro : Il y a 70 ans	137
cyberscope : Internet : les premiers pas	138
index 1995	154



G. Namur/Explorer

■ Marco Polo n'aurait jamais mis les pieds en Chine ! Autrement, aurait-il pu "ignorer" la Grande Muraille, le thé et la calligraphie ? Enquête 700 ans après les faits. **p. 80**

FUTURS

La planète de la faim	140
L'énergie tombée du ciel . . .	148
► c'est déjà demain	152

■ Découverte en 1941, la technique d'immunofluorescence est à la biologie ce que fut à la photographie le passage du noir et blanc à la couleur. Elle permet de voir au flash l'intérieur des cellules. Une extraordinaire exploration du corps humain. **p. 74**

ET AUSSI...

ASTRONOMIE

Hubble a vu naître les étoiles 40

GÉOPHYSIQUE

Les volcans
en garde à vue 48

SCIENCES COGNITIVES

Le cerveau musicien . . . 52

HISTOIRE

Marco Polo : voyageur
en chambre ? 80

DÉFENSE

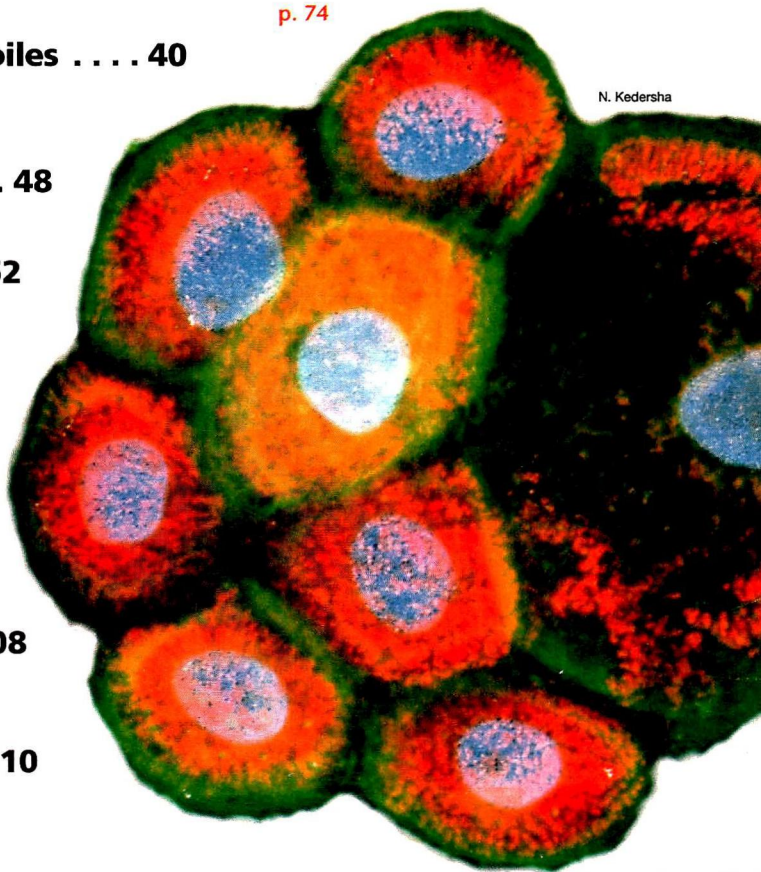
La rumeur traîtresse
des sous-marins . . 100

TECHNOLOGIE

Une "imprimante"
en 3D ! 108

TÉLÉCOM

Peut-on espionner
les GSM ? 110



N. Kedersha



PUBLICIS CONSEIL L 0584

3615 3616
RENAULT

Nouvelle gamme Espace à partir de 134 900 F. A.M. 96 prix tarif au 21/01/96 déduction faite de la Prime Qualité

Tous ceux qui n'ont pas
découvert le
NOUVEAU MONDE
en *1492*
vont **POUVOIR** le *faire*
MAINTENANT.

Il est si bien équipé le Nouveau Monde de Renault, que l'on dirait l'Amérique: en série airbag conducteur, conditionnement d'air, sièges avant pivotants, radio k7 4x15 Watts avec commande sous le volant, 2 motorisations (essence ou turbo diesel). On comprendrait que vous ayez envie de vous prendre pour Christophe Colomb et d'être le premier à le découvrir.



ESPACE NOUVEAU MONDE

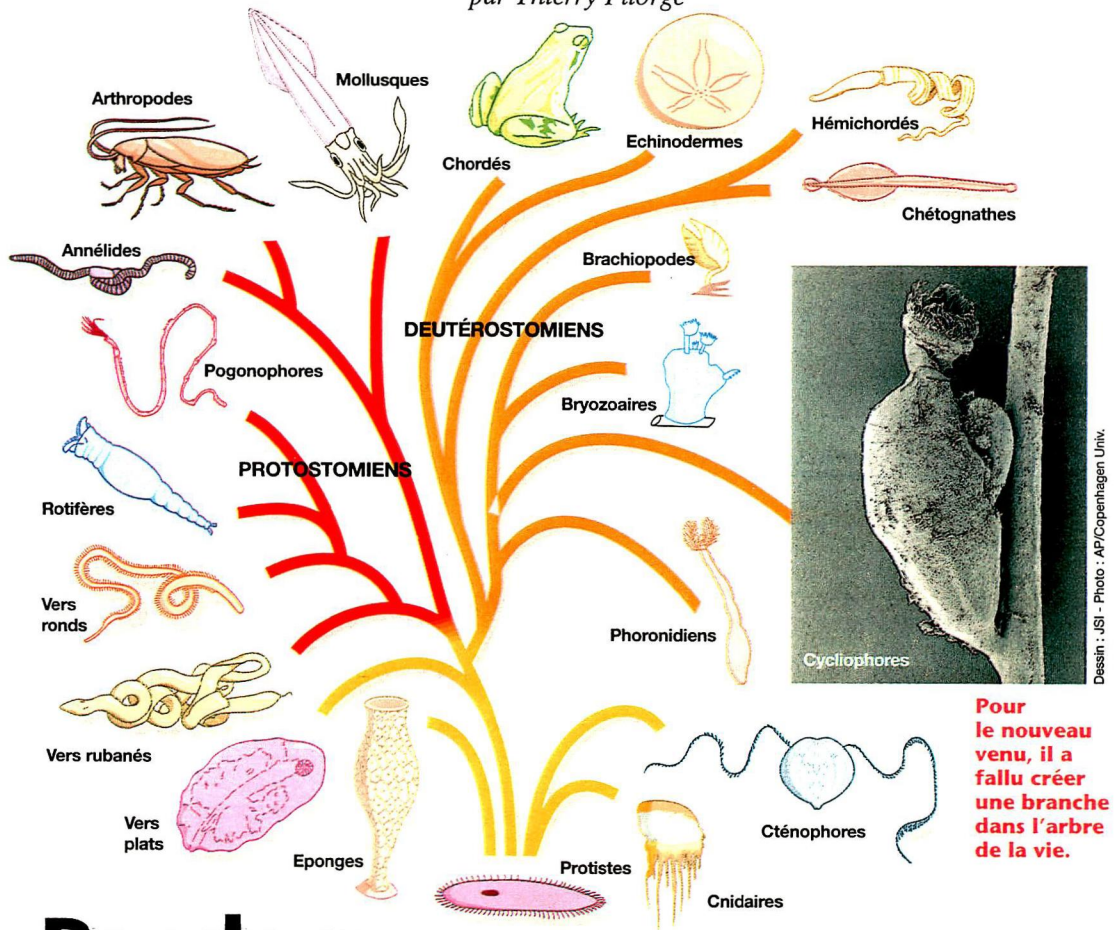
On n'a Jamais été aussi
Bien sur **TERRE** que *Dans* l'**ESPACE**



RENAULT
L'ES
VOITURES
A VIVRE

ACTUALITÉ RECHERCHE

par Thierry Pilorge



Pandora et les langoustines

Microscopique, il ne prend pas de place...
sauf dans la classification des animaux, qu'il a
fallu élargir pour lui. *Symbion pandora* vient-il
d'ouvrir la boîte d'organismes nouveaux?

On vient de découvrir les vertébrés ! Non, bien sûr. Mais presque. Bien que l'animal soit microscopique, l'événement n'en est pas moins de taille. Ce petit être de

350 µm de long et de 110 µm de large prolifère sur les appendices buccaux des langoustines.

Qu'a-t-il donc d'extraordinaire ? A lui seul, il constitue un phylum nou-

veau, les cyclophores, au même titre que les mollusques, les arthropodes ou les chordés (dont les représentants les plus connus sont les vertébrés). Baptisé *Symbion pandora*

par ses découvreurs, deux zoologistes de l'université de Copenhague (Danemark), il ressemble à un sac surmonté d'une bouche circulaire couronnée de cils qui, par leurs mouvements, attirent les aliments. Le tube digestif, replié en U, se termine par un anus situé près de la bouche.

Mais le plus étonnant est sans doute son cycle, qui lui a valu le nom de *pandora*. En effet, l'animal décrit par les chercheurs, fixé et asexué, contenait un "bourgeon" aussi équipé d'une bouche en couronne et d'un tube digestif, et

deux amas cellulaires considérés comme des embryons. Selon les auteurs, pendant son stade fixé, l'animal procède au renouvellement complet de tout son équipement : appareil buccal, tube digestif et système nerveux. Il se multiplie alors de manière asexuée par une larve, baptisée pandore, et finit par former d'abondantes colonies sur les crustacés.

Pour que la vie sexuelle se réveille, il faut que la langoustine s'apprête à muer. A l'approche de ce moment fatidique, les individus fixés produisent des larves sexuées, mâles ou femelles. Le mâle, nain (80 μ m de long environ), vient s'installer sur un animal portant en son sein une femelle. Fécondée, celle-ci s'évade pour se fixer sur le même hôte. L'œuf qu'elle contient donne une larve, dite chordoïde, qui prend à son tour sa liberté et s'installe sur un nouvel hôte. Elle se met à s'alimenter, grossit; en elle se développent des bourgeons... Et le cycle recommence.

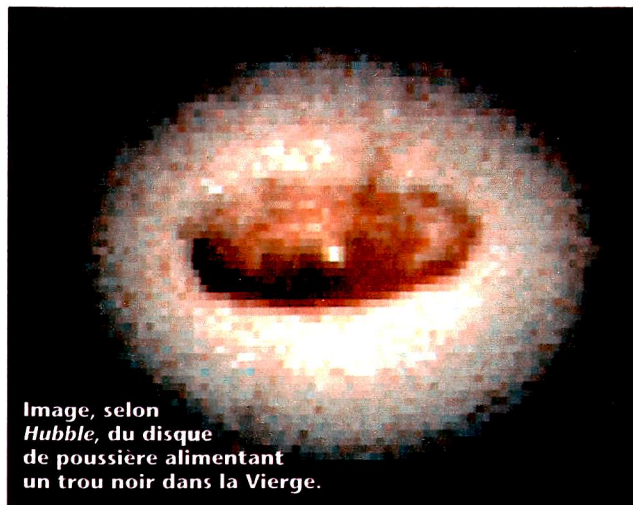
La taille de ces animaux explique sans doute qu'on ne leur ait pas prêté attention plus tôt. Pourtant, ils pourraient bien exister depuis le Cambrien – il y a plus de 500 millions d'années –, qui vit une formidable explosion de toutes sortes d'animaux, comme si la nature "essayait" tous les plans possibles et imaginables, quitte à en abandonner la majeure partie par la suite. Peut-être reste-t-il donc à découvrir d'autres plans d'organisation, d'autres phylums.

ASTRONOMIE

Vision d'un trou noir...

« **N**ous tenons là l'une des preuves les plus patentes de l'existence des trous noirs dans l'Univers », a déclaré Laura Ferrarese, en annonçant la découverte d'un astre compact et obscur, niché au cœur de la galaxie NGC 4261 dans la constellation de la Vierge. Lors d'une conférence de presse à Paris en novembre dernier, l'astronome de l'université Johns Hopkins de Baltimore (Maryland) a estimé que son équipe avait détecté, au moyen du télescope spatial *Hubble*, la « signature gravitationnelle inimitable » d'un objet super-massif, absorbant sa propre lumière, au centre de cette galaxie elliptique située à 100 millions d'années-lumière de la Terre.

Une première image prise en 1992 par *Hubble* alors "myope", avait révélé la présence d'un disque de



Image, selon *Hubble*, du disque de poussière alimentant un trou noir dans la Vierge.

L. Ferrarese/John Hopkins Univ./Nasa

poussière de 800 années-lumière de diamètre, aussi massif que cent mille soleils, au centre de NGC 4261. Cette structure géométrique avait aussitôt été interprétée comme un tourbillon de matière tombant en spirales sur un trou noir géant. Les nouvelles mesures obtenues à l'aide de l'instrument

"guéri" confirment l'existence, dans la région centrale du disque, d'un objet concentrant une quantité de matière équivalente à 1,2 milliard de soleils. En outre, le colosse en question apparaît cinq mille fois trop peu lumineux pour être constitué d'un amas d'étoiles brillantes.

Conclusion : il s'agit d'un authentique trou noir super-massif, troisième du genre identifié par le télescope spatial. Les chercheurs vont bientôt pouvoir se lancer dans une étude "démographique" de ce type d'objets fabuleux, prédits par la Relativité d'Einstein.

Première énigme à résoudre : le cœur noir de NGC 4261 est décalé de 20 années-lumière par rapport au centre exact du disque et de la galaxie hôte. Un phénomène mécanique qui apparaît comme un défi à l'entendement des astronomes. F. G.

MANUSCRITS DE LA MER MORTE

LA QUÊTE CONTINUE

• Des archéologues israéliens ont découvert quatre nouvelles grottes à Qumran, sur les rives de la mer Morte, à proximité de celles où avaient été trouvés les premiers rouleaux en 1947. Ils ont donc décidé de se lancer à la recherche de nouveaux manuscrits, qui

pourraient compléter le puzzle des débuts du christianisme, toujours sujet à controverse.



Nathan Ben-David/Cosmos

PHYSIQUE

Masse des neutrinos : suspense à Chooz



Gronenberger/REA

Une centrale nucléaire démarre, des neutrinos disparaissent, une énigme de la physique est résolue ?

La masse des neutrinos, c'est l'Arlésienne de la physique des particules : tout le monde en parle, mais personne n'arrive à savoir si elle existe ou non. Les chercheurs de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules comptent sur la nouvelle centrale nucléaire, de 8,4 gigawatts, de Chooz dans les Ardennes, pour enfin résoudre l'énigme.

Ce réacteur nucléaire, dont la seconde tranche doit être mise en service dans le courant de 1996, émettra en effet, lors de son démarrage, un nombre colossal de neutrinos : à chaque seconde, il se produira 15.10^{20} fissions, éjectant chacune 6 neutrinos en moyenne. Les scientifiques ont décidé de profiter de cette manne en installant un détecteur de neutrinos à 1 km de la centrale et, pour être à l'abri des rayons cosmiques, à 200 m sous terre.

Comme on connaît le

nombre de neutrinos émis et l'infime pourcentage de ceux qui réagissent, on sait combien on devrait en détecter. D'après la théorie, s'ils ont une masse, les neutrinos doivent "osciller"

en changeant d'espèce, devenant impossibles à détecter. Si l'on en trouve moins que prévu, ce sera que certains se seront métamorphosés. Et la preuve qu'ils ont une masse. H. G.

LES SUFFRAGETTES DE L'ÂGE DU FER

● Au IV^e siècle avant Jésus-Christ apparaissent, dans les tombes celtiques, des sépultures féminines de haut rang. Les corps y sont accompagnés de colliers en or et de coupes rituelles. Pour Bettina Arnold, de l'université du Minnesota, cette accession des femmes à des fonctions dominantes, serait dû au départ de leurs époux, partis combattre les peuplades méditerranéennes. Les femmes n'ont pas attendu la Première Guerre mondiale pour tenir le rôle des hommes.

ÉTHOLOGIE

LE CRI ANTI-COCUFIAGE

● C'est l'éternelle inquiétude des mâles : ils sont toujours en train de se demander s'ils sont bien les pères de leurs enfants. Pour augmenter les chances qu'il en soit ainsi, le mâle de l'écureuil de Formose fait croire à ses concurrents qu'il a repéré un prédateur

(chat, rapace ou serpent) dans les parages, en poussant le cri d'alarme approprié. Paniqués, les écureuils du voisinage se plaquent contre une branche, essayant de se faire le plus discret possible. Ils restent ainsi pendant plus d'un quart d'heure. Cette tactique évite à

l'auteur de l'alarme que les mâles voisins tournent un peu trop près de sa femelle, qu'il garde ainsi près de lui. S. D.

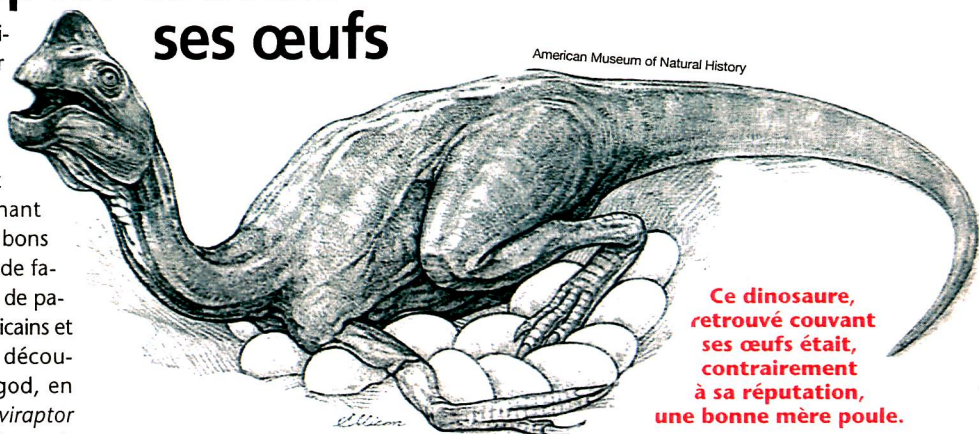


L. Croisson

PALÉONTOLOGIE

Oviraptor couvait ses œufs

Son nom latin signifie "voleur d'œufs", mais cette mauvaise réputation s'est déjà effondrée. Et voici que maintenant *Oviraptor* joue les bons pères (ou mères) de famille : une équipe de paléontologues américains et mongol vient de découvrir, à Ukhaa Tolgod, en Mongolie, un *Oviraptor* fossile installé sur des œufs dans une position identique à celle d'un oiseau en train de couver. Et les œufs en question sont apparemment les siens : de 18 cm de long sur 6,5 cm de large, ils ressemblent en tous points à ceux trou-



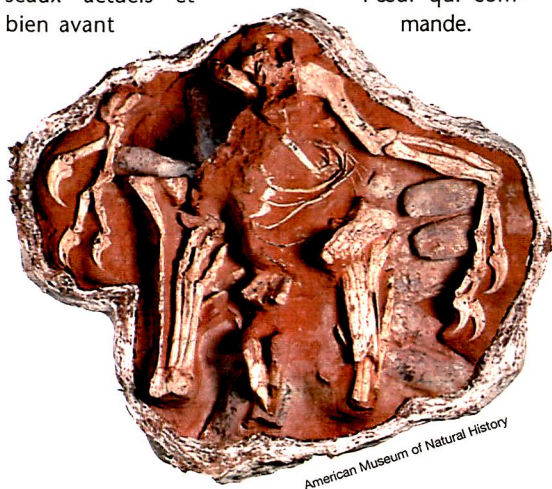
Ce dinosaure, retrouvé couvant ses œufs était, contrairement à sa réputation, une bonne mère poule.

vés associés à d'autres squelettes d'*Oviraptor*, et à un œuf dans lequel se trouvait un embryon fossile de cette espèce.

L'animal était assis sur ses œufs à la manière des oiseaux modernes : les pattes postérieures repliées parallèlement, les pieds posés sur les œufs, les membres antérieurs, tournés vers l'arrière, enveloppant la couvée. Les œufs, au nombre d'une vingtaine (ce qui est typique des oviraptorides), ont manifestement été disposés en deux cercles concentriques par leur géniteur, le gros bout tour-

né vers l'intérieur du nid. Bref, tout indique qu'étaient réunis, chez un dinosaure qui n'a rien à voir avec la lignée des oiseaux actuels et bien avant

ceux-ci, des comportements de soins aux œufs étrangement similaires. Mais après tout, que l'on soit reptile ou oiseau, c'est l'œuf qui commande.



LES GÉNÉTICIENS PERDENT LA TÊTE

● Jusqu'où iront les généticiens ? Leur dernière prouesse a été de produire des souris acéphales, en mettant hors circuit un gène homéotique, *Lim 1*, qui contrôle à lui tout seul le développement de la tête chez l'embryon. Les chercheurs soupçonnent ce gène d'avoir un équivalent chez l'homme. A quand une petite expérience pour s'en assurer ?

PHYSIQUE

La renaissance de l'antimatière

L'équipe du professeur Oelert, au laboratoire européen du CERN, vient de créer les premiers atomes d'antimatière. Neuf anti-hydrogène, qui ont vécu 40 milliardièmes de seconde...

A l'image de l'hydrogène "normal", formé d'un élec-

tron gravitant autour d'un proton, l'anti-hydrogène contient un anti-électron tournant autour d'un anti-proton. Une possibilité qu'ont toutes les particules : même masse avec une charge opposée (voir *Science & Vie* n°909, p. 48). Mais la rencontre de matiè-

re et d'antimatière conduit à un anéantissement total. L'existence de l'univers est donc le résultat d'un "choix" de la nature, au moment du big bang, en faveur exclusive de la matière. Les physiciens viennent de redonner vie à sa sœur ennemie... R. I.

BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

L'horloge qui fait PER-TIM

C'est celle qui règle nos rythmes de vie. Une équipe américaine vient en effet de montrer que, chez la drosophile, la synthèse et le stockage des protéines PER et TIM, codées par les gènes corres-

pondants per (pour période) et tim (pour *timeless*, éternel), se faisaient selon des cycles bien précis de vingt-quatre heures.

A midi, la synthèse des deux protéines commencent. Le pic de production

est atteint au crépuscule. Se forment alors des complexes associant les deux molécules, qui permettent l'entrée de PER dans le noyau de la cellule. Peu avant l'aube, les gènes cessent de commander la

synthèse des protéines, qui commencent à se désintégrer. Et à midi commence un nouveau cycle. Les chercheurs s'attendent à trouver un processus similaire chez l'homme. S. R.

GÉOPHYSIQUE

Plus ça penche, moins ça tremble

Deux géologues, le Chilien Jaime Campos, de l'université de Santiago, et l'Américain Christopher Scholz, de Columbia, viennent de proposer un modèle affiné des tremblements de Terre reposant sur la théorie de la tectonique des plaques.

L'écorce de la Terre a, dans sa partie supérieure, la physionomie d'un jeu de taquin. Sur une centaine de kilomètres d'épaisseur, elle est morcelée en une douzaine de plaques qui se déplacent les unes

par rapport aux autres. Ces plaques se forment à partir du volcanisme des dorsales médio-océaniques, grandes chaînes de montagne sous-marines. Ce matériau d'origine volcanique s'ajoute sans arrêt au plancher des océans; mais celui-ci ne s'étend pas pour autant, car les plaques réintègrent les profondeurs de la Terre dans des zones de subduction. Là, une plaque plonge sous une autre. Et la friction qui en résulte est à l'origine de séismes.

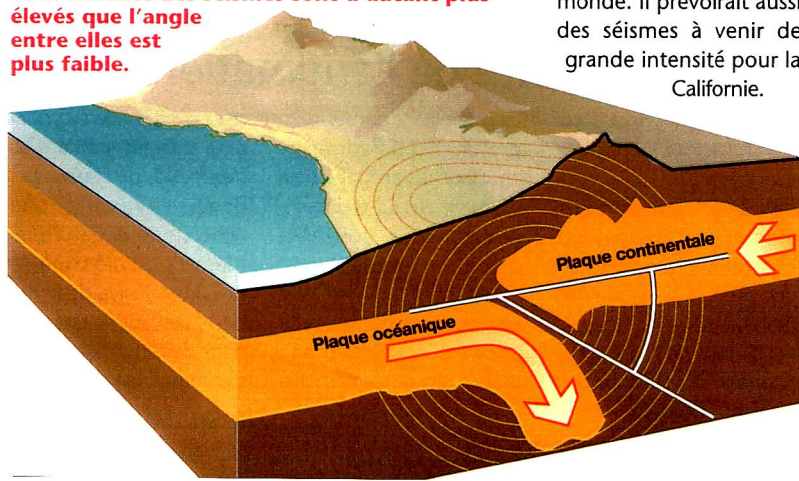
D'après les deux scientifiques, la probabilité et l'intensité de ces tremblements de terre dépendent de l'angle de plongement de la plaque inférieure. Plus la plaque ploie et s'enfonce profondément dans le manteau terrestre, moins la zone de friction entre les deux plaques est étendue, et plus le risque de tremblement de terre diminue. Les tensions qui s'exercent à ces endroits se situent généralement à plus grande profondeur. Les séismes y sont donc moins nombreux et de plus faible intensité qu'à l'aplomb des zones de subduction où l'angle de plongement est faible.

Ce modèle expliquerait 80 % du comportement des 29 zones de subduction répertoriées dans le monde. Il prévoirait aussi des séismes à venir de grande intensité pour la Californie.

LA BACTÉRIE SE MOQUE DES RADIATIONS

● *Deinococcus radiodurans* porte bien son nom : elle peut survivre à des radiations ionisantes atteignant jusqu'à 60 000 fois la dose mortelle pour l'homme. Bien qu'une telle irradiation réduise en miettes son ADN, la bactérie parvient à recoller tous les morceaux – dans le bon ordre! – en un laps de temps compris entre douze et vingt-quatre heures. De telles intensités radioactives n'existent pas dans la nature. En fait, *D. radiodurans* a mis au point ce mécanisme de réparation pour lutter contre une autre agression faisant voler en éclats l'ADN : la déshydratation. Une adaptation peut en cacher une autre... S. R.

Lorsqu'une plaque océanique glisse sous une plaque continentale, le risque et la violence des séismes sont d'autant plus élevés que l'angle entre elles est plus faible.

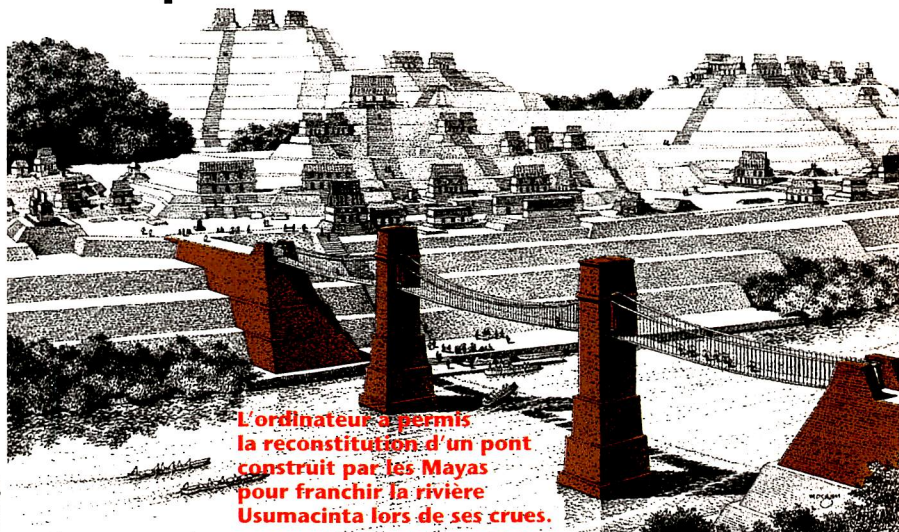


DRÔLE DE FAMILLE!

● D'après des biologistes de l'université de Wisconsin-Madison, tous les arthropodes – groupe d'animaux à "pattes articulées", qui inclut aussi bien les mille-pattes que les crabes, les araignées ou les insectes – ont un ancêtre commun. Ils possèdent en effet tous un même assemblage de gènes gouvernant la formation des membres. Autrement dit, il est plus facile de modifier un programme génétique déjà existant que d'en créer un nouveau.

ARCHÉOLOGIE

Plus près de vous, mes dieux...



D. Morgan

L'ordinateur a permis la reconstitution d'un pont construit par les Mayas pour franchir la rivière Usumacinta lors de ses crues.

Deux piles de pierres situées au milieu de la rivière Usumacinta, près de l'ancien site maya de Yaxchilán, au Mexi-

que, auraient supporté un pont suspendu. C'est ce que rapporte James O'Kon, un ingénieur des ponts et chaussées

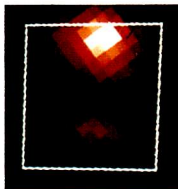
d'Atlanta, en Géorgie.

Celui-ci a résolu l'énigme que posaient ces piles en combinant, sur son ordinateur, ses propres observations de terrain, des photos aériennes et des cartes historiques. Le pont devait franchir la rivière en trois enjambées d'une portée totale de 180 m, permettant aux agriculteurs et aux citadins habitant de l'autre côté de rejoindre le site sacré de Yaxchilán, même lorsque l'Usumacinta était en crue. Que ne ferait-on pour que le bon peuple puisse faire ses offrandes aux dieux!

ASTRONOMIE

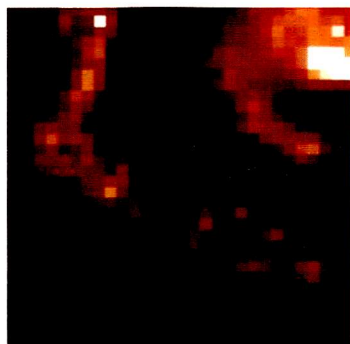
LES CHIENS DE CHASSE À LA LOUPE

● Le télescope Iso se devait de révolutionner les observations en infrarouge : dès sa première image, une partie de la galaxie spirale des Chiens de chasse M 51 située à six millions d'années-lumière de la Voie lactée, sa précision est deux fois supérieure aux attentes. Bien qu'encore traitée et analysée partiellement, la photo (à droite) révèle déjà mille fois plus de détails que le satellite IRAS (le prédécesseur d'Iso) n'en avait perçu il y a douze ans au même endroit (à gauche.). Deux tronçons de bras spiraux et le



noyau central (en haut, à droite) de la galaxie sont visibles, des taches brillantes correspondent à des amas de jeunes étoiles très chaudes. Dès ce mois-ci, les astronomes pourront scruter en détail planètes, étoiles et galaxies dans leurs aspects les moins connus.

F. G.



CEA-ESA

36 15

SCV

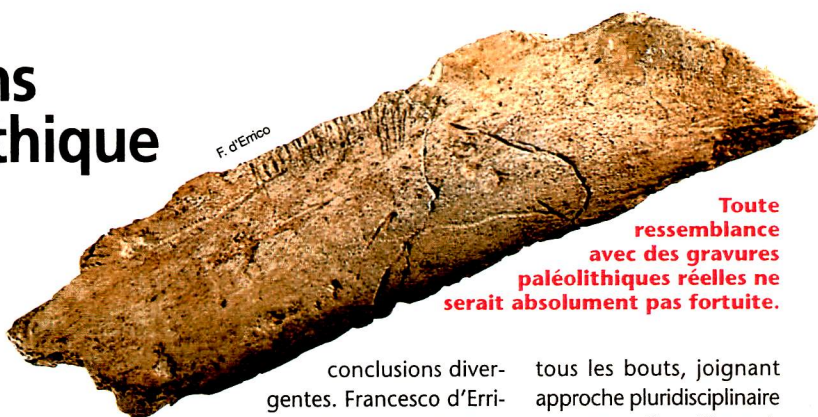
Questions / réponses
à la rédaction
(sous 24 ou 48 heures,
selon complexité).

ARCHÉOLOGIE

Un os dans le paléolithique anglais

L'un des très rares vestiges d'art paléolithique trouvés en Angleterre est un faux ! Découverte en 1911 par deux écoliers dans une carrière près de Sherborne, la côte gravée, déposée au British Museum en 1939, avait enthousiasmé plusieurs spécialistes mais semblé

louche à d'autres. Les observations et analyses réalisées jusqu'en 1980 avaient en effet toujours abouti à des



Toute ressemblance avec des gravures paléolithiques réelles ne serait absolument pas fortuite.

conclusions divergentes. Francesco d'Errico, de l'Institut du Quaternaire à l'université de Bordeaux I, et ses collègues britanniques ont attaqué le problème par

tous les bouts, joignant approche pluridisciplinaire et appareils d'investigations variés.

La datation, par spectrométrie de masse par accélérateur (AMS), du carbone 14 encore présent dans l'os, révèle que la côte provient probablement d'un cheval mort entre la fin du XIII^e et le début du XV^e siècle. Si la patine et certaines altérations de la surface sont dues à l'enfouissement prolongé de l'os et non à un "maquillage", les traits gravés ne ressemblent en rien à ceux obtenus en attaquant un os frais avec un outil de pierre et ne contiennent aucun dépôt sédimentaire. Autrement dit, ils ont été réalisés après l'exhumation de l'os.

Mais par qui ? Par des savants anglais, pris dans l'atmosphère d'incrédulité et d'enthousiasme de cette époque découvrant que les "primitifs" de la préhistoire étaient capables d'art ? Ou par les écoliers, voulant faire une bonne blague à leur professeur passionné de paléontologie ? Ils venaient en effet d'étudier avec lui l'os gravé de Robin Hood Cave, trouvé quelques années auparavant, et auquel ressemble étrangement celui de Sherborne... C. C.

CHIMIE

Une molécule en forme de pneu

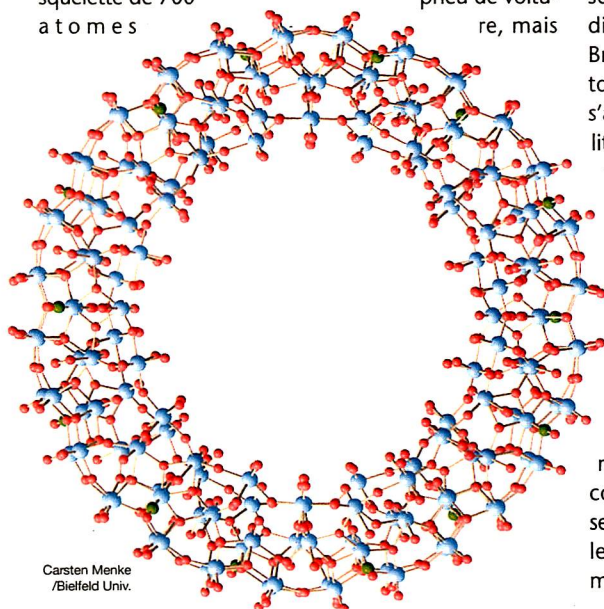
Le laboratoire de chimie inorganique de l'université de Bielefeld (Allemagne) vient de créer le premier... pneu moléculaire. Il s'agit de la plus grande molécule inorganique (dépourvue d'atomes de carbone) jusque-là synthétisée par l'homme. Formée d'un squelette de 700 atomes

(154 de molybdène, 532 d'oxygène, 14 d'azote) garni de centaines d'atomes d'hydrogènes, elle mesure 3 nm de diamètre (3 milliardièmes de mètre).

L'engouement pour ce type de molécule ne vient pas de sa ressemblance – toute relative – avec un pneu de voiture, mais

de ses propriétés électrochimiques. En effet, elle fait partie de la catégorie des "pièges moléculaires", fortement prisée dans l'industrie chimique et pharmacologique. Sa cavité intérieure pourrait servir à capturer et transporter d'autres molécules, à séparer deux molécules différentes ou à les unir. Bref, un véritable laboratoire miniature. A cela s'ajoute sa parfaite solubilité dans l'eau, caractéristique rare pour une molécule de cette taille.

Enfin, se situant par sa taille à la frontière entre la molécule et le "morceau" de matière, elle devrait permettre aux chercheurs de comprendre comment certains phénomènes (magnétisme, conduction électrique...) se transmettent de l'échelle atomique à l'échelle macroscopique. R. I.



Carsten Menke
/Bielefeld Univ.

OCÉANOGRAPHIE

L'Ifremer en campagne

Pour la première fois, des océanologues vont étudier la dorsale Pacifique-Antarctique dans l'océan Austral par 60° S. Une telle expédition, dans des conditions pour le moins éprouvantes (les vagues dépassent parfois 15 m de haut et les vents 100 km/h), est lancée par l'Ifremer (Institut français de recherche et d'exploration de la mer).

Du 3 janvier au 20 février, *L'Atalante*, son navire océanographique, explorera près de 6 000 km de la chaîne sous-marine. C'est

la seule région du Pacifique où la plaque océanique ne plonge pas, sur ses bords, sous une plaque continentale dans une zone de subduction. En outre, le mode de formation de la croûte océanique y est très différent de celui qui est à l'œuvre dans le Pacifique Nord, et des données altimétriques fournies par les satellites *Géosat* et *ERS-1* suggèrent que des phénomènes agissent en profondeur sur la mise en place de la croûte en surface. Combinées aux résultats sismologiques fournis par l'Institut de physique du globe, les renseignements sur le magnétisme, la morphologie et la bathymétrie récoltés lors de cette campagne devraient permettre de comprendre ce qui se passe en-dessous des dorsales médio-océaniques, à l'intérieur de la Terre. ■

● **Ont collaboré à cette rubrique :**
Isabelle Bourdial,
Catherine Chauveau,
Stéphane Durand,
Frédéric Guérin,
Hélène Guillemot,
Roman Ikonicoff,
Sylvie Rivière.

L'Atalante, navire océanographique de l'Ifremer, est partie explorer la dorsale océanique dans l'océan Austral.



G. Vincent

Après le BAC, 59F



BG/GGT

Si vous n'avez pas d'idée pour votre avenir, l'Onisep en a plus de 400 pages.

Guide Après le Bac de l'Onisep, en vente 59F dans tous les kiosques et dans tous les points de ventes Onisep.



TOUTE L'INFORMATION SUR LES ENSEIGNEMENTS ET LES MÉTIERS

Oui je commande un exemplaire de "Après le Bac, réussir ses études". Je joins un chèque de 59F (franco de port).

Nom, prénom.....

Adresse.....

Code Postal..... Localité.....

13 A retourner avec votre règlement à

ONISEP DIFFUSION BP 86 24145 Toulon cedex

ACTUALITÉ

ENVIRONNEMENT

par Didier Dubrana



Ne dérangez pas les baleines...

Scientifiques et écologistes ont passé un accord en Californie : les ondes sonores qui seront envoyées dans le Pacifique pour mesurer le réchauffement des eaux ne devraient pas troubler les mammifères marins !

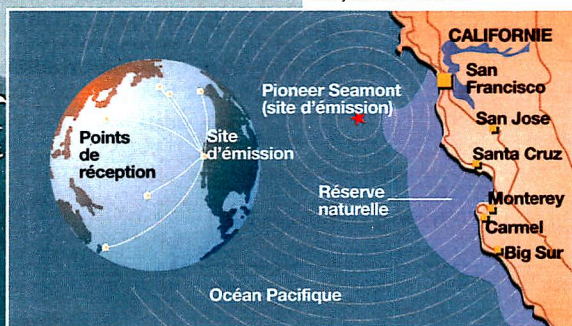
Après dix-huit mois de litiges et de débats acrimonieux sur ses répercussions écologiques, un grand projet de recherche scientifique

commence au large des côtes de Californie (voir *Science & Vie* n° 890). Il s'agit d'émettre des sons dans le Pacifique pour évaluer le réchauffement

des eaux dû à l'effet de serre. L'étude de la transmission du son dans l'eau permet en effet d'évaluer ce changement de température, car les ondes sonores se propagent plus vite dans l'eau chaude que dans l'eau froide. En plaçant des récepteurs à une distance déterminée du lieu d'émission, il sera facile de détecter un éventuel accroissement de la vitesse de propagation de l'onde à chaque nouvelle mesure.

La Scripps Institution of Oceanography (SIO),

responsable du projet, a cependant dû accepter de faire quelques compromis. A l'origine, il était prévu de "cracher" des décibels quotidiennement dans l'océan pendant un an. Cette idée a soulevé au sein des multiples lobbies de protection des mammifères marins des houles de protestation, qui ont paralysé l'expérience. Les mammifères marins s'orientent grâce à une sorte de sonar ; ils émettent des ultrasons dont ils captent ensuite l'écho pour avoir une idée de la topographie de



Pendant un an, les eaux du Pacifique vont devenir le théâtre d'opérations sonores. Deux jours sur six – afin de ne pas perturber les mammifères marins –, des ultrasons y seront diffusés depuis le site de Pioneer Seamount. L'étude de leur transmission permettra d'évaluer l'influence de l'effet de serre sur le réchauffement des eaux.

F.Gohier/PHO.N.E.

leur environnement (écho-location). Plus l'ultrason est aigu, plus la représentation est précise. Plus l'ultrason est grave, plus sa longueur d'onde est grande, ce qui permet une représentation globale et floue de l'environnement.

36 15
scv

Avec l'ADEME *, tous les chiffres sur le bruit, la pollution, les voitures, les déchets, les énergies nouvelles, etc.

* Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

Les ondes émises par les chercheurs risquent donc de brouiller les repères d'orientation des animaux et de perturber leur comportement alimentaire. Le compromis est le suivant : les décibels ne seront émis que deux jours sur six pour laisser des plages de silence aux mammifères. Le site d'émission choisi est Pioneer Seamount, une masse de roches volcaniques immergée à 90 km de San Francisco. Pendant un an, des observations aériennes seront effectuées tous les mois pour recenser les mammifères marins et guetter leur éventuelle détresse. De plus, des centaines de microphones ont été immergés dans l'océan pour observer le comportement des animaux. Enfin, l'équipe du Dr Costa, de la SIO, est parvenue à fixer des émetteurs radio sur vingt et un éléphants de mer afin de suivre leurs mouvements.

Si, au terme d'une année, il est prouvé que les mammifères ne sont pas dérangés par les ultrasons, le véritable projet pourra commencer. On recueillera alors des données plus complètes à partir d'émissions quotidiennes. E. E.

THERMODYNAMIQUE

Superfluide lave plus blanc

Un nouveau procédé – non toxique – d'élimination des déchets organiques des sols vient d'être mis au point par David Tomasko, professeur de chimie associé à l'université de l'Ohio (Etats-Unis). Ce procédé est fondé sur l'une des caractéristiques thermodynamiques des fluides : la superfluidité.

Un composé est superfluide lorsqu'il n'est ni liquide ni gazeux. Cet état s'obtient en soumettant le composé à de hautes températures et à de fortes pressions. La chaleur a tendance à faire s'évaporer le composé, mais la forte pression l'en empêche ; il se retrouve donc dans un état "mi-figue mi-raisin". Pour l'eau, la superfluidité s'obtient à une température de 374,1 °C et à une pression

de 218,4 atmosphères.

L'avantage des superfluides, c'est qu'ils sont capables de dissoudre des matériaux organiques. David Tomasko a donc eu l'idée d'utiliser du CO₂ superfluide (à partir de 197,4 atmosphères et de 40 °C) sur des échantillons de terres polluées par des composés organiques. Les résultats sont variables : certains polluants sont entièrement éliminés ; d'autres, comme le DDT, ne le sont que partiellement (à 60 %). Le CO₂ faisant partie des composants de l'atmosphère, le procédé n'est pas polluant. Cependant, son utilisation industrielle demande une mise en œuvre complexe et coûteuse. La recherche s'oriente donc vers une optimisation de la technique à moindres frais. R. I.

QUI A MIS SON GRAIN DE SEL ?

● En décembre dernier, la centrale nucléaire de Braud-Saint-Louis, implantée sur les berges de l'estuaire de la Gironde, a été victime d'un sabotage. Un fou s'est amusé à verser 500 g de sel de cuisine dans un réservoir d'hydrazine du réacteur n° 3. Ce dernier a dû être arrêté afin d'éviter la corrosion du circuit secondaire. Bien que l'accident n'ait eu aucune conséquence sur la sécurité des populations avoisinantes, on est en droit de se demander comment un tel acte de sabotage est possible. Voilà qui remet en question la stratégie de sécurité d'EDF sur l'ensemble du parc nucléaire français. A suivre.

AGRONOMIE

Le coton prend des couleurs

2 2 000 hectares de vigne ont été arrachés dans le Languedoc-Roussillon pour répondre aux exigences de la politique agricole commune (PAC). Les céréaliers, eux, doivent geler 10 % des surfaces cultivées. La culture de cotons colorés apparaît comme une solution aux friches, à la "déprise" agricole et à la diversification recherchée en Languedoc-Roussillon, notamment sur le littoral.

La mise en culture d'un hectare de coton revient à environ 12 000 F, et, d'après les résultats enregistrés en fonction des valeurs marchandes, les agriculteurs peuvent en tirer un bénéfice de 6 000 à 8 000 F.

L'obtention de cotons naturellement colorés se réalise par sélection de gènes dominants. On utilise un plant parent

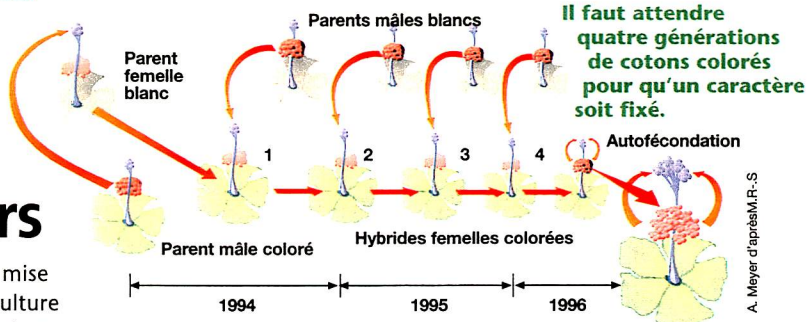
femelle blanc et un plant mâle coloré en ne gardant que la descendance colorée durant quatre générations, durée nécessaire pour fixer le caractère choisi. Les couleurs obtenues restent pastel (brun, vert, rose). Les recherches continuent pour obtenir du bleu, du mauve et du gris. La France, à la différence de

l'Espagne et de la Grèce, ne dispose d'aucune culture de coton blanc. Elle ne court donc pas de risques de transferts de gènes par les insectes pollinisateurs intervenant dans la fécondation (dans la nature le cotonnier n'est pas une plante autogame - qui s'autoféconde).

Ce projet, développé par le Centre de coopération internationale de recherche agronomique pour le développement (CIRAD), a lieu dans le cadre du XI^e plan Etat-région. Il est soutenu par la Direction régionale de l'agriculture et de la forêt (DRAFF), la chambre d'agriculture régionale et le Conseil régional.

Il pourrait aboutir au lancement d'une production grandeur nature sur 1 500 ha, encore loin derrière les Etats-Unis, premier producteur mondial avec 7 000 ha semés en 1994 (voir *Science & Vie* n° 921, p. 139). Les premières récoltes utilisables par l'industrie sont prévues pour 1997. Cette production haut de gamme de produits finis 100 % naturels intéresse surtout l'Europe du Nord.

C. R.

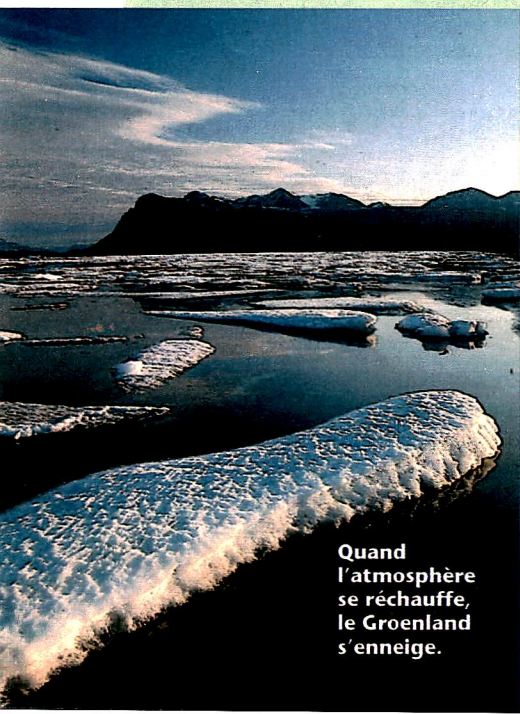


CLIMATOLOGIE

L'EFFET DE SERRE GLACE LE GROENLAND

■ A première vue, l'effet de serre ne fait ni chaud ni froid au Groenland. Alors que la température de la planète se réchauffe, l'île se couvre d'environ 15 cm de glace supplémentaires chaque année (2 m depuis 1980). Telle est la découverte de Kenneth Jezek et son

équipe (Ohio State University), qui ont sondé la glace au laser pendant plus de dix ans. Bien que paradoxal, ce phénomène confirme les modèles mathématiques sur l'effet de serre, qui prévoient une intensification des précipitations dans les hautes latitudes au fur et à mesure que l'atmosphère se réchauffe. Ce qui ralentit l'élévation du niveau de la mer, et pour cause : le redoublement des chutes de neige sur le Groenland provient de l'évaporation de l'eau de mer. L'accumulation de glace des dix dernières années correspond à une diminution du niveau des océans de 2 mm. E. E.



Quand l'atmosphère se réchauffe, le Groenland s'enneige.

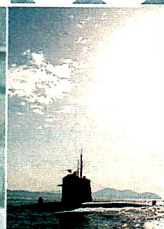
R. Valler/PHOTON



Marine Nationale

Service d'Information sur les Carrières de la Marine

Une expérience humaine professionnelle hors du commun



plus de
30 métiers

timonier
transfiliste
radariste
détecteur
manoeuvrier

pilote
d'aéronautique
navale

électro-
technicien
mécanicien

fusilier marin
marin pompier

météorologiste
guetteur
sémaphorique ...



Parlons

en... 05 111 777

appel gratuit jusqu'au 31 mars

BIOTECHNOLOGIE

Le colza transgénique peut-il polluer ?

La phase d'expérimentation des colzas transgéniques est passée à la vitesse supérieure. Trois sites d'observation ont été mis en place dans les environs de Dijon, de Châlons-sur-Marne et de Toulouse, pour surveiller, trois ans durant, leur comportement en champ, au milieu d'autres cultures. Ces variétés, semées en septembre 1995, seront récoltées en août prochain. Elles sont toutes résistantes à un des trois herbicides non sélectifs suivants : le glufosinate (de la société Agrevo), le glyphosate (de Monsanto) et le bromoxynil (de Rhône-Poulenc

La culture des colzas transgéniques sera sous surveillance pendant trois ans.

agrochimie). Une fois l'herbicide épandu, seul le colza survivra – dans un champ tout "propre".

Encore faut-il évaluer l'avantage de ce "désherbage", ses modalités, et quelques points annexes d'importance : le pollen de colza transgénique se disperse-t-il ? Féconde-t-il des plantes crucifères adventices (moutardes, roquettes, sanves, ravenelles...) ? Y a-t-il des repousses résistantes, qui deviendraient de super-mauvaises herbes dans les cultures suivantes (blé, betterave ou maïs), obligeant à utiliser un nouveau programme de désherbage ? Autant de questions auxquelles il faudra savoir répondre avant que ces variétés soient mises en vente (').

Les résultats d'une étude semblable, menée en Ecosse par le Scottish Crop Research Institute (?), ne présagent rien de bon : des expérimentations en champ (jusqu'à 10 hectares de surface, alors que les parcelles expérimentées en France ne font qu'un hectare) ont montré que la densité de pollen transgénique dans l'air à 100 m du champ atteignait 69 % de celle enregistrée au bord du champ. C'est bien plus que ne le laissent supposer des études antérieures à plus petite échelle. A suivre...

M.-L. M.

(1) Participent à cette expérimentation des industriels, des instituts techniques (AGPM, ITB, ITCF et CETIOM), et les centres de recherche INRA et CNRS.

(2) *New Scientist*, 11 novembre 1995.

60 EXPERTS RENDENT LEUR COPIE

● Ce n'est pas tous les jours qu'un magazine consacré aux problèmes d'environnement fête ses



150 ans ! Né en 1845, sous le titre les Annales des chemins, l'Environnement magazine s'adresse aux décideurs des collectivités locales et de l'industrie. Pour marquer l'événement, le mensuel publie un numéro spécial (161 pages, 35 F, exceptionnellement disponible en kiosque), qui aborde avec sérieux et originalité les problèmes d'aujourd'hui et de demain. Il fait appel à un nombre impressionnant d'experts, de Ségolène Royal au Dalaï-Lama, en passant par Alain Lipietz et Jacques Testart.



P. Biron/Jacana

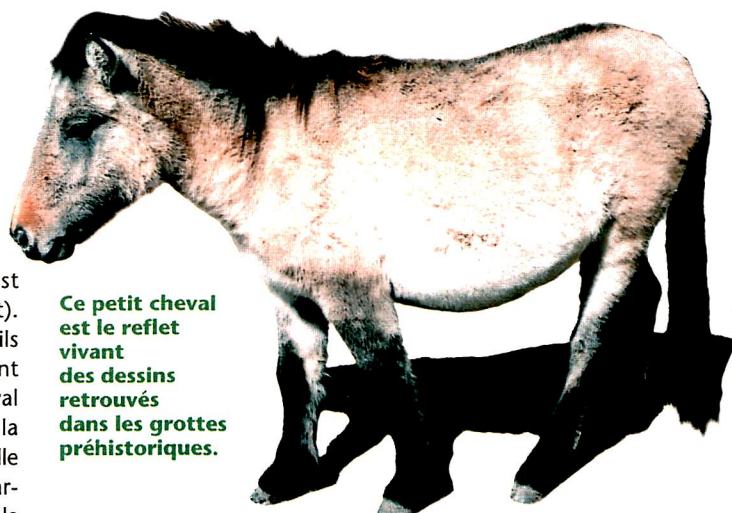
DÉCOUVERTE

Au galop depuis la préhistoire

Un cheval récemment découvert au Tibet serait-il le survivant d'une lignée qui remonte à la préhistoire ? Partis pour ramener des spécimens d'une race de magnifiques pur-sang (qu'il avait identifiée en 1993, au royaume de Nangchen), l'anthropologue français Michel Peissel et ses cinq compagnons revenaient bredouilles. L'hiver précoce les oblige à modifier leur itinéraire. Ils franchissent un col à 5 000 m d'altitude et aboutissent dans la vallée inexplorée de Ri-

w o c h e (Centre-Est du Tibet). Soudain, ils remarquent un cheval nain, à la robe isabelle (beige) barrée de noir le long du dos. La tête, surmontée d'une crinière en brosse, rappelle celle d'un âne. Peissel et le vétérinaire Ignasi Casas font aussitôt le rapprochement : cet animal primitif, isolé des siècles durant dans cette vallée perdue,

Ce petit cheval est le reflet vivant des dessins retrouvés dans les grottes préhistoriques.

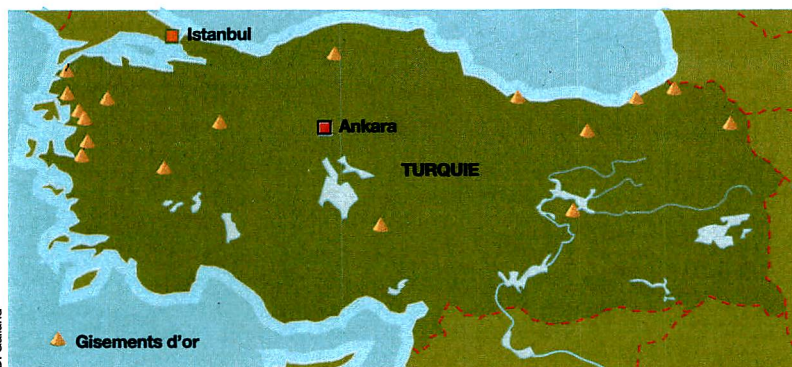


M. Peissel

ressemble comme un frère aux chevaux peints dans les grottes préhistoriques.

Malgré l'interdiction des autorités chinoises, les chercheurs ont effectué

des prises de sang, dont l'analyse devrait indiquer les liens de parenté entre ce "fossile vivant" du Tibet et ses cousins préhistoriques. A. D.



D. Galland

POLLUTION

Le pays de l'or sale

Depuis 1980, la demande mondiale en or n'a cessé d'augmenter, de sorte que l'exploitation des gisements de métal jaune, même pauvres, devient rentable. La Turquie se lance dans l'aventure... en dépit de l'opposition de la population.

La technique employée consiste à pulvériser une solution de cyanure sur la poudre de minerai. Pour produire une once d'or (31 g), il faut traiter 9 t de minerai.

Les déchets constituent ensuite une boue toxique. Entreposés dans des bassins à ciel ouvert,

ils laissent échapper des émanations d'acide cyanhydrique et peuvent contaminer les nappes phréatiques. Autre menace : les digues qui entourent ces bassins risquent de se rompre en cas de tremblement de terre, phénomène courant dans la région. A. D. ■

La Turquie risque de payer très cher son or...

L'HOMME TUE SON COUSIN

● Sept gorilles de montagne sont morts au Zaïre en 1995. Il ne reste plus que 600 individus. L'espèce risque fort de disparaître au début du siècle prochain, à cause de la déforestation et de la folie des braconniers.

● Ont collaboré à cette rubrique : Anne Depont, Emmanuelle Eyles, Roman Ikonikoff, Marie-Laure Moinet et Catherine Revault.



• EURO RSCG / BARNETT TSBVA TUNG CƯỜNG

Gold, bière spéciale.

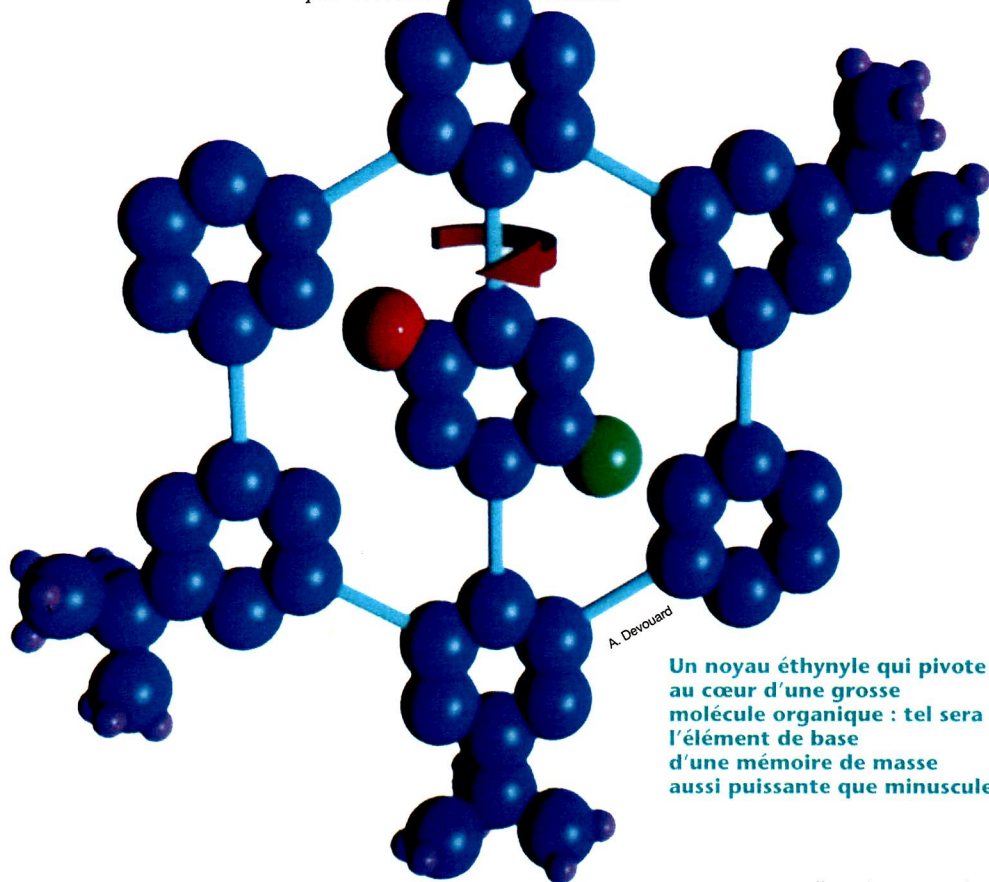


L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR VOUS



A SANTE. CONSOMMEZ AVEC MODERATION.

par Gérard Morice



Un noyau éthyne qui pivote au cœur d'une grosse molécule organique : tel sera l'élément de base d'une mémoire de masse aussi puissante que minuscule.

Une mémoire moléculaire

Un composé organique va-t-il remplacer le silicium ? Un prototype de mémoire binaire à l'échelle moléculaire permet d'envisager le stockage de données sous un volume très réduit.

En suspendant une molécule hydrocarbonnée entre deux points diamétralement opposés d'une chaîne cyclique, deux chercheurs de l'université de l'Illinois (Etats-

Unis), Jeffrey Moore et Thomas Bedard, ont réalisé le prototype d'une mémoire binaire à l'échelle moléculaire. Ce procédé permettrait de stocker des données informa-

tiques sous un volume beaucoup plus réduit que celui des circuits actuels basés sur le silicium.

La cage dans laquelle est suspendue la molécule est obtenue en bouclant sur

elle-même une chaîne de six noyaux organiques. Cette grosse molécule circulaire, dite macrocyle, est ensuite modifiée pour y faire entrer un noyau éthyne ($-C_2H$) qui se lie avec deux noyaux opposés de la cage. Il reste alors suspendu entre les deux sur un axe diamétral autour duquel il peut tourner.

Mais, en fait, il n'a que deux positions stables et peut basculer d'un demi-tour de l'une à l'autre. Ces deux positions seraient le 0 et le 1 de la numération binaire. Si l'on ajoute une molécule polaire au noyau central, le demi-tour du 0 au 1 ou du 1 au 0 peut

être commandé de l'extérieur par un champ électrique. Un vaste réseau de tels éléments ferait donc une mémoire de masse remarquablement puissante pour un encombrement minuscule.

Les deux chercheurs ont tout de suite vu une autre application de ce procédé : l'affichage par cristaux liquides. Chaque fois qu'il fait un demi-tour, le noyau central modifie le plan de polarisation de la molécule dans laquelle il est encagé, et donc sa transparence à une lumière polarisée. Les affichages à cristaux liquides sont basés sur cette variation de transparence, mais, ici, celle-ci serait très rapide alors qu'elle est plutôt lente, on le sait, avec les affichages actuels. R. T.

MÉDECINE

Anesthésie électronique

Balayées, les angoisses de l'anesthésie ! D'ici à un an, les doigts des anesthésistes pourraient être remplacés par une seringue guidée par ordinateur. Ce nouveau système permet de mieux adapter la quantité d'anesthésique aux stimuli que le corps subit pendant l'opération. En effet, si la dose d'anesthésique est trop légère, des procédures telles que l'insertion d'un tube dans la gorge du patient peuvent stimuler une libération d'adrénaline et provoquer un accroissement dangereux de la pression sanguine. Une dose trop forte entraînera, au contraire, la chute

de la tension artérielle.

«Ce sont les premières minutes d'assoupissement qui sont les plus dange-

reuses», explique Richard Upton, chercheur au Royal Adelaide Hospital (Australie), «car les réactions du corps se modifient très rapidement.» Pendant trois ans, Richard Upton et son équipe ont mesuré le flux et la concentration d'anesthésique dans le cerveau et le cœur de moutons. Ils ont ensuite utilisé ces données pour établir des modèles mathématiques à partir desquels ils ont créé un logiciel. Dans quelques mois, le logiciel sera mis à l'essai à l'hôpital d'Adélaïde, et c'est lui qui réglera la vitesse du piston de la seringue. E. E.



F. Rouland

INFORMATIQUE

LE CLAVIER BIEN TEMPÉRÉ

● L'Institut de recherche en informatique de Toulouse (IRIT) et la société toulousaine Teliris ont mis au point une "interface intelligente d'assistance à la saisie informatique". VITIPI - c'est son nom - convient particulièrement à des utilisateurs maladroits ou aux personnes handicapées. Cet outil original, composé d'un boîtier, d'un mini-écran à cristaux liquides et d'un logiciel intégré, se glisse entre le clavier et l'unité centrale de l'ordinateur (PC ou Macintosh). Lorsque l'utilisateur ébauche le début d'un mot, VITIPI sélectionne dans sa mémoire l'ensemble des mots qui s'y apparentent. Au fur et à mesure que l'utilisateur avance dans l'écriture du mot, le système affine sa sélection jusqu'à

ce qu'il ne reste qu'une seule possibilité. Il l'insère alors dans le texte, en corrigeant les fautes d'orthographe. Livré avec un vocabulaire de base de 6 000 mots, VITIPI mémorise les mots nouveaux. Une nouvelle version de ce système pourra être téléchargée par l'intermédiaire du minitel. R. I.



36 15
SCV

Questions / réponses
à la rédaction
(sous 24 ou 48 heures,
selon complexité).

AGROALIMENTAIRE

Combien de bulles dans le champagne ?

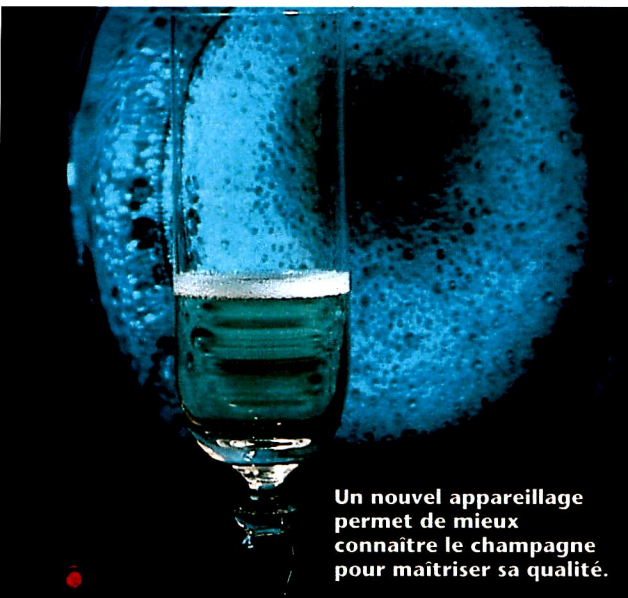
La mousse et les bulles sont les premiers critères de qualité que perçoit le consommateur lorsqu'il s'apprête à déguster une flûte de champagne ou un verre de bière. Leurs caractéristiques ont donc une influence primordiale sur la perception générale du produit. Dans le cas du champagne, bulles fines et collerette stable sont de notables atouts.

La maîtrise – difficile – de ces phénomènes est fondée sur l'empirisme. C'est pourquoi Moët et Chandon et Heineken ont lancé conjointement le projet Bufoam (pour *Bubbles and Foam*, bulles et mousse), qui a reçu le label européen Euréka et mobilisé neuf chercheurs pendant cinq ans. Il comprenait trois grands volets : le développement d'appa-

reillages de mesure, la compréhension des phénomènes chimiques (influence des constituants des produits) et celle des phénomènes physiques (création et destruction des bulles et de la mousse).

Un appareillage de vision artificielle d'un verre de champagne a été développé avec la société Itmi, filiale de Cap Gemini. Il permet une mesure quantitative objective et reproductible de paramètres tels que le nombre et le diamètre des bulles à la surface du liquide, ou la hauteur et la largeur de la collerette. Un autre appareillage de recherche, spécifique à la bière, mesure la distribution de taille des bulles dans la mousse.

Grâce au programme Bufoam, Moët et Chandon et Heineken ont pu quantifier des données concernant l'influence de l'alcool, des protéines et des lipides contenus dans le vin ou la bière. Ce qui va leur permettre de mieux maîtriser la qualité de leur production.



Un nouvel appareillage permet de mieux connaître le champagne pour maîtriser sa qualité.

A. Mangin

SÉCURITÉ

Chaud devant

Le nouveau détecteur de sources de chaleur de la société MSA France est capable de repérer à 3 m de distance un objet chaud de 75 cm de diamètre, dès que sa température diffère de plus de

1,3 °C de celle du milieu environnant. Appareil de poing, le Hotspotter est particulièrement utile aux équipes de maintenance ou de sécurité, pour la recherche de fuites thermiques, d'amorce de

court-circuit ou de tout autre facteur de risque d'incendie. Alimenté par piles, il possède une autonomie de vingt heures en utilisation continue. Il est commercialisé au prix de 1 200 F. H.-P. P.

LES CANCERS DU SEIN SOUS L'ŒIL DE L'ORDINATEUR

● On va pouvoir détecter un plus grand nombre de cancers du sein grâce à un nouvel ordinateur capable de lire les mammographies. L'appareil a été conçu par le Dr L. Giger, de l'université de Chicago. L'interprétation des mammographies est souvent difficile : on estime que de 10 à 30 % des cancers du sein sont indécélables par l'œil humain. Cet ordinateur va permettre de repérer la moitié des tumeurs jusqu'ici indétectées. Son seul défaut : il décèle aussi des tumeurs bénignes. Mais celles-ci apparaissent d'emblée non cancéreuses aux yeux des radiologues. S. M.

CONCOURS

● Les candidatures pour les prix de la Fondation Georges-Poirier (fabricant de matériel médical) sont reçues jusqu'à fin avril 1996, les projets devant être mis au point en juillet. Contact : Christian Chéron, Les Roches, 37230 Fondettes.



Il y a des gens qui prennent
le tennis trop
au sérieux.
Nos chaussures leurs
sont destinées.



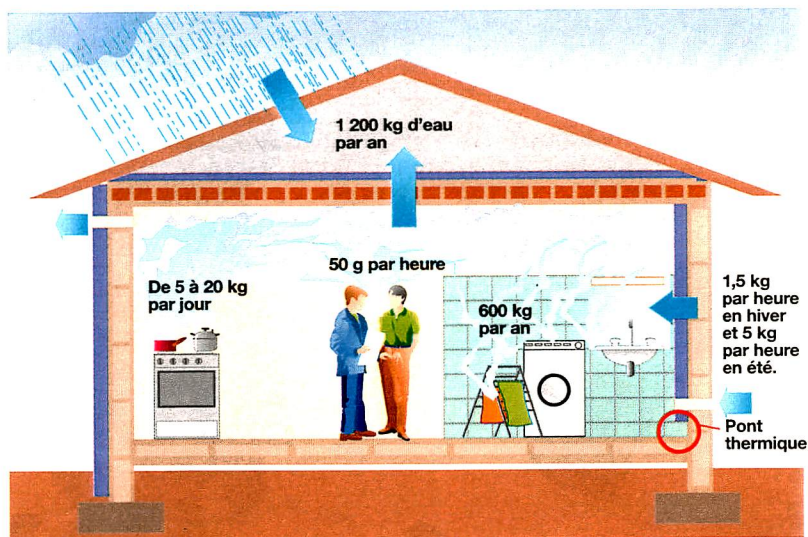
L'Air Alarm est la plus performante et la plus légère de toutes les chaussures que Nike ait jamais fabriquées. Et c'est André Agassi qui les porte, André Agassi qui lorsqu'il était très jeune pensait à tout autre chose qu'au tennis.

BATIMENT

Que d'eau, que d'eau !

Les parois d'une maison reçoivent en moyenne quelque 60 tonnes de pluie chaque année. A laquelle s'ajoute la vapeur d'eau créée par les habitants et leurs activités, soit de 8 à 20 kg par jour pour une famille de quatre personnes. Les matériaux utilisés dans la construction sont aussi le siège d'échanges d'humidité. D'abord, le béton doit sécher. Ensuite, les meubles, les papiers, le linge accumulent et restituent, entre l'hiver et l'été, environ 150 kg d'eau !

Ces résultats surprenants sont le fruit de mesures effectuées par les chercheurs du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) pour prévoir, tout au long de la vie d'un bâtiment, les mouvements d'eau et de



A. Meyer

Les habitations sont le siège d'une intense circulation de vapeur d'eau.

chaleur et pour aider les professionnels à mieux concevoir leurs ouvrages.

Ces impressionnantes quantités d'eau sont en grande partie évacuées par le renouvellement d'air. Se chargeant en permanence d'eau, l'air inté-

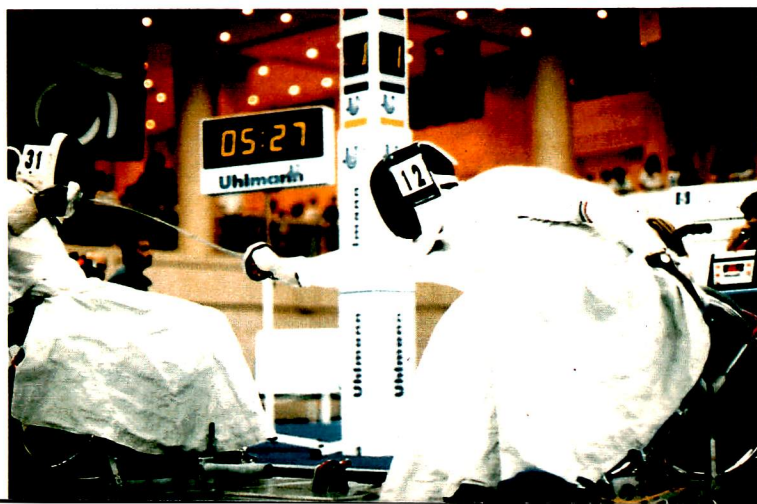
rieur est toujours plus humide que l'air extérieur. Phénomène qui s'accroît en hiver, l'air extérieur, très froid, ne contenant que peu de vapeur. Ce déséquilibre dans les échanges thermiques provoque jour après jour une

accumulation d'eau qui entraîne des moisissures, favorise le développement des acariens et endommage le bâtiment lui-même, en causant des fissures.

ESCRIME : LA BONNE TOUCHE

● 55 ans, paraplégique, titulaire de douze titres de champion paralympique au fleuret et au sabre, également médaillé de tennis de table, André Hannaret vient de recevoir l'un des quatre prix de la Fondation Georges-Poirier. Il a imaginé un nouveau système de fixation des fauteuils en carbone/Kevlar et aluminium (le système actuel est en acier) qui permet aux handicapés de monter eux-mêmes, de démonter et de régler la barre de fixation au sol sur laquelle évoluent les escrimeurs. Il apporte un gain de place pour le transport,

une plus grande facilité d'évolution lors de la compétition et de l'entraînement. Les 40 000 F du prix vont permettre la fabrication d'une série d'appareils destinés aux associations sportives et aux établissements pour handicapés qui ont une section escrime.





La Zoom Super Fly de Nike est une chaussure élaborée en collaboration avec Michael Johnson, dépouillée de tout artifice et dotée de pointes spéciales « piste ». Autrement dit, la Zoom Super Fly n'est pas faite pour marcher, trotter ou courir tranquillement un 100 m en 10"1.

Conçue pour que vous
ne puissiez pas
marcher avec.

NAUTISME

Les bateaux à la trace

MAR-YG est une nouvelle balise "course" portable qui permet de localiser précisément un navire et de retracer sa route antérieure. Ce modèle d'environ 2 kg fonctionne comme une balise ARGOS classique. Il émet un signal continu, qui est capté par l'un des multiples satellites en orbite autour du globe puis "basculé" sur Terre, de trois à cinq fois par jour.

Grande nouveauté : MAR-YG agit aussi comme un GPS (Global Positioning

System), qui intercepte des signaux satellitaires toutes les deux minutes et, par intersection de trois fréquences, calcule la position du bateau à moins de 100 m près. MAR-YG mémorise ces positions. Le satellite qui passe au-dessus du bateau "accroche" deux types de données : la position ARGOS à cet instant précis, plus toutes celles que le

GPS a enregistrées depuis le passage précédent.

On peut ainsi reconstituer la route d'un navire heure par heure, alors que, jusqu'à présent, on ne disposait que d'une ligne

droite tracée entre les deux derniers points détectés par la balise.

Étanche, guère plus encombrante qu'une bouteille d'eau, elle peut accompagner un naufragé sur la coque retournée de son vais-

seau, dans le radeau de survie, voire dans l'eau. Privée de sa fonction GPS, elle émet alors comme une balise ARGOS classique, grâce à ses piles au lithium d'une autonomie d'un à deux mois et demi.

Conçue par l'entreprise toulousaine Collecte localisation satellite (CLS), MAR-YG équipera les bateaux de Grand Mistral, le tour du monde en équipage dont le départ est prévu à Marseille, en septembre prochain. CLS a, en outre, mis au point un "clone" à l'intention des pêcheurs professionnels, MAR G-E, qui transmet à Terre diverses données confidentielles, les quantités de poisson pêché, par exemple. Ce système, affirme la société, a trouvé acheteurs en France, aux Pays-Bas, en Grande-Bretagne et à Taiwan. M. L. ■



La mini-balise portable MAR-YG.

M. Lesure

SALON DES INVENTIONS

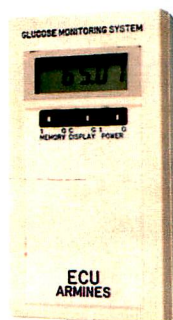
NOTRE INVITÉ À GENÈVE

● Comme chaque année, *Science & Vie* invite au Salon international des inventions, des techniques et des produits nouveaux de Genève (19-28 avril 1996) un inventeur français dont la création a été publiée dans notre journal au cours des douze derniers mois. Cette année, le sort a désigné le Dr Jean-Claude Klein, responsable scientifique du Centre de morphologie mathématique de l'école des Mines de Paris, qui a mis au point un système miniature portable capable de mesurer et d'afficher en permanence le taux de glycémie, et également d'alerter l'utilisateur en cas d'hypo- ou d'hyperglycémie (*Science & Vie* n° 938, novembre 1995). Ce système est testé


depuis plus d'un an par l'Inserm (Institut national de la santé et de la recherche médicale) sur des volontaires diabétiques et non diabétiques. Composé d'un biocapteur de glucose miniature (0,25 mm de diamètre) implanté par le patient lui-même dans le tissu sous-cutané, il est connecté à un minisystème électronique portable qui traite, affiche et stocke les données transmises par le biocapteur (photo). Le Salon de Genève, reçoit, pour sa section française, l'appui des plus hautes

instances technico-économiques.

Renseignements : Monique Vogt, département Innova Diffusion, 1 rue du Colonel Pierre-Avia 75015 Paris, tél. : (1) 46 48 48 66, fax : (1) 46 48 18 64.



● Ont collaboré à cette rubrique : Emmanuelle Eyles, Roman Ikonicoff, Renaud de La Taille, Marie Lesure, Sylvie Morice et Henri-Pierre Penel.



Dans la guerre
des sexes, Nike a
choisi d'équiper
les deux camps.

Se sentir bien n'est pas plus
masculin que féminin. C'est pour-
quoi nous avons fabriqué l'Air
Max Structure, une chaussure
d'entraînement pour les femmes :
une chaussure qui possède
un système d'amorti inégalé pour
vous préparer à la guerre : le
système Nike Air®.



ACTUALITÉ MÉDECINE

par Philippe Chambon

Les fumeurs manipulés

Les cigarettes "light" ne créeraient pas moins de dépendance que les autres. Sans compter qu'on en fume plus et... jusqu'au bout. Ce qui réduit l'apport en oxygène et augmente donc les risques de maladies cardiovasculaires.

E. Tremolada/Cosmos

**Les cigarettes "légères", moins nocives ?
L'illusion part en fumée : afin de maintenir
les fumeurs en état de dépendance,
ces dernières seraient trafiquées...**

Sous la pression des campagnes antitabac, les fabricants de cigarettes n'ont cessé d'en réduire la teneur en goudrons et en nicotine, déclinant chaque marque en légères, ultralé-

gères, extralégères... Le record est atteint avec seulement 0,1 mg de nicotine et autant de goudrons.

Faut-il croire à une louable attention des fabricants pour la santé de leurs

clients, ou voir là une simple opération de marketing ? Car ce qui leur importe avant tout, c'est que les fumeurs n'abandonnent pas leur vice... Or, avec une dose de nicotine aussi réduite, les intoxiqués risquent de décrocher plus facilement. La solution : introduire dans le tabac une substance augmentant la libération de nicotine dans le sang des fumeurs. C'est ce que révèle un rapport confidentiel, interne à la Brown & Williamson Tobacco Corp., posté anonymement à la Food and Drug Administration américaine. D'après

ce texte, qui analyse les pratiques de la concurrence, la quasi-totalité de l'industrie du tabac pratiquerait l'addition d'ammonium dans les cigarettes "light" !

Conclusion : les cigarettes légères ne créent pas moins de dépendance que les autres. Leur seul avantage : une faible teneur en goudrons. Un facteur qui, selon une récente étude épidémiologique britannique, pourrait contribuer à réduire de 25 % la mortalité liée au tabac.

LA DOULEUR IGNORÉE

● D'après la revue *Cancer*, 73 % des généralistes et 61 % des oncologues français n'ont jamais suivi de formation les préparant à prendre en charge la douleur. De 50 à 75 % des malades reçoivent des soins inadaptés, alors que des traitements efficaces existent. Les médecins redoutent, en prescrivant de la morphine, de créer une dépendance. Les opiacés ne font pourtant ici que pallier l'insuffisance de la sécrétion de substances naturelles analogues, les endomorphines.

**36 15
SCV**

Questions / réponses
à la rédaction
(sous 24 ou 48 heures,
selon la complexité).

Prostate : les dangers de la chirurgie

L'ablation d'une tumeur maligne de la prostate risque de provoquer... un cancer. Une étude française a en effet montré que cette opération, même réalisée dans les meilleures conditions, présente un danger de dissémination dans le sang de cellules cancéreuses, qui vont créer des métastases dans

d'autres parties du corps (notamment dans les os). Il est donc recommandé de manipuler au minimum la prostate au cours de l'intervention. Les spécialistes suggèrent aussi un traitement préopératoire antiandrogènes, afin d'essayer de limiter la dissémination des cellules malignes.



Tomographie d'une prostate cancéreuse (en vert).

COUP DE FREIN POUR LES THÉRAPIES GÉNÉNIQUES

● Assez de délires et d'espoirs fous, dit, en substance, un rapport du National Health Institute américain (l'équivalent de l'INSERM français) : les thérapies géniques sont loin d'être les solutions qu'on attend. Cette mise en garde vise à réfréner l'enthousiasme des investisseurs privés. Les experts soulignent qu'aucun essai n'a encore donné de résultats satisfaisants, et recommandent de concentrer les efforts sur la recherche fondamentale plutôt que sur les essais cliniques.

SIDA

Greffe à hauts risques

« Si je ne fais rien, je suis mort », disait Jeff Getty, un malade du sida de 38 ans, militant de l'association Act Up. Une équipe de médecins lui a proposé une expérience hors du commun : lui greffer des cellules de moelle osseuse de babouin. Cet animal

paraissant naturellement immunisé contre le VIH-1, les médecins ont pensé qu'une greffe des cellules souches de son système immunitaire pourrait combattre le sida.

La greffe a eu lieu à la mi-décembre. Depuis, les cellules de babouin se multiplient dans l'organisme de Jeff Getty. À l'heure où nous mettons sous presse, ce dernier est toujours en vie. Sera-t-il sauvé ainsi ? Rien n'est moins sûr. De plus, les cellules greffées risquent d'abriter des virus inconnus, inoffensifs chez le babouin mais qui pourraient se révéler particulièrement dangereux chez l'homme. ■

NEUROLOGIE

LE SECRET DU SOMMEIL PATHOLOGIQUE

■ La narcolepsie est une maladie incurable qui touche une personne sur mille dans le monde. Elle se manifeste par une irrésistible envie de dormir et par une perte du tonus musculaire (cataplexie). Jusqu'à présent, aucune explication scientifique ne permettait de comprendre cette pathologie. Jeff Siegel, de l'université de Los Angeles (Californie), a découvert, en autopsiant des chiens atteints de narcolepsie, une dégénérescence neuronale dans la partie frontale du cerveau. Selon Siegel, les neurones de cette région ont, chez les sujets sains, une action inhibitrice sur les cellules nerveuses contrôlant le sommeil et l'activité musculaire. Leur disparition bouleverse donc cet équilibre. Cette observation devra désormais être vérifiée chez l'homme.

E. E.

■ A collaboré à cette rubrique : Emmanuelle Eyles.

NUCLÉAIRE

L'exception française

■ 75 % de l'électricité française (record du monde) est produite par 54 centrales nucléaires réparties sur l'ensemble du territoire. Malgré une surveillance constante, des risques demeurent. Certaines centrales arrivent au terme de leur vie, et il va falloir les démanteler. Mais que faire des déchets ?

PAR SONIA FEERTCHAK

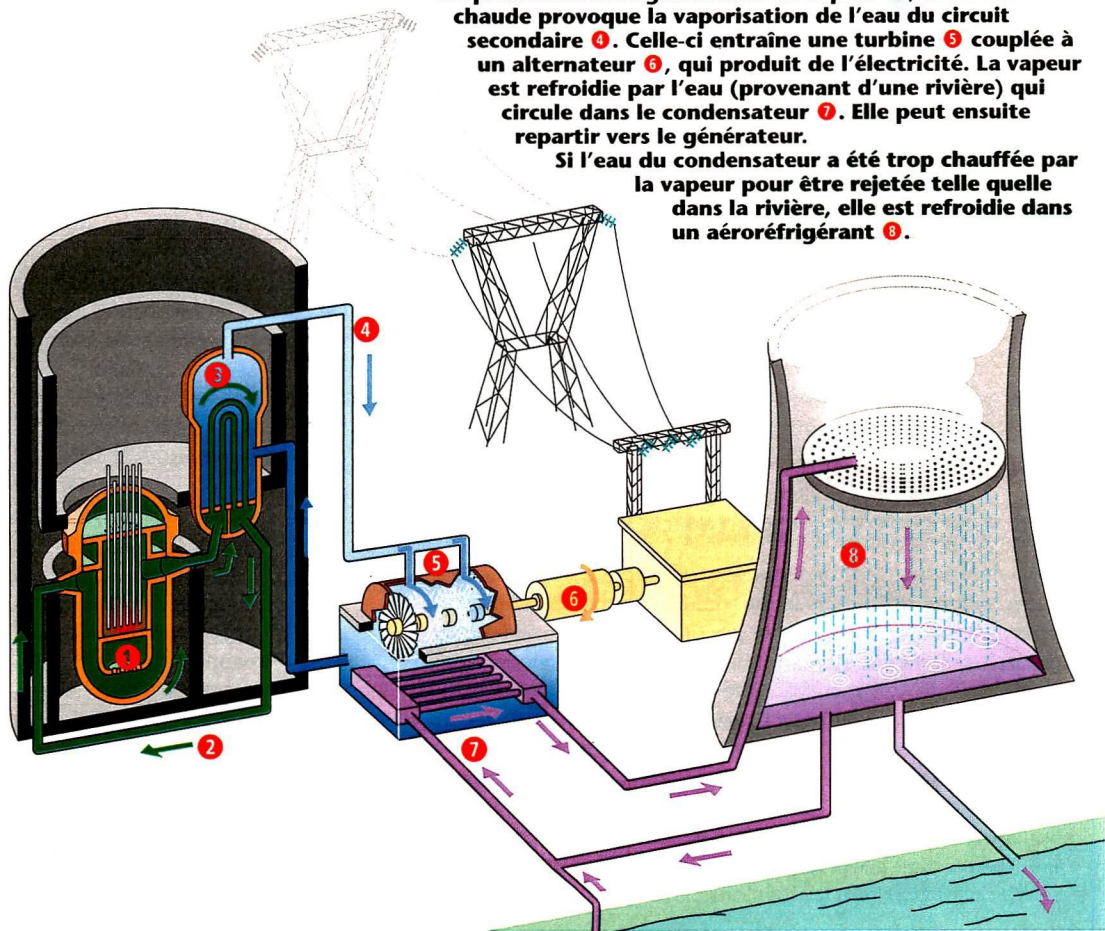
Comment ça marche

■ Il existe différents types de réacteurs nucléaires. Ceux qu'on trouve en France sont essentiellement des REP (réacteurs à eau pressurisée).

Dans le cœur du réacteur ①, la fission des noyaux d'uranium (le combustible) chauffe l'eau sous pression du circuit primaire ②.

En passant dans le générateur de vapeur ③, cette eau chaude provoque la vaporisation de l'eau du circuit secondaire ④. Celle-ci entraîne une turbine ⑤ couplée à un alternateur ⑥, qui produit de l'électricité. La vapeur est refroidie par l'eau (provenant d'une rivière) qui circule dans le condensateur ⑦. Elle peut ensuite repartir vers le générateur.

Si l'eau du condensateur a été trop chauffée par la vapeur pour être rejetée telle quelle dans la rivière, elle est refroidie dans un aéroréfrigérant ⑧.

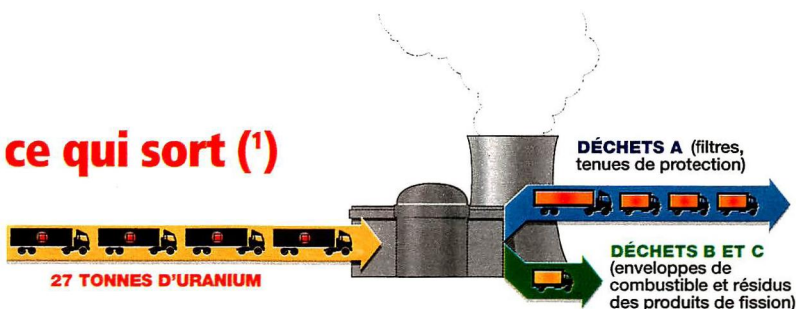


Ce qui entre et ce qui sort (1)

■ **Entrent dans le réacteur**
27 tonnes de pastilles d'uranium, soit un volume de 3 ou 4 m³. Mais l'emballage nécessaire au confinement de la radioactivité et les éléments d'assemblage portent

ce volume à 320 m³ (quatre semi-remorques). Sortent du réacteur 140 m³ de déchets. 90 % d'entre eux, les déchets A, peu radioactifs, à vie courte (moins de trente ans), proviennent des opérations d'exploitation. Les 10 % restants sont constitués de deux sortes de déchets à vie longue (de plusieurs centaines d'années à plusieurs centaines de milliers d'années) : les B (peu radioactifs) et les C (très radioactifs).

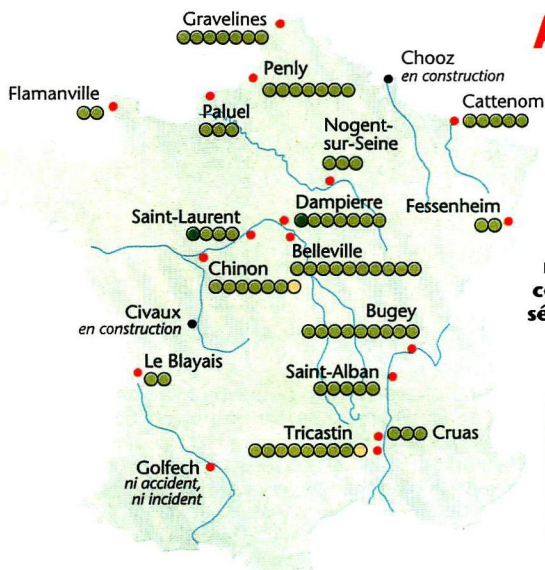
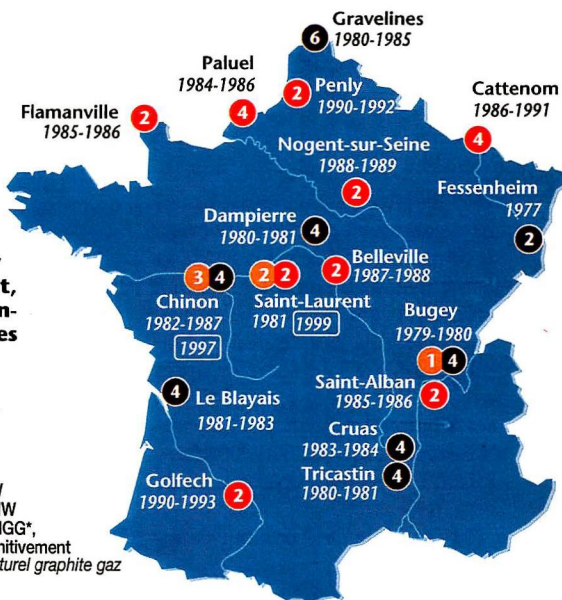
(1) Par REP 900 MW (réacteur de 900 mégawatts) et par an.



Sites actuels

■ Sur la carte, sont indiqués le nombre de réacteurs de chaque centrale et la date de leur mise en service. Lorsqu'ils n'ont pas tous été construits en même temps (ce qui est presque toujours le cas), sont mentionnées (sous le nom de la centrale) les dates du réacteur le plus ancien et du réacteur le plus récent. La durée de vie d'un réacteur est, dans l'état actuel de la technologie, de trente à quarante ans. On tente évidemment d'exploiter les centrales le plus longtemps possible.

Si le démantèlement d'un réacteur a déjà été fixé (c'est le cas de ceux qui sont définitivement arrêtés), un rectangle indique la date prévue.



Accidents et incidents

■ On peut s'étonner du faible nombre d'incidents de niveau 0. En fait, il y en a eu beaucoup, mais tous n'ont pas été jugés assez significatifs pour faire l'objet d'un compte rendu. Ils n'ont donc pas été comptabilisés par la Direction de la sûreté des installations nucléaires (DSIN). Comme les centrales n'ont pas toutes le même nombre de réacteurs, elles ne présentent évidemment pas les mêmes risques. Outre les règles de sécurité générales (les mêmes pour tous les sites), il arrive que certaines centrales se voient fixer des objectifs supplémentaires de sécurité, en fonction de leur âge et de leur état.

Échelle internationale des événements nucléaires (INES)

- 7 Accident majeur. Seul exemple : Tchernobyl (1986)
- 6 Accident grave
- 5 Accident entraînant un risque à l'extérieur du site. Three Mile Island (1979)
- 4 Accident n'entraînant pas de risque important à l'extérieur du site
- 3 Incident grave
- 2 Incident
- 1 Anomalie
- 0 En dessous de l'échelle. Aucune importance du point de vue de la sûreté

L' HÉPATITE fait

■ 600 000 Français sont contaminés par l'hépatite C et 150 000 par l'hépatite B. Sans compter les hépatites A, D et E, et les nombreux nouveaux virus non identifiés. Les pouvoirs publics s'alarment et appellent les médecins à la mobilisation.

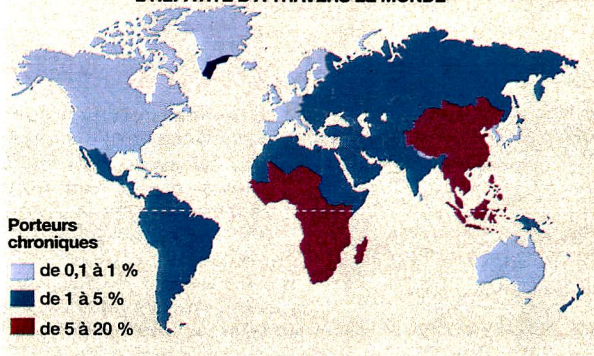
PAR ISABELLE DELALEU

L'hépatite est devenue un gigantesque problème de santé publique. Le ministre de la Santé a lancé un cri d'alarme aux médecins généralistes. « Traquez l'hépatite C! », leur disait-il en substance, le 26 octobre dernier, après avoir lu l'inquiétant rapport du Réseau national de santé publique selon lequel quelque 600 000 Français sont contaminés par le virus de cette hépatite

La diversité des virus qui s'attaquent au foie est impressionnante. Leur génome, de taille très variée, peut être composé soit d'ADN (c'est le cas du virus de l'hépatite B), soit d'ARN (pour les virus A, C, D et E). Ces particules virales peuvent soit s'envelopper d'une enveloppe, soit, au contraire, rester "nues". De même, leurs modes de transmission différent, tout comme les pathologies qu'elles induisent : les virus A et E provoquent exclusivement des hépatites aiguës, alors que les virus B, C et D sont responsables d'hépatites chroniques dont les ravages ne surgissent qu'au bout de plusieurs années.

C'est en 1942 qu'on a découvert l'origine virale de l'*icterus epidemicus*, comme on l'appelait au XVIII^e siècle. Et en 1968 qu'on identifie d'abord le virus de l'hépatite B (ou HBV, pour *Hepatitis B Virus*). Dans les années 70, ce sera le tour des virus A et D. Deux autres virus se trouvent ensuite dans le collimateur des chercheurs : le premier, baptisé E, est proche du virus A, le

L'HÉPATITE B À TRAVERS LE MONDE



Tous concernés

Le virus de l'hépatite B (photo de fond) sévit sur toute la planète, mais de façon très inégale : alors qu'on estime qu'en Afrique intertropicale et en Asie du Sud-Est de 5 à 20 % des individus sont des porteurs chroniques, les pays occidentaux n'en comptent que de 0,1 à 1 %. Un pourcentage qui justifie cependant la vaccination systématique des jeunes. Contre l'hépatite C, en revanche, aucun vaccin n'est encore disponible. De nombreux chercheurs (ici à l'Institut Pasteur) tentent de mieux connaître son virus, pour mieux la combattre.

peur



Phanie

second, C, ressemble fort à celui de l'hépatite B. Le premier de ces deux cousins sera identifié en 1988, le second en 1989.

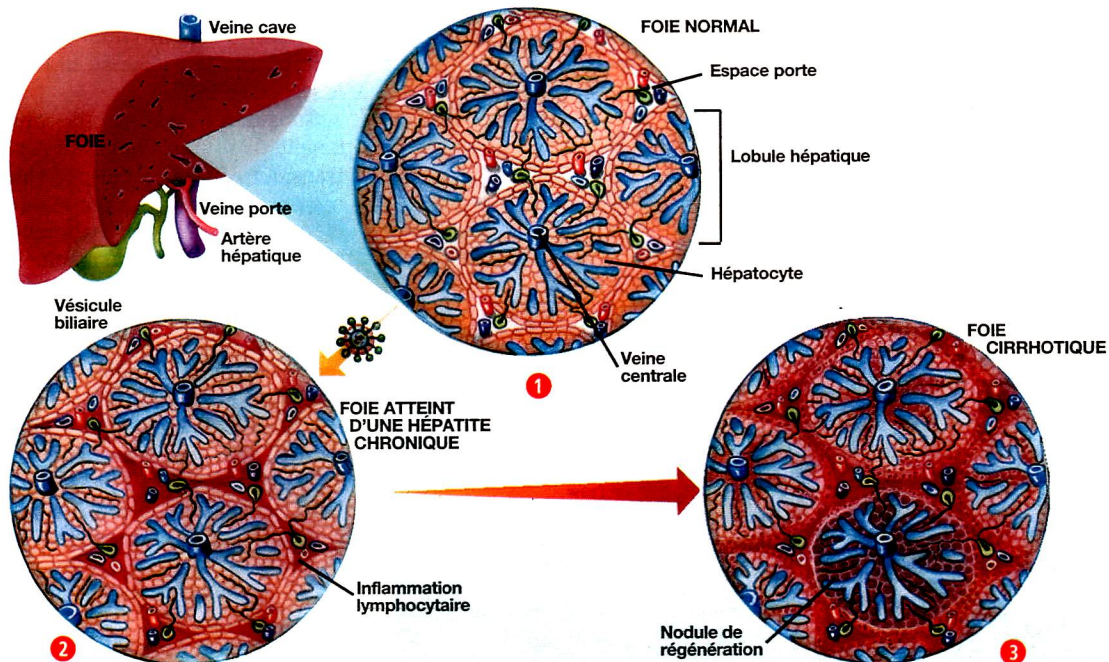
Considérée comme la plus banale de toutes, l'hépatite A se transmet généralement par voie oro-fécale, c'est-à-dire par l'intermédiaire d'eau ou d'aliments souillés par des selles contaminées (souvent des coquillages ou des fruits de mer). Le virus HAV est très résistant : il peut survivre une semaine dans l'air ambiant, et jusqu'à plusieurs mois dans l'eau.

L'hépatite aiguë qu'engendre parfois cette infection dure de quatre à six semaines. Elle se caractérise par un ictère, c'est-à-dire une jaunisse. La coloration ne touche parfois que le blanc des yeux, voire seulement la partie inférieure de la pointe de la langue. L'ictère s'accompagne de fièvre, d'une fatigue générale, d'un



Ph. Pailly/Eurelios





■ ■ ■ manque d'appétit, de selles décolorées et d'urines très foncées. Cependant, près de neuf fois sur dix, la personne infectée ne présente aucun symptôme : c'est le cas notamment des enfants, qui ont ainsi la chance de fabriquer des anticorps qui les protégeront pour la vie. Mais, depuis une vingtaine d'années, cette primo-infection a reculé dans le temps, grâce aux progrès de l'hygiène : 50 % des Français de 20 ans étaient immunisés en 1978, on n'en compte plus que 20 % en 1990. Ce qui laisse craindre une augmentation des formes sévères de la maladie, car sa gravité augmente avec l'âge.

Si le virus A sait, en règle générale, rester discret, il peut devenir redoutable : c'est l'hépatite fulminante, mortelle neuf fois sur dix. Heureusement exceptionnelle (1 cas sur 1 000 au maximum), elle touche surtout les personnes âgées et celles qui souffrent déjà d'atteintes hépatiques.

Comme celle du HAV, la transmission du HEV (hépatite E) est liée à une hygiène douteuse. Les in-

fections apparaissent essentiellement dans les pays en voie de développement, et les rares cas observés en France sont des "souvenirs" de voyage rapportés de ces contrées. En général, le HEV n'est pas dangereux, excepté chez les femmes enceintes. Lors du dernier trimestre de la grossesse, de 10 à 30 % des femmes contaminées risquent une hépatite fulminante.

Bien que ce ne soit pas leur spécialité, les virus B et D peuvent aussi provoquer des hépatites aiguës. Le risque d'hépatite fulminante est

au moins dix fois plus important avec le HBV qu'avec le HAV. Présent en quantité très importante dans les liquides biologiques (sang, salive, larmes, sperme) des personnes infectées, le HBV a un pouvoir contaminant très élevé. Il est souvent associé à d'autres infections de type MST, comme la blennorragie, la syphilis ou même le sida.

Atypique et encore mal connu, le virus D a été découvert en 1977. C'est l'"agent delta", comme on l'a longtemps appelé avant de l'élever au rang de virus. Il possède la même

Le virus de l'hépatite (B ou C) peut, en vingt ou trente ans, transformer un foie sain ① en foie cirrhotique ③. L'infection commence par une hépatite chronique ② qui se traduit par une inflammation : des lymphocytes s'accumulent dans les espaces portes entre les lobules du foie. Celle-ci peut évoluer en hépatite chronique active, phase pendant laquelle les hépatocytes (cellules) se nécrosent peu à peu. Si la maladie continue à progresser, apparaît une fibrose, qui donne naissance à des nodules dits de "régénération". Ils étouffent progressivement les cellules hépatiques : c'est la cirrhose, qui peut évoluer en cancer du foie.

enveloppe que son cousin HBV, qu'il se plaît à "parasiter". L'agent delta est en effet un virus dit déficient : seul, il est incapable de se multiplier dans les cellules. Pour qu'il y parvienne, la cellule doit être déjà infectée par le HBV. La surinfection d'une hépatite B par l'agent delta provoque, dans 80 % des cas, une hépatite chronique.

Le plus grand danger des virus B et D, mais aussi du HCV, c'est justement leur capacité à engendrer des hépatites chroniques. La contamination passe alors inaperçue (il n'y a pas d'épisode aigu), mais le virus accomplit un lent travail de sape au cœur des cellules du foie. Parfois, l'hépatite chronique reste minime (on dit aussi "persistante"), et cette forme bénigne peut se stabiliser plusieurs années. Chez d'autres sujets, en revanche, l'hépatite est dite active (ou "agressive") : le foie subit une forte inflammation, qui s'accompagne de l'infiltration de certains globules blancs et de l'apparition d'une fibrose, puis d'une cirrhose, qui survient au bout de cinq à dix ans. C'est le cas de 10 % des infectés ; certains d'entre eux feront un cancer du foie, stade ultime de cette lente dégradation.

DES GUÉRISONS INEXPLIQUÉES

Heureusement, toutes les personnes contaminées par les virus B, C et D ne connaissent pas un tel sort. Certaines, sans qu'on sache pourquoi, guérissent même spontanément (20 % dans le cas du HVC) : les anticorps, détectés par les tests de dépistage, ne sont alors que le souvenir de l'infection passée. L'infection par le HVC a d'ailleurs été longtemps sous-estimée en France : quelques centaines ou quelques milliers de cas seulement, assurait-on. Mais, en 1993, un rapport remis à Bernard Kouchner, alors ministre de la Santé, par le Pr Max Micoud, hépatologue au CHU de Grenoble, donne l'alerte : entre 500 000 et 2 millions de Français seraient contaminés. Affole-

ment général. Aujourd'hui, le ministère de la Santé révisé les chiffres à la baisse : de 500 000 à 600 000 personnes seraient en réalité concernées, dont les trois quarts environ seraient des porteurs chroniques. On attend chaque année 6 000 nouveaux malades, dont près d'un tiers devraient développer des complications.

Les principaux modes de trans-

mission du HCV sont la toxicomanie intraveineuse – même occasionnelle – et la transfusion (un tiers des cas pour chacune). Pour les dons de sang, on ne disposait, avant mars 1990, d'aucun test de dépistage efficace. On estime que de 100 000 à 200 000 transfusés ont été contaminés par le HCV. L'indemnisation des victimes pourrait s'élever à 100 milliards de francs ! La ■ ■ ■

VACCINS : RIEN ENCORE CONTRE L'HÉPATITE C

■ Contre le HAV, un vaccin réalisé à partir du virus vivant atténué est disponible depuis 1992. Il est venu remplacer l'"immunisation passive", injection d'immunoglobulines provenant du sérum d'individus contaminés. Ce vaccin est conseillé à ceux qui voyagent dans des régions de forte prévalence (Afrique, Asie, bassin méditerranéen, Moyen-Orient et Amérique latine), ainsi qu'au personnel des établissements de santé, des crèches et des garderies, à celui dont le travail est lié à l'alimentation, ou encore aux proches des personnes infectées.

Aujourd'hui, pour lutter contre l'hépatite B, le vaccin préparé à partir de cultures de cellules est parfaitement toléré.

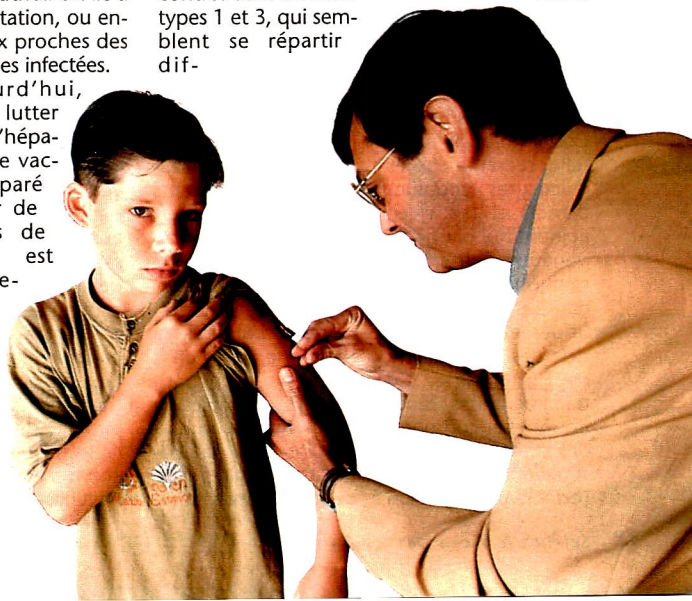
De nombreux pays ont organisé de grands programmes de vaccination. En France, la vaccination des adolescents et des nourrissons est désormais systématique. Elle doit aussi protéger contre le HDV.

L'élaboration d'un vaccin contre le HCV promet, elle, d'être complexe. D'abord parce qu'il existe au moins six sous-types de ce virus, qui diffèrent par une partie de leur génome. En France, en Europe et aux États-Unis, les plus fréquemment rencontrés sont les sous-types 1 et 3, qui semblent se répartir dif-

féremment selon le mode d'infection (le sous-type 1 est plus fréquent chez les transfusés, le sous-type 3 chez les toxicomanes). Autre obstacle de taille : le HCV, identifié en 1989, n'est pas encore isolé et encore moins cultivé en laboratoire. Seul son génome a été identifié par une équipe américaine. Il n'y aura pas de vaccin avant plusieurs années.

En revanche, un vaccin contre l'hépatite E devrait être mis au point plus rapidement.

P. Alix/Phanie



■ ■ ■ transmission pourrait aussi être sexuelle. Le risque semble faible, mais il n'est pas encore clairement évalué.

Enfin, l'origine d'un tiers des cas environ reste mal définie. On soupçonne des actes médicaux "sanglants" : examens (endoscopie, biopsie, usage de cathéter), séances d'acupuncture, injections effectuées avant les années 70, époque à laquelle le matériel à usage unique n'était pas encore de rigueur. Certains soins dentaires pourraient aussi être impliqués. Le ministère de la Santé a d'ailleurs adressé une circulaire aux chirurgiens, aux chirurgiens-dentistes et aux autres praticiens pour leur rappeler les règles de base de l'asepsie de leur matériel invasif. Il est

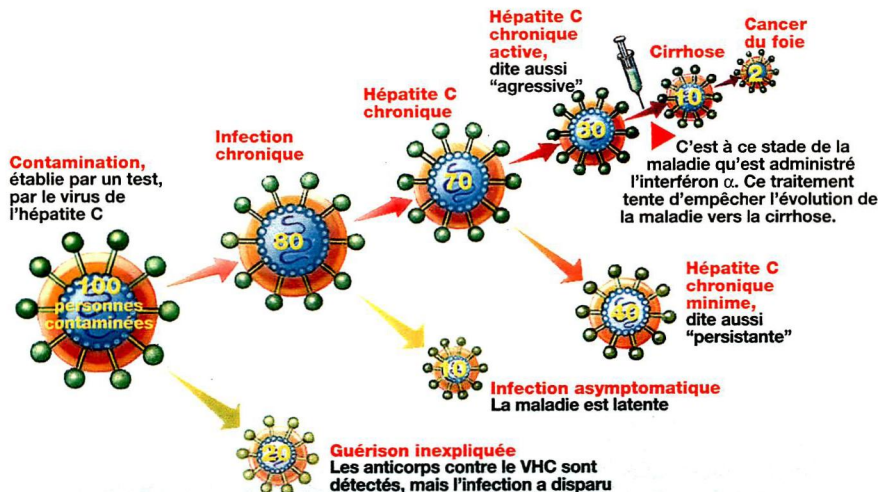
même conseillé aux médecins généralistes d'étendre la pratique du test aux personnes pouvant être ou avoir été "à risque".

Le foie est aussi la cible de certains virus de l'herpès, du virus d'Epstein-Barr (responsable de

la mononucléose infectieuse) ou du cytomégalovirus, qui tous peuvent également provoquer de vraies hépatites.

Quant aux hépatites inexpliquées, on se perd en conjectures. Virus mutants ? Virus "non-A, non-B, non-C, non-D, non-E", qu'on pourrait baptiser F ou Z ? Mystère. Lors d'un récent congrès, à Orlando (Floride), des spécialistes ont prédit l'apparition prochaine de multiples nouveaux virus. Les hépatites non identifiées représentent déjà près de 5 % des cas aux Etats-Unis et environ 25 % des cas en Chine. Une nouvelle famille a été récemment décrite, les GBV, qui comprendraient déjà trois membres : GBV-A, GBV-B et GBV-C (GB étant les initiales de la première personne chez laquelle a été découvert ce nouvel agent infectieux). Mais ces GBV sont-ils vraiment différents des autres ? L'hypothèse reste à confirmer. Elle montre néanmoins que la bataille est loin d'être gagnée. ■

POUR EN SAVOIR PLUS
Comment vit-on avec les hépatites, du Dr Patrick Marcellin, collection Guides blancs, édition Alain Schrotter.



Contamination ne signifie pas forcément cancer, ou même cirrhose, fort heureusement. L'hépatite C est une maladie à évolution lente, dont chaque étape est aujourd'hui étudiée, afin de trouver des traitements encore plus efficaces.

LA MEILLEURE ARME : L'INTERFÉRON α

■ L'interféron α reste le seul remède efficace contre les hépatites chroniques actives liées aux virus B et C. Cette molécule naturelle, sécrétée par les leucocytes (globules blancs) et fabriquée aujourd'hui par génie génétique, freine la multiplication virale dans les cellules hépatiques et stimule les défenses immunitaires de l'organisme. Ce traitement assez lourd et très cher comporte des effets secondaires souvent importants (principalement un

syndrome pseudo-grippal très violent).

Contre l'hépatite B, on dispose aussi d'un antiviral, la vidarabine.

Dans le cas de l'hépatite C, la moitié seulement des patients réagit bien à l'interféron. Malheureusement, plus d'un tiers des malades rechutent. Un autre médicament, antiviral, la ribavirine, a un effet certain sur l'hépatite C. En association avec l'interféron α , il améliore l'état des patients réfractaires et de ceux qui rechutent.

L'hépatite D semble, elle aussi, ne réagir qu'au seul interféron α , en traitement de longue haleine (jusqu'à douze mois d'affilée).

La recherche de nouveaux agents thérapeutiques s'oriente aussi vers les "antisens", petites séquences d'ARN qui, comme des morceaux de scotch, viennent bâillonner les gènes vitaux des virus, ou vers des substances capables de bloquer l'ARN polymérase, une enzyme essentielle à la multiplication du virus.

SCIENCE & VIE HIGH TECH

LE MAGAZINE DE L'IMAGE ET DU SON

LES CAMESCOPES NOUVELLE GÉNÉRATION

PHOTO : LES COMPACTS
MAXI-ZOOM À L'ESSAI



TV SATELLITE

Les premières chaînes
numériques arrivent !

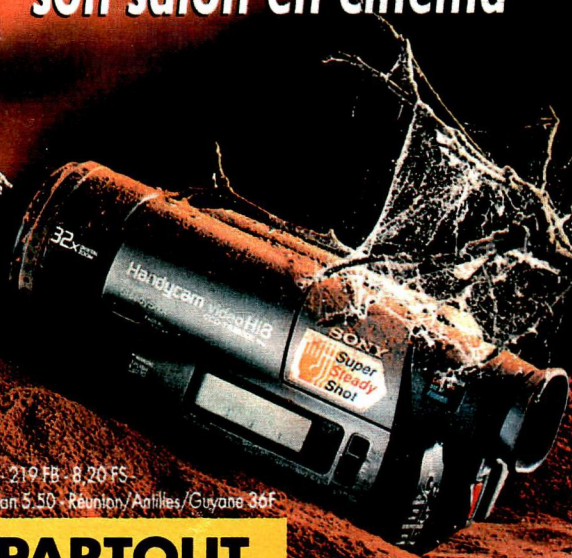
SON CINÉMA

5 manières de changer
son salon en cinéma



AUTOMOBILE

L'ordinateur de bord
guide votre conduite



T 4329 - 19 - 30.00 F-RD

N° 19 Février - Mars 1998 - 30F - 219 FB - 8,20 FS
4,200 DF - Portugal Cont 800 ESC - 45 Dh / \$ Cont 5,50 - Réunion/Antilles/Guyane 36F

EN VENTE PARTOUT

Hubble a

Les piliers de la création

Au sommet de ces immenses colonnes d'hydrogène et de poussières, au cœur de la nébuleuse brillante de l'Aigle (M 16), une cinquantaine d'"œufs" d'étoiles sont en cours d'éclosion. Quatre d'entre eux montrent même le point lumineux d'un astre commençant à émerger.

vu naître les étoiles

■ A 7 000 années-lumière de la Terre, une cinquantaine d'œufs cosmiques sont en train d'éclore. Le satellite *Hubble*, le plus grand reporter de l'espace, s'est penché sur leur berceau. Une découverte qui dévoile l'un des moments clefs de l'histoire de l'Univers.

PAR FRÉDÉRIC GUÉRIN

Inquiétants nuages d'orages tourbillonnant dans le crépuscule ? Colonnes de fumée s'élevant au-dessus d'incendies ? Monstres marins ? Serpents cosmiques ? Stalagmites calcaires décorant une caverne ? Les trois longues silhouettes brunes photographiées par le télescope spatial *Hubble*, à 70 millions de milliards de kilomètres de la Terre, enflamment les esprits. Ces trois piliers tourmentés montrent tant de détails, tant de volumes et une texture si fine que l'observateur ne peut s'empêcher de chercher à les interpréter en termes de spectacle terrestre naturel ou de créatures chimériques.

Pourtant, ils ne sont issus ni du monde ordinaire ni de celui des fantasmes. Ce sont d'immenses colonnes de gaz d'hydrogène et de poussières, situées à 7 000 années-lumière de nous, au cœur de la nébuleuse diffuse et brillante de l'Aigle (M 16). Dimension du plus grand pilier photographié : environ une année-lumière, 10 000 milliards de kilomètres de bas en haut.

Longtemps, les astronomes ont pensé que ces nuages opaques constituaient de véritables "nids" cosmiques abritant des étoiles en formation. Le cliché publié récemment le confirme : au sommet des colonnes, une cinquantaine de globules gazeux compacts émergent, qui seraient autant d'œufs cosmiques en train d'éclore. Un véritable baby-boom stellaire ! Parmi eux, quatre globules commencent même à montrer le point lumineux d'une authentique étoile.

Cette vision saisissante jette une lumière entièrement nouvelle sur le processus par lequel l'Univers a allumé le feu des centaines de milliards de soleils qui composent les centaines de milliards de galaxies répertoriées.

Le mécanisme détaillé est encore plus complexe qu'on ne le pensait. Mais l'enthousiasme ■ ■ ■

■ ■ ■ des chercheurs est immense, car ils pensent avoir sous les yeux le paramètre clef de l'évolution des étoiles : la détermination de leur taille, ou, ce qui revient au même, de leur masse. En effet, ce paramètre fixe la luminosité, la longévité et le sort ultime de tous les astres du cosmos. «La découverte des œufs stellaires dans cette région a été une surprise totale. Jamais de telles étoiles en formation n'avaient

Pourquoi sommes-nous là ? La réponse est dans les étoiles

encore été photographiées en si gros plan et avec autant de détails», s'enthousiasme Jeff Hester, l'astronome qui, avec son collègue Paul Scowen, a analysé le cliché à l'université d'Etat d'Arizona.

Puisqu'il s'agit ici de naissance, reprenons au début. Les étoiles sont des usines au foyer nucléaire desquelles sont forgés les éléments lourds (carbone, azote, oxygène, calcium et fer) qui, projetés dans l'espace, constituent les "briques" élémentaires des planètes et de la vie qui peut s'y développer. Elles remplissent donc un rôle unique

dans l'évolution chimique de l'Univers. La détermination précise de la façon dont elles viennent au monde constitue un enjeu majeur de l'astrophysique et de la cosmologie modernes. Pourquoi sommes-nous là ? La réponse est dans les étoiles !

En fait, dans ses grandes lignes, le scénario de la naissance d'une étoile est déjà bien établi. Tout commence par un immense nuage de matière très froide tel qu'il en existe des milliers dans notre galaxie. Composition : essentiellement de l'hydrogène moléculaire (H_2) et des nuées de grains de silicates ou de graphite, les poussières. Température : entre $-180^\circ C$ et $-260^\circ C$. La nébuleuse peut contenir une quantité de matière équivalant à 1 million de soleils.

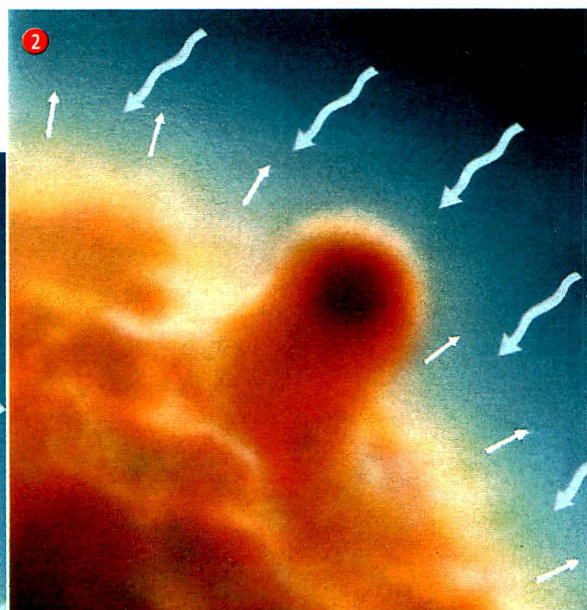
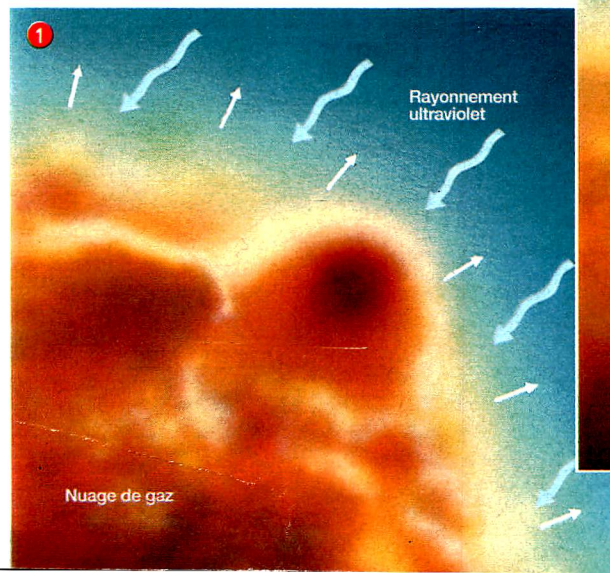
Immobile au départ, le complexe gazeux se trouve soudain, du fait d'un déséquilibre gravitationnel, agité de remous qui vont s'amplifiant. Irrésistiblement, les éléments de masse "tombent", se précipitent les uns sur les autres et s'agglutinent en un nombre défini de concentrations de matière. Le tout étant agité d'une dynamique des plus désordonnées. Le nuage **f r a g m e n t é** prend alors une structure "frac-

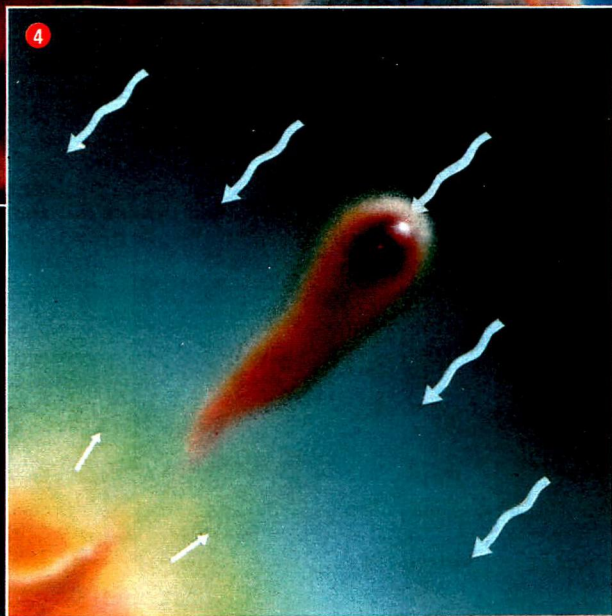
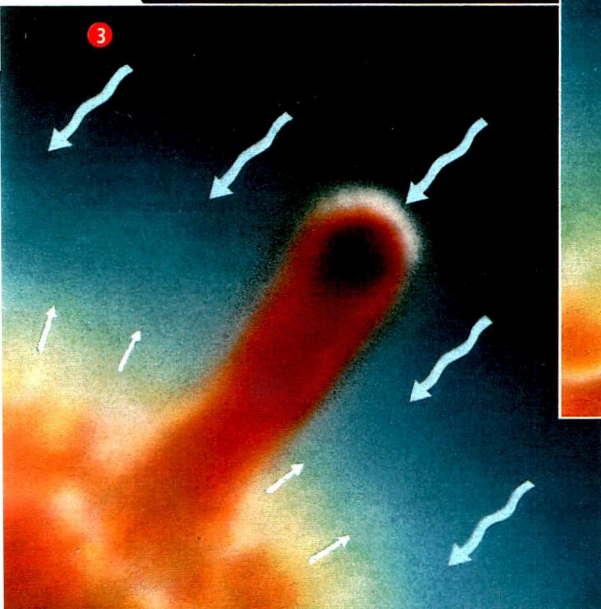
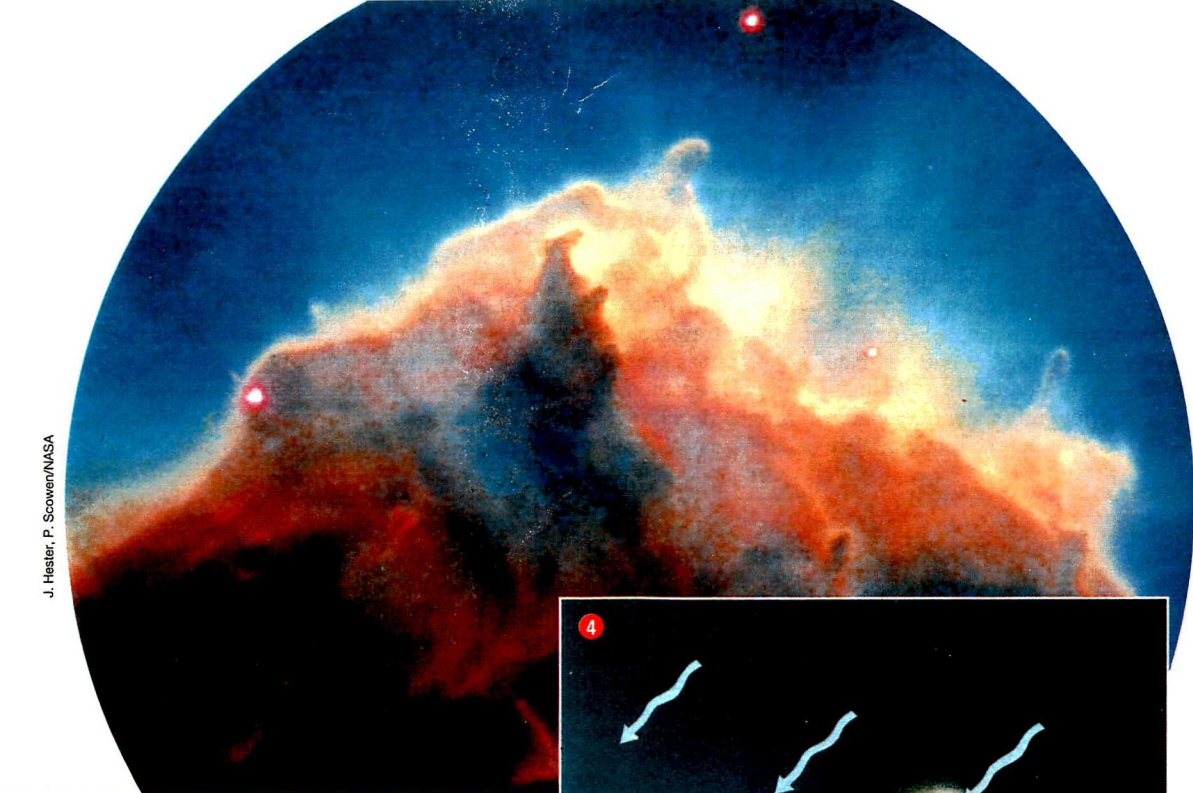
taile" : il est composé de sous-nuages de tailles différentes mais de formes similaires, emboîtés comme des poupées russes.

Ici règne la force de gravitation (qui relie tous les corps, quelque petits qu'ils soient). Elle comprime les gaz et forme de petits globules compacts semblables à ceux qu'on voit nettement sur l'image d'*Hubble*. Au centre des globules, un embryon d'étoile, boule de gaz encore plus dense dans laquelle la pression et la température s'élèvent furieusement – jusqu'au seuil fatidique de 10 millions de degrés, valeur où s'amorcent les réactions de fusion des noyaux atomiques d'hydrogène. C'est alors seulement, quelques millions d'années plus tard, qu'on peut dire qu'une étoile est née.

LA GENÈSE SE COMPLÈTE

Bien sûr, la réalité est plus complexe : *Hubble* nous la donne enfin à voir. En effet, l'image du télescope spatial montre pour la première fois, et de façon détaillée, un grand nombre de globules abritant des embryons d'étoiles tout juste constitués (il y a de quelques mil-





Dessins L. Bret

Mis à nu par la tempête ultraviolette

Le film de la naissance des étoiles observée par *Hubble* (photo ci-dessus) : ❶ le sommet des colonnes d'hydrogène est illuminé par un torrent de rayonnement ultraviolet provenant

d'une centaine d'étoiles superchaudes (situées en dehors du champ photographié). Ces radiations chauffent, ionisent et vaporisent la matière de la nébuleuse.

❷ Alors que le nuage s'érode lentement, un globule de gaz dense, contenant probablement une étoile en formation, commence à émerger. Le processus est analogue à celui par lequel une tempête dans le désert met au jour des cailloux en soufflant le sable qui les entoure.

❸ L'œuf stellaire est bien visible. Dans son ombre, une mince colonne de gaz reste protégée de l'évaporation.

❹ L'œuf cosmique se sépare totalement du nuage qui l'a formé. Il s'évapore, et l'étoile apparaît à sa surface.

liers à quelques millions d'années). « C'est la première fois que la nature physique de ces objets peut être établie sans ambiguïté. Le tableau des différentes étapes de la genèse des étoiles se complète », affirme Jeff Hester.

Les globules ont une dimension qui équivaut à plusieurs fois le dia- ■ ■ ■

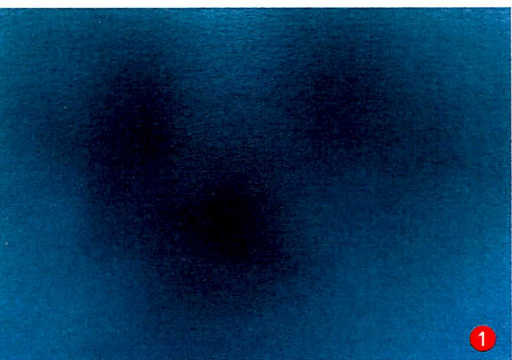
■ ■ ■ mètre de notre système solaire (contenant toutes les planètes jusqu'à Pluton), lui-même égal au millième de la hauteur des colonnes gazeuses. Pour les scientifiques, il ne fait pas de doute que ces œufs cosmiques sont bien "pleins". «Quatre d'entre eux, indique Paul Scowen, présentent le point lumineux d'une étoile commençant à émerger, et le recouplement avec

des observations infrarouges antérieures atteste qu'un grand nombre d'autres globules abritent déjà un objet central chaud.» En effet, contrairement à la lumière visible, les radiations thermiques infrarouges traversent le cocon de gaz et de poussières opaque des globules. L'examen des cartes infrarouges de la région, dressées à l'aide de télescopes terrestres,

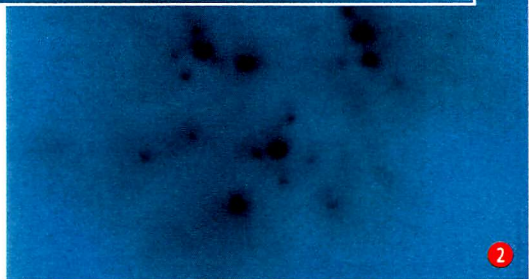
constitue donc un excellent moyen d'estimer si les œufs contiennent des astres en formation.

En revanche, les embryons d'astres présents dans de nombreux globules ne semblent pas mériter le nom de véritable étoile. Ils se trouvent encore en phase d'incubation, de contraction sous l'effet de leur propre poids, et n'ont pas atteint la stabilité que

Les petites étoiles par fragmentation...



1



2

❶ Les astronomes pensent que les petites étoiles de taille solaire se forment dans la masse des immenses nuages interstellaires très froids qui peuplent la Galaxie. Immobilité au départ, le nuage d'hydrogène moléculaire et de poussières de silicates ou de graphite s'effondre soudain sous l'effet de son propre poids.

❷ Dans sa contraction, le complexe gazeux se fragmente en plusieurs éléments qui s'attirent les uns les autres, s'agglutinent et continuent à s'effondrer sur eux-mêmes dans un mouvement turbulent et chaotique. La nébuleuse prend alors une structure fractale composée de nombreux éléments emboîtés à la manière des poupées russes.

❸ Se forment alors une multitude de globules isolés, au centre desquels la pression et la température s'élèvent furieusement. Jusqu'à ce que cette dernière atteigne le seuil des 10 millions de degrés, température à laquelle les réactions de fusion thermonucléaire de l'hydrogène s'amorcent. L'étoile est née.



3

leur procurera l'allumage de leur moteur thermonucléaire interne. Enfin, fait remarquable, à une exception près peut-être, aucune des nombreuses étoiles en formation ne semble montrer les signes d'activité (éruptions, émissions de matière, jets) qui accompagnent habituellement leur naissance.

Pourquoi ce calme relatif? S'agit-il d'une propriété particuliè-

re de l'échantillon d'objets étudiés? D'une période d'accalmie temporaire avant le déclenchement des tempêtes attendues? Mystère. En tout cas, il n'a pas échappé aux chercheurs que les œufs stellaires sont ici rendus visibles par l'action d'un processus complexe d'interaction matière-rayonnement, qui affecte notablement l'environnement des

embryons et cache peut-être un phénomène très répandu dans l'Univers.

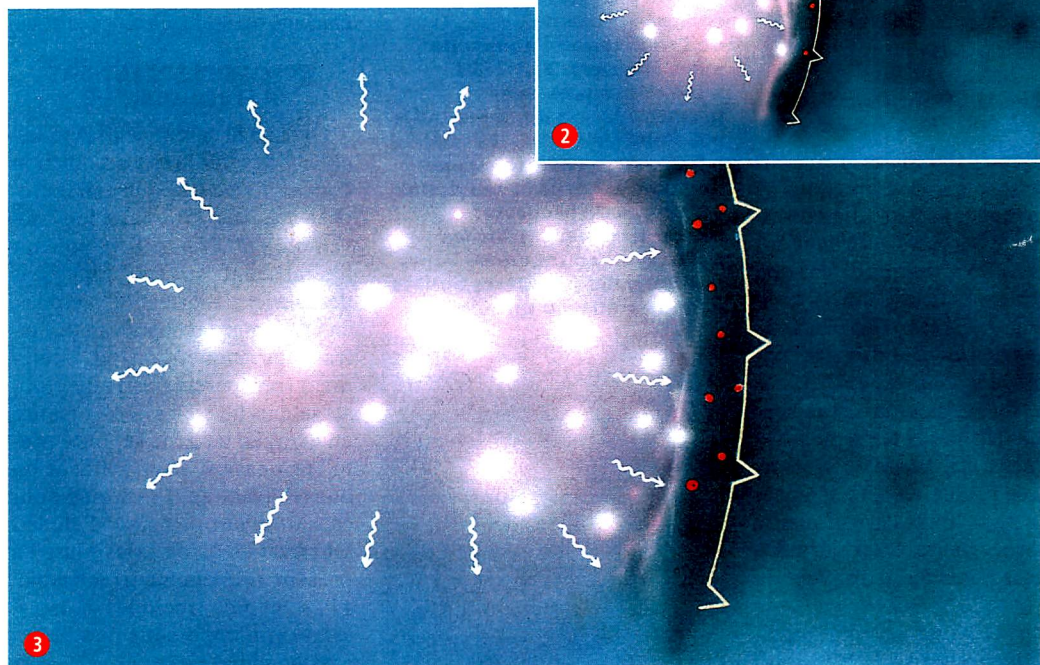
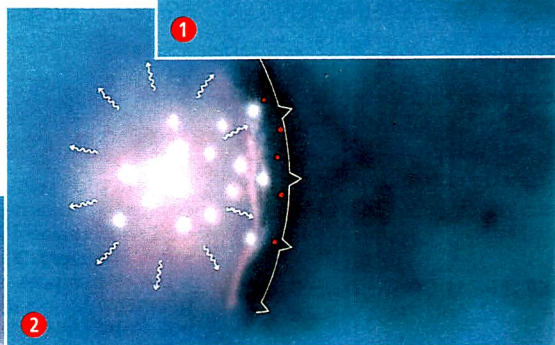
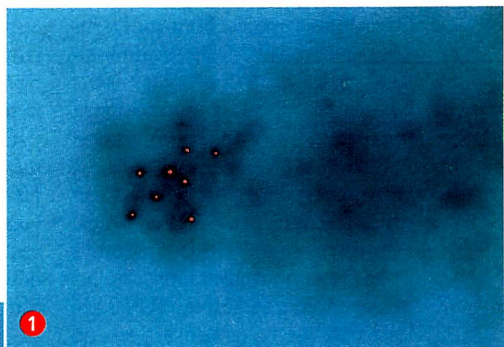
Première constatation : les trois piliers gazeux visibles sur l'image du télescope spatial constituent l'un des sites privilégiés de formation stellaire théoriquement décrits plus haut.

Deuxième observation : les nuées de poussières à l'intérieur ■ ■ ■

... les grandes par contagion

A l'inverse, les grosses étoiles de plus de 10 masses solaires se forment par générations successives, de l'extérieur des nuages moléculaires vers l'intérieur.

- ❶ Une première série d'étoiles apparaît au voisinage de la surface du complexe gazeux.
- ❷ Ces jeunes astres très chauds émettent un rayonnement ultraviolet intense puis explosent en supernovae catastrophiques. Ces phénomènes énergétiques échauffent, ionisent et compriment le gaz proche.
- ❸ La couche de gaz comprimé s'effondre sur elle-même et donne naissance à un nouveau groupe d'étoiles. La formation stellaire se propage ainsi de proche en proche. En fait, la naissance d'étoiles observée par *Hubble* dans la nébuleuse M 16 obéit à un scénario intermédiaire. Les jeunes étoiles formées sont en effet de petite taille, mais elles apparaissent à la périphérie du nuage incubateur sous l'action du rayonnement ionisant d'astres supergéants plus anciens.



■ ■ ■ des colonnes gazeuses sont si opaques à la lumière que les astres nouveau-nés qui y résident sont totalement invisibles de l'extérieur. Mais les cinquante œufs stellaires du cliché d'*Hubble* ont pu

Un groupe de jeunes géantes brillant comme 100 000 soleils

être photographiés. Pourquoi? Par quel mécanisme? Selon toute vraisemblance, celui-ci prend sa source dans le torrent de rayonnement ultraviolet que déverse un groupe voisin d'une centaine d'étoiles, jeunes mais déjà supergéantes. En effet, ces dernières, très chaudes, illuminent la nébuleuse brillante M 16 avec, pour certaines, une luminosité de peut-être 100 000 soleils et une température de 50 000 °C. Extrêmement virulents, ces rayons ultraviolets attaquent, chauffent, ionisent et vaporisent en surface la matière des piliers. Laquelle s'échappe instantanément dans l'espace en longs jets bleu-vert, visibles sur le cliché.

ÉROSION COSMIQUE DANS LE NID DE L'AIGLE

Cependant, telle la tempête dans le désert qui emporte les grains de sable et non les cailloux, le processus érode moins facilement les concentrations denses de gaz que les nappes vaporeuses qui les environnent. Ainsi les "cailloux" des globules denses sont-ils progressivement mis à nu, tandis que le "sable" du gaz alentour est rapidement soufflé par la tempête ultraviolette. De cette manière, les œufs du nid de l'Aigle deviennent apparents – pour le plus grand plaisir des observateurs extérieurs. Ce processus a valu aux œufs-globules d'être appelés EGG (*Evaporating Gaseous Globule*) – "egg" signifiant œuf en anglais.

L'œuf – et son embryon central – n'est pas insensible à l'érosion de son nuage incubateur. Cette étape l'a même brutalement coupé de la matière nourricière (le gaz) qui le contenait et alimentait jusque-là sa croissance. Du coup, c'est tout le processus de développement-incubation qui a été interrompu : la taille (ou masse) finale de l'embryon se trouve irrémédiablement figée, limitée. Ainsi, dans ce cas précis, les astronomes pensent avoir trouvé le mécanisme (d'érosion radiative du nuage incubateur) responsable de l'interruption du processus de formation, donc de la détermination de la taille des étoiles.

Grande première – exploit, même! « Il semble, déclare Jeff Hester, que nous ayons détecté et vu à l'œuvre un exemple de processus susceptible d'aider l'Univers à déterminer la taille qu'il donne aux étoiles. » Celle-ci gouverne toute

leur évolution, notamment leur intensité lumineuse, leur durée de vie et le type de mort qu'elles connaîtront. « Le processus d'interruption de la croissance d'astres en formation découvert ici a certainement fixé la taille de très nombreuses étoiles de la Galaxie et de l'Univers », estime Jeff Hester.

Ce point de vue optimiste est-il tout à fait justifié? De ce côté-ci de l'Atlantique, on a tendance à considérer que la NASA fait parfois beaucoup de "tapage" autour des observations du télescope spatial. « A chaque annonce, l'impression du public, c'est que *Hubble* redécouvre tout le cosmos, dit Thierry Montmerle, astrophysicien au Commissariat à l'énergie atomique (CEA). En outre, je ne suis pas sûr que les jolis résultats obtenus ne soient pas dus à l'environnement stellaire très particulier de la région étudiée. Ce qui restreindrait beaucoup leur portée. »

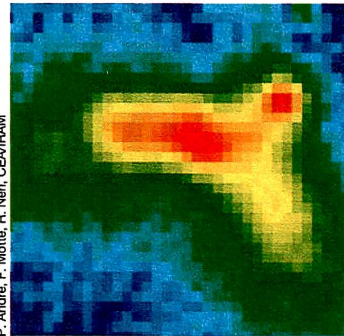
Quoi qu'il en soit, la splendide image de *Hubble* enrichit d'une très belle pièce le puzzle de la formation des étoiles – et apporte une nouvelle preuve de la puissance astronomique retrouvée de cette fabuleuse machine qu'est le télescope spatial.

IMPOSSIBLE N'EST PAS ASTRONOMIQUE

Quant à la naissance des étoiles, elle va devenir le champ d'action d'un autre télescope spatial (européen celui-là), *ISO*, lancé le 17 novembre par *Ariane*. Il va pouvoir littéralement "scanner" l'intérieur des nuages de formation d'étoiles, en utilisant le rayonnement de l'infrarouge auquel ils sont totalement transparents. Parmi les observations possibles, il faut mettre en exergue celle de la toute première phase d'effondrement du nuage, avant qu'il s'écroule pour constituer une pépinière d'étoiles. Observation qu'on jugeait jusqu'à présent totalement irréalisable. Mais, depuis quelques mois, il semble qu'impossible ne soit pas astronomique...

La benjamine de la galaxie

C'est la plus jeune étoile connue (l'homme de Cro-Magnon l'a presque vue s'allumer). VLA 1623 a été débusquée dans la constellation du Serpente par Philippe André, du CEA, à l'aide d'un radiotélescope de 30 m. Un exploit qui donne un aperçu de processus particulièrement difficiles à observer, en œuvre au cours des dix mille premières années de la gestation d'un soleil.



DECOUVREZ LE PANORAMA

DE LA PRESSE SCIENTIFIQUE...

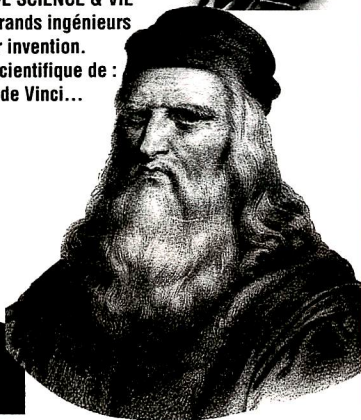
SCIENCE & VIE

Tous les mois, SCIENCE & VIE vous informe parfaitement sur les derniers développements de la recherche, dans tous les domaines scientifiques et techniques. SCIENCE & VIE, le magazine d'information scientifique de référence.



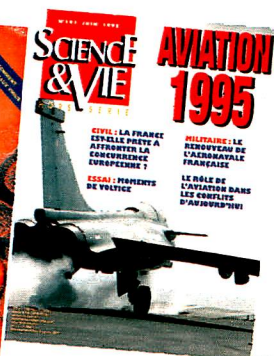
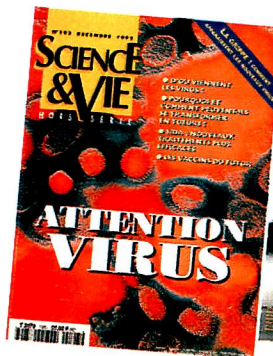
LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

Tous les deux mois, LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE vous font vivre l'histoire des sciences comme on ne vous l'a jamais racontée. En 1996, LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE vous font découvrir les grands ingénieurs et les temps forts de leur invention. Faites la connaissance scientifique de : Diesel, Edison, Léonard de Vinci...



SCIENCE & VIE HORS SERIE

Tous les trois mois, LES HORS SERIE de SCIENCE & VIE traitent de façon exhaustive un grand sujet de notre temps. Chaque HORS SERIE fait le tour complet d'une question d'actualité scientifique.



ET ABONNEZ-VOUS DES AUJOURD'HUI A L'UNE DE CES DEUX FORMULES :

FORMULE N° 1

ABONNEMENT D' 1 AN
AU PANORAMA
DE LA SCIENCE

12 N°s de SCIENCE & VIE
6 N°s des CAHIERS
DE SCIENCE & VIE

349 F

seulement au lieu de 468 F *

FORMULE N° 2

ABONNEMENT D' 1 AN
AU MAXI PANORAMA
DE LA SCIENCE

12 N°s de SCIENCE & VIE
6 N°s des CAHIERS DE
SCIENCE & VIE
4 N°s HORS SERIE DE
SCIENCE & VIE

405 F

seulement au lieu de 568 F *

BULLETIN D'ABONNEMENT A TARIF PRIVILEGIÉ

à compléter et à retourner avec votre règlement à l'ordre de SCIENCE & VIE sous enveloppe affranchie à : SCIENCE & VIE - Service Abonnements - 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris cedex 15.

OUI je m'abonne pour un an
et à tarif privilégié à la formule suivante
que je coche ci-dessous :



FORMULE N°1 : PANORAMA DE LA SCIENCE (18 N°)
349 F seulement au lieu de 468 F * / **119 F** d'économie



FORMULE N°2 : MAXI PANORAMA DE LA SCIENCE (22 N°)
405 F seulement au lieu de 568 F * / **163 F** d'économie

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Conformément à la loi Informatique et Liberté du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.

OFFRES VALABLES JUSQU'À FIN 1996. ET RESERVEES A LA FRANCE METROPOLITAINE.ETRANGER: NOUS CONSULTER Tel (33-1) 46 48 47 08
Vous pouvez aussi vous abonner par Minitel en tapant 3615 ABON

(*) Prix de vente normal chez votre marchand de journaux

■ Les volcans ne seront bientôt plus ces tyrans imprévisibles aux caprices dévastateurs. Plusieurs méthodes de surveillance par satellite permettent déjà de noter leurs "faits et gestes", donc de prévoir leur éventuelle éruption et d'évacuer à temps les populations.

PAR PIERRE POIX

Redoutés depuis la plus haute antiquité, les volcans ont longtemps été considérés comme des créatures maléfiques. Et il faudra attendre le milieu du XIX^e siècle pour voir naître la volcanologie, avec l'installation, sur le Vésuve, du premier véritable observatoire scientifique.

La montée de la lave dans les entrailles du volcan s'accompagne, en effet, de phénomènes physiques – ondes sismiques, gonflement du sol, émissions de gaz et modifications du champ magnétique – aisément mesurables par de nombreux dispositifs. La seule prévention efficace réside justement dans l'observation de ces signes annonciateurs. Mais, aussi sophistiqués soient-ils, tous les laboratoires souffrent d'un inconvénient majeur : ils exigent un minimum de présence humaine.

La dernière méthode mise au point élimine totalement ce dernier handicap en déléguant au satellite toute la mission de

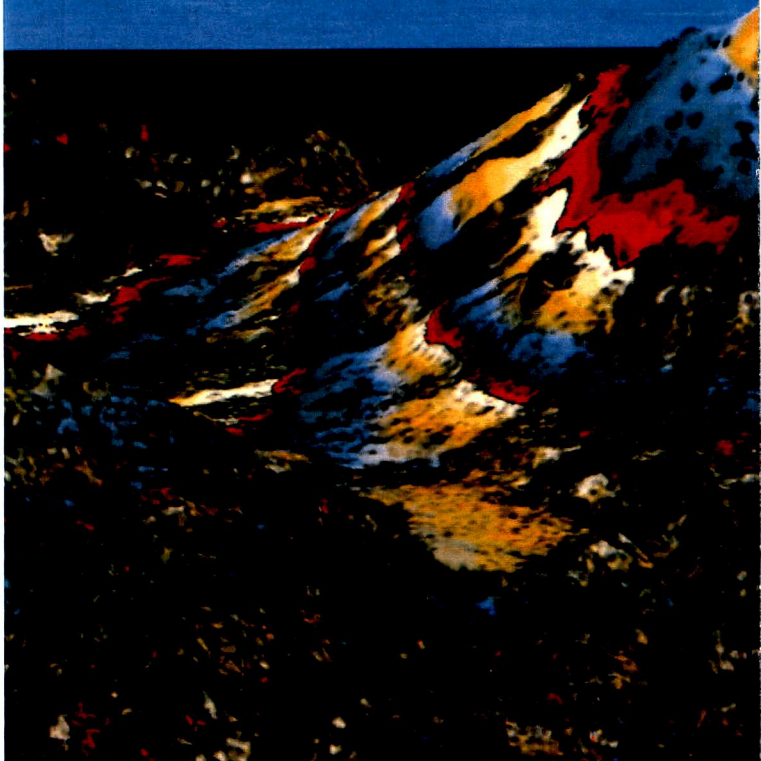
surveillance des volcans. Avec l'interférométrie radar différentielle, des images haute résolution d'une région sont prises par un radar satellisé (de type *ERS-1* ou *ERS-2*), à 800 km d'altitude, lors de passages successifs. Il suffit, ensuite, de superposer ces images pour déceler, avec une précision millimétrique, les moindres changements du relief et les plus petits déplacements du sol.

Didier Massonnet a testé le procédé pour le Centre national d'études spatiales (CNES) au-dessus de l'Etna. Il a obtenu, sans y mettre les pieds une seule fois,

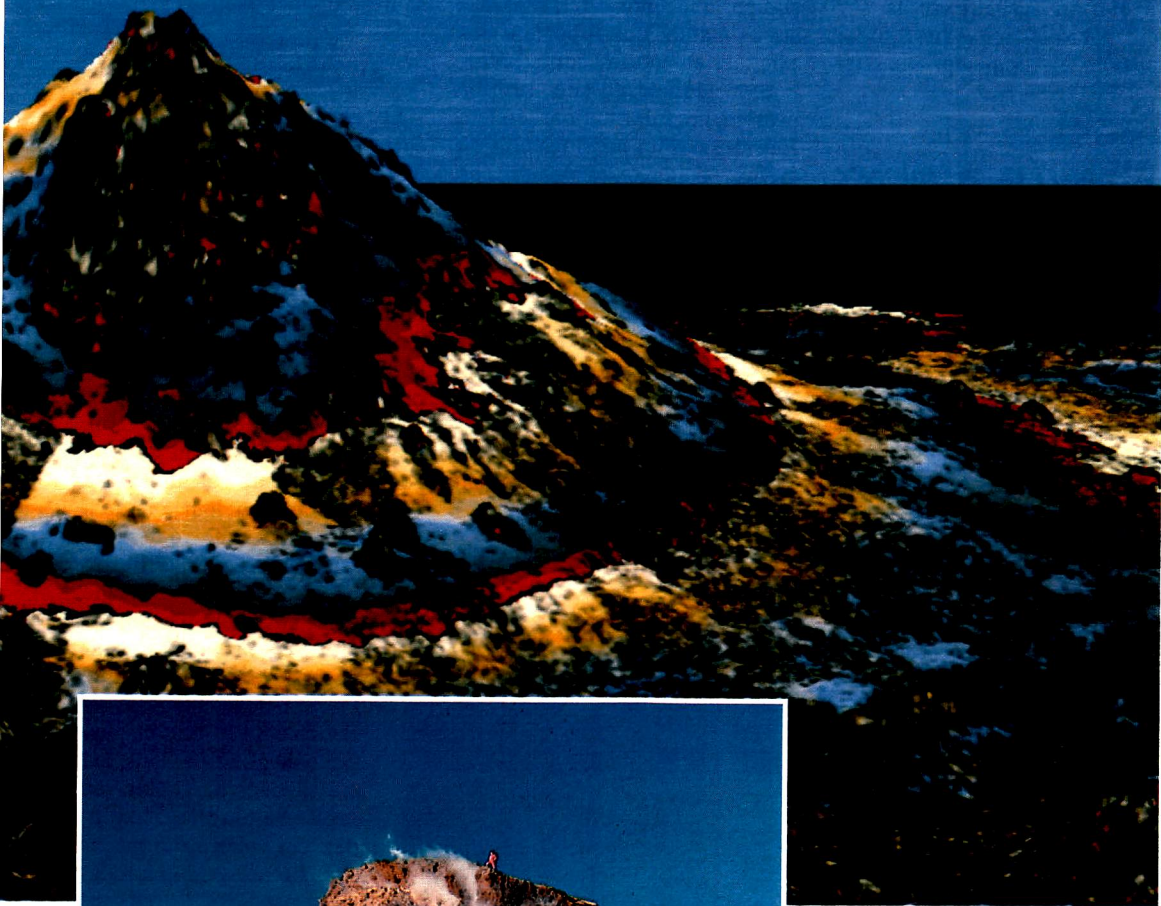
une véritable cartographie du volcan, illustrant les métamorphoses du site au cours de la précédente période d'éruptions, de 1991 à 1993 (voir le document ci-dessus).

La technique s'applique avec la même efficacité à des phénomènes aussi divers que séismes, glissements de terrain et progression des glaciers, à la surveillance du sol au-dessus d'exploitations minières (gaz, pétrole, charbon, etc.) et à l'observation de la croissance des végétaux. Une seule contrainte : l'état du sol doit demeurer inchangé entre les prises de vues, ce ■ ■ ■

Les volcans



en garde à vue



EAS/CNRS



Boursailler/Du Haqui

L'Etna se dégonfle

A partir des images radar prises successivement par le satellite *ERS-1*, pendant plus d'un an, après la dernière période d'éruptions du volcan sicilien (photo ci-contre), les chercheurs du CNES ont établi des modèles mathématiques dont la synthèse met en évidence le "dégonflement" de l'Etna. Le document ci-dessus restitue l'image finale en trois dimensions : chaque cycle de couleurs (rouge-jaune-mauve) correspond à une variation de 28 cm.

■ ■ ■ qui exclut l'observation des mers et celle de toutes les régions couvertes d'une végétation dense.

Cette avancée technologique ne remet cependant pas en question l'évolution actuelle de la surveillance volcanologique, qui fait appel depuis longtemps aux satel-

Quand la Nièvre alerte les Philippines ou le Vanuatu

lites. Le système Argos de collecte d'informations par satellite assure ainsi le fonctionnement de stations automatiques de surveillance, en transmettant directement les données aux satellites grâce aux fameuses bouées Argos. Depuis une dizaine d'années, le Centre de télé-observation informatisée des volcans (CTIV) surveille une dizaine de volcans situés aux Philippines, en Nouvelle-Zélande, au Vanuatu et en Indonésie. Les informations recueillies *in situ* sont transmises par le système Argos, rassemblées au centre quelques heures plus tard et mises immédiatement à la disposition des chercheurs concernés. « Il n'est pas rare, dit Jeanne Tabbagh, responsable du CTIV, que ce soit moi qui alerte les autorités locales, de mon laboratoire de Garchy, perdu au fin fond de la Nièvre. »

Les déformations du sol sont calculées de deux façons : en matérialisant sur le sol des réseaux de points qu'on mesure régulièrement ou en les enregistrant en continu sur des appareils tels que les inclinomètres (qui notent les variations de pente d'un point) et les exten-

somètres (qui relèvent les variations d'écartement des fissures). Dans l'île de la Réunion, le piton de la Fournaise est équipé de deux stations d'extensomètres et de huit stations d'inclinomètres, réparties sur le massif, qui apportent des données en continu sur la déformation globale du site. Jusqu'à présent, ces informations étaient fournies par les missions plus ou moins régulières des membres de l'équipe. La méthode était lourde et peu satisfaisante. « Il nous manquait, explique Patrick Bachelery, directeur de la Maison du volcan, des mesures sur de grandes distances, à l'échelle du massif. En 1993, nous avons donc installé un distancemètre [photo ci-dessous] couplé à un théodolite (!). L'ensemble, motorisé, permet de mesurer en continu et successivement

une quinzaine de points avec une grande précision. En mars 1995, nous lui avons adjoint un système de mesure par GPS qui a l'avantage de fonctionner vingt-quatre heures sur vingt-quatre. »

DES MESURES AU CENTIMÈTRE PRÈS

Le GPS (*Global Positioning System*) américain peut, grâce à une flotte de 21 satellites, déterminer à quelques mètres près les coordonnées de n'importe quel point à la surface du globe. En volcanologie, où l'on recherche une précision plus grande encore, il ne présente aucun intérêt en mesure absolue, mais autorise des mesures relatives au centimètre près. Il suffit de définir deux points à mesurer : l'un dans la zone d'activité du volcan, l'autre suffisamment loin pour qu'il soit stable et serve de référence au premier. Cette application à la volcanologie est relativement récente.

« Les premières campagnes de GPS, explique Pierre Briole, chargé de recherches à l'Institut de physique du globe de Paris, ont été menées sur l'Etna en 1988. Aujourd'hui, la plupart des volcans européens sont surveillés ponctuellement par GPS. Rares sont ceux qui bénéficient de mesures en continu : le piton de la Fournaise, à la Réunion, l'Etna, en Italie, et quelques volcans au Japon. »

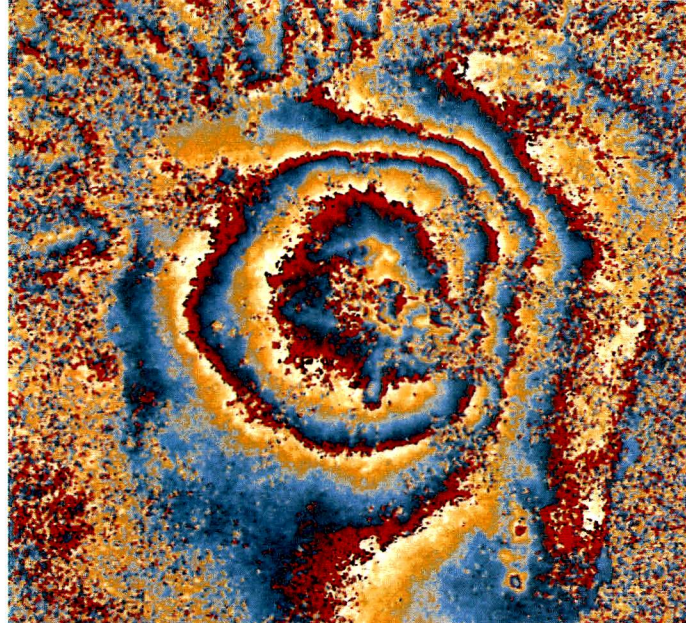
La Fournaise fut le premier volcan doté d'un équipement permanent : un récepteur GPS pour recevoir les signaux satellites, un ordinateur pour traiter les informations, un émetteur radio pour les transmettre à l'observatoire et une alimentation électrique assurée par des panneaux solaires couplés à une batterie. Le choix s'est porté sur un

L'œil sur le piton

Le distancemètre automatique et son panneau solaire installés sur le volcan du piton de la Fournaise, à la Réunion.

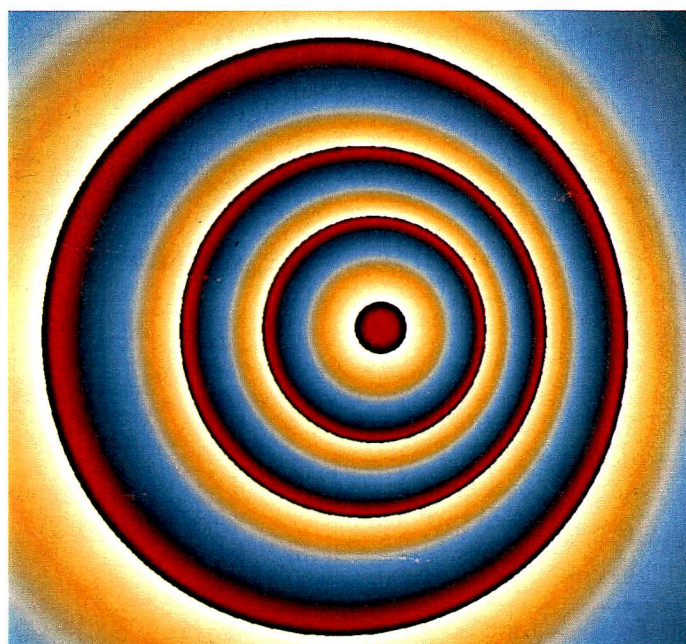


C. Pambrun



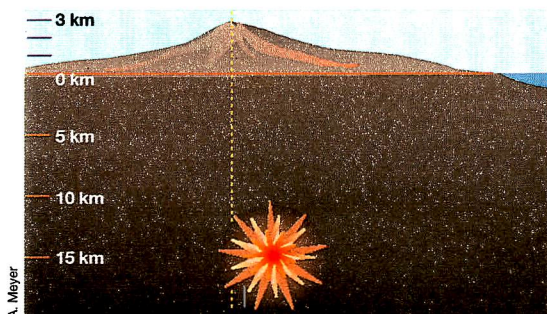
Eruption sur ordinateur

A partir d'un interférogramme transmis par ERS-1 (ci-contre), on établit un modèle mathématique (ci-dessous) qui permet de simuler des éruptions sur ordinateur et de comparer les déformations fictives du sol avec la réalité.



Documents CNES

Au-dessous du volcan



La modélisation a permis de localiser le centre de la chambre de dilatation entre 13 et 19 km sous le niveau de la mer, à l'est du cône central du volcan.

équipement modulaire évolutif, capable d'accompagner les progrès technologiques. Il a aussi fallu concevoir des logiciels efficaces, susceptibles d'effectuer les calculs nécessaires en temps réel. Mais, revers de la médaille, cet ensemble sophistiqué ne fonctionne qu'au prix d'une maintenance constante. Dans le cas de la Fournaise, le couplage des deux dispositifs autorise une surveillance temporelle, par le GPS, et une surveillance spatiale de qualité, par l'instrument motorisé. Le résultat est remarquable : il permet de connaître toutes les deux heures la position du sommet par rapport au bord du volcan avec une précision inférieure au centimètre. Or, dans les phases prééruptives, cette déformation atteint plusieurs centimètres en quelques jours. A l'aide d'un tel outil, on devrait pouvoir anticiper une éruption de plusieurs jours.


Les balises GPS sont des instruments coûteux qu'on ne peut installer en permanence sur tous les volcans. En Europe, chaque pays s'efforce donc de s'équiper en vue d'une surveillance minimale de son territoire et participe simultanément à un programme de réseau qui, dans un délai d'un ou deux ans, offrira un parc d'une dizaine de récepteurs GPS portables qui pourront être rapidement déployés en cas d'alerte, afin de multiplier les points d'observation sur le volcan. ■

(1) Instrument de géodésie et de topographie servant à mesurer angles réduits à l'horizon, distances zénithales et azimuts.

SCIENCES COGNITIVES

Le cerveau musicien

PAR PHILIPPE
CHAMBON



■ Existe-t-il une "bosse de la musique"? La musique nous rend-elle plus sociable? Pourquoi l'évolution a-t-elle sélectionné cette faculté singulière, qui fait appel à des phénomènes neurologiques complexes? La science s'intéresse de plus en plus à ces énigmes.

Ils célébraient leur anniversaire de mariage dans un restaurant chic de Montréal... Au cours du repas – charmante attention –, Georges L. demande à l'orchestre d'interpréter leur air fétiche, *la Vie en rose*. La conversation suit son cours. Le dîner est délicieux. Ambiance romantique, teintée d'un brin de nostalgie. Sur le chemin du retour, le couple commente la soirée. Elle est ravie, lui regrette simplement que les musiciens n'aient pas joué leur chanson favorite. « Mais ils l'ont jouée trois fois », s'étonne-t-elle. Il ne l'a pas reconnue, pas plus qu'aucun des autres morceaux exécutés ce soir-là. Ni ce soir-là ni jamais plus. Ce businessman canadien de 61 ans est devenu incapable d'identifier une mélodie. C'est la première fois qu'il s'en aperçoit, mais il souffre probablement de ce trouble depuis

qu'il a été victime d'une légère hémorragie cérébrale quelques années auparavant. Pourtant, son comportement, son intelligence, sa compréhension du langage, son élocution, ses souvenirs, bref, tout ce qui est indispensable à la bonne conduite de ses affaires et de ses relations familiales, sont intacts.

Une mésaventure similaire est arrivée à une jeune infirmière, victime d'un accident vasculaire cérébral. Rentrant chez elle après un long séjour à l'hôpital, elle reprend ses habitudes, en particulier celle de chanter une chanson à son jeune fils pour l'endormir. Heureux de renouer avec ce rituel familial, l'enfant ne peut cependant s'empêcher d'interrompre sa mère à peine a-t-elle entonné le premier couplet. « Pourquoi tu ne chantes pas la vraie chanson ? » L'infirmière a beau se re-

prendre, ses efforts restent vains. Elle se souvient des paroles, mais l'air ne ressemble à rien. Elle ne sait plus chanter, ni reconnaître aucune mélodie. Pourtant, à l'hôpital, elle avait subi de nombreux tests, qui, à la grande satisfaction des médecins, garantissaient le fonctionnement parfaitement normal de son cerveau. Personne n'avait songé à évaluer sa capacité à reconnaître la musique.

Que s'est-il passé dans le cerveau de cet homme d'affaires et dans celui de cette infirmière ? Une lésion cérébrale, nettement circonscrite dans le cortex auditif, a détruit leur faculté d'identifier et de reproduire une quelconque mélodie. Trouble rarissime, que les spécialistes – tout aussi rares – nomment “amusie”. L'effet de ces lésions semble

■ ■ ■



Transcendé par la musique

Quand l'instrumentiste joue, son cerveau met en œuvre des circuits spécifiques au traitement du rythme et de la mélodie mais aussi le siège des émotions, la mémoire auditive et visuelle. Depuis soixante ans, Stéphane Grappelli vibre, et fait vibrer les mélomanes au son de son violon.

■ ■ ■ indiquer l'existence de circuits neuronaux uniquement voués à la perception et à la reconnaissance de la musique. Existe-t-il donc une "bosse de la musique", comme on croyait, au XIX^e siècle, qu'il existait une "bosse des maths"? La musique joue-t-elle un rôle dans

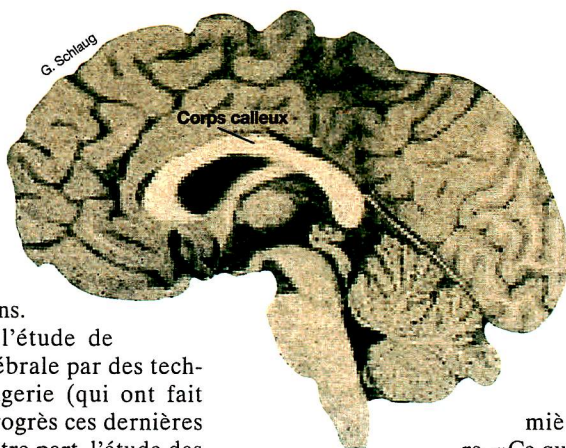
Il avait perdu le langage, il écrit sa plus belle symphonie

l'intelligence? Comment le cerveau traite-t-il les mélodies? Les facultés musicales font appel à des phénomènes neurologiques très complexes. Elles soulèvent une foule de questions que la science est encore loin d'avoir résolues.

La musique rend-elle plus intelligent?

Dans un certain sens, oui, puisqu'elle permet de développer la coordination motrice, la lecture, la maîtrise des émotions. La pratique de l'orchestre favorise l'attention aux autres et la sociabilité. L'apprentissage musical participe à l'épanouissement personnel dans la mesure où il n'est pas uniquement vécu comme une contrainte.

Les neurologues mènent l'enquête principalement dans deux directions. D'une part, l'étude de l'activité cérébrale par des techniques d'imagerie (qui ont fait d'énormes progrès ces dernières années); d'autre part, l'étude des victimes de lésions cérébrales, leurs troubles renseignent sur les circuits ou les zones du cerveau impliquées dans le traitement de la musique. Cette approche, dite neuropsychologique, est la spécialité d'Isabelle Peretz, guitariste classique et neuropsychologue à l'université de Montréal. Elle a tout particulièrement étudié les cas du businessman et de l'infir-

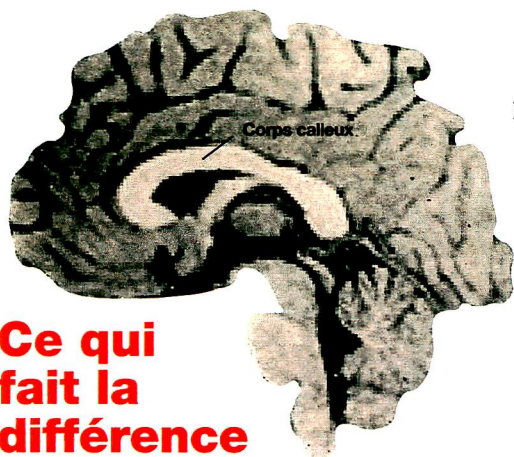


miè-re. «Ce qui m'a le plus surprise, dit-elle, c'est l'effet très spécifique de ces lésions.» Elle pense aussitôt à Chébaline, le compositeur russe, auteur, dans les années cinquante, de symphonies très remarquées. A la suite d'un accident cérébral dans l'hémisphère gauche, siège du langage, il perdit l'usage et la compréhension de la parole, ce qui ne l'empêcha pas de composer la dernière de ses cinq symphonies, celle que Chostakovitch jouait la plus brillante. Un cas inverse de ceux des Canadiens. Ils ont perdu la musique mais pas le langage. Chébaline avait perdu le langage mais pas la musique. Ces trois exemples indiquent clairement que les facultés langagières et musicales sont dissociables.

LA MÉLODIE DISSOCIÉE DU RYTHME

D'autres exemples de lésions cérébrales suggèrent que le cerveau traite différemment les bruits de l'environnement. Alors qu'on pensait que la musique était l'objet d'un traitement global, Isabelle Peretz avance l'idée qu'elle serait, au contraire, partagée en plusieurs fonctions. Ainsi la mélodie et le rythme lui apparaissent-elles nettement séparés. Chez certains de ses patients, ceux qui ont perdu le sens de la mélodie conservent celui du rythme, tandis que ceux qui ont perdu le rythme conservent la mélodie. «La musique n'est donc pas une capacité monolithique qui existe ou non chez un individu. Elle repose sur de nombreuses





Ce qui fait la différence

A gauche, le cerveau d'un non musicien; ci-dessus, celui d'un musicien professionnel ayant travaillé son instrument depuis sa tendre enfance. Sur ces scanners réalisés par le neurophysiologiste Gottfried Schlaug, les spécialistes remarquent que le corps calleux du musicien est 15 % plus volumineux. Cette partie du cerveau est chargée de la communication entre les deux hémisphères.

composantes qu'on peut dissocier aussi clairement que le langage et la musique chez les patients dont nous avons parlé.»

Une batterie de tests sur des sujets normaux et sur des personnes souffrant d'une lésion cérébrale a montré que la mélodie elle-même est traitée en plusieurs composantes. Notamment, la reconnaissance du contour mélodique, c'est-à-dire les variations vers le haut ou vers le bas. Plusieurs études suggèrent que cet aspect essentiel d'une mélodie, qui permet d'identifier l'air que chantonne un enfant, même s'il ne respecte pas les intervalles exacts entre les notes, est traité par l'hémisphère droit, tandis que c'est l'hémisphère gauche qui se chargerait de l'appréciation des intervalles, la différence de hauteur entre deux notes. D'après Isabelle Peretz, l'analyse du contour semble préalable et indispensable à la reconnaissance des intervalles. Dernier aspect de la mélodie traité à part : la composante tonale. Il s'agit ici de savoir apprécier, par exemple, si une note appartient à la tonalité d'une mé-

lodie ou si c'est une "fausse" note. Des lésions cérébrales peuvent également priver de cette capacité.

Aussi passionnantes qu'elles soient, les études sur les lésions cérébrales souffrent d'un gros défaut : elles dépendent des patients et de leurs troubles. En outre, elles sont souvent trop importantes pour fournir des indications détaillées. Pour parvenir à plus

de finesse, Isabelle Peretz a d'ailleurs entrepris de travailler en collaboration avec Catherine Liégeois-Chauvel, une neurophysiologiste de Rennes, dont les patients

épileptiques ont subi une intervention chirurgicale clairement délimitée dans le cerveau. Il reste un dernier écueil : ses recherches portent sur des sujets malades, ce qui ne permet pas toujours d'extrapoler à des individus sains.

LES RÉVÉLATIONS DE L'IMAGERIE

Pour explorer les capacités musicales du cerveau normal, les neurologues ont recours à des techniques d'imagerie sophistiquées, comme le PET, la fameuse tomographie à positons, ou l'IRM, l'imagerie par résonance magnétique, capables de détecter l'activité de petites zones du cerveau pendant que le sujet remplit une tâche particulière. C'est par ce moyen que Robert Zatorre, organiste, chercheur de l'Institut neurologique de Montréal, a montré que les lobes temporaux (cortex auditif) interagissent avec le lobe frontal, plus spécifiquement chargé de la mémoire de travail, cette mémoire à court terme qui donne une cohérence aux perceptions. ■ ■ ■

ENTENDRE CE QUI N'EXISTE PAS

Une voix quelconque entendue au téléphone n'a rien d'étrange et on reconnaît aisément une voix familière. Pourtant, à y écouter de plus près, elle ne devrait être ni identifiable ni même compréhensible. En effet, le téléphone ne laisse passer aucune fréquence sous 300 hertz. Or, la note la plus caractéristique des sons émis par la voix humaine est généralement située au-dessous de cette limite. Comme tous les notes musicales, celles de la voix sont formées de plusieurs

sons, les harmoniques, dont le plus grave est appelée note fondamentale.

Des expériences de laboratoire confirment que la hauteur d'un son formé d'harmoniques, mais dont on a supprimé la fondamentale, est très facilement identifiée à cette fondamentale, même si le timbre s'en trouve légèrement modifié. Comment le cerveau procède-t-il pour restituer cette note absente ? Ce n'est pas clair. Il est possible, comme le soutient Robert Zatorre, de l'Institut de neurologie de

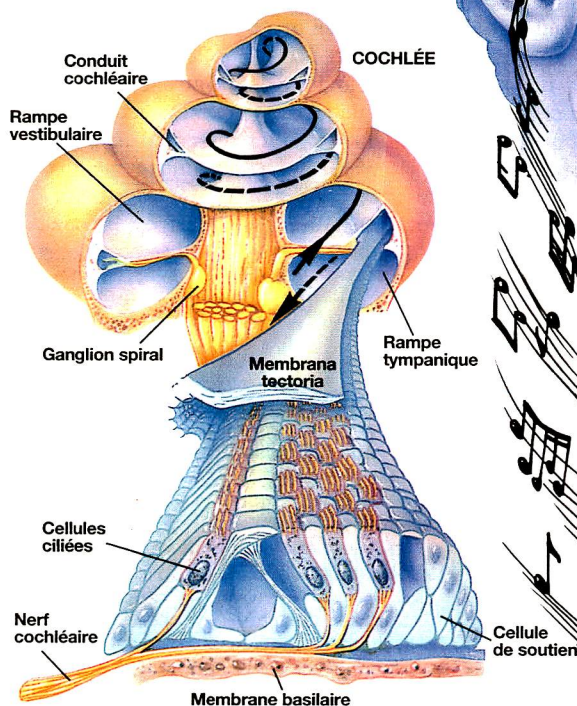
Montréal, que le "calcul" de la fondamentale se déroule dans l'hémisphère droit, dans une zone connue sous le nom de gyrus de Heschl, une partie du cortex auditif.

D'autres chercheurs, comme Catherine Liégeois-Chauvel, de la clinique neurologique de Rennes, envisagent que des zones de l'hémisphère gauche seraient également impliquées dans certaines opérations à la restitution de la fondamentale. Tous ces travaux seront bientôt publiés. Affaire à suivre.

LES VOIES DU SON

Les ondes sonores interceptées par le pavillon de l'oreille empruntent le conduit auditif externe et viennent frapper le tympan, qui agit alors sur les osselets, dans l'oreille moyenne. Sur ce dessin, tympan et osselets sont masqués par l'oreille interne, ou labyrinthe (en jaune). La vibration des osselets, chargés d'atténuer les sons trop forts, se répercute dans l'endolymphe, liquide qui baigne l'oreille interne.

Le son, transformé en onde de pression, pénètre alors dans la cochlée où il fait vibrer la membrane basilaire. La taille et la rigidité des fibres de cette membrane varie : près de l'entrée de la cochlée, elles sont courtes et

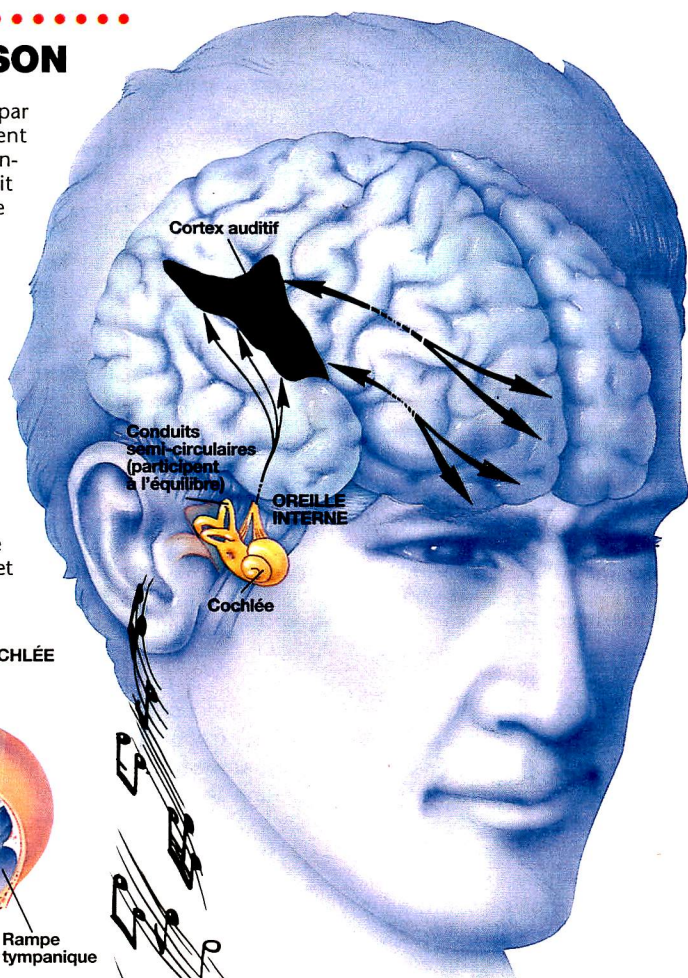


rigides, sensibles aux hautes fréquences; au sommet, elles sont longues et souples, entrant en résonance avec les basses fréquences. La vibration de la membrane basilaire se transmet aux cellules ciliées dont les cils sont pris dans la *membrana tectoria*. La déformation de ceux-ci est enregistrée par les terminaisons nerveuses enroulées sur leur base.

Ce signal est ensuite dirigé vers le

cortex auditif qui lui-même est en contact avec de nombreuses régions du cerveau.

La malformation ou la détérioration des cils par des sons trop violents vient parfois brouiller l'écoute, provoquant une surdité plus ou moins prononcée.



Dessins C. Witte-Deguilhaume

■ ■ ■ Ainsi, une symphonie ne nous apparaît pas comme une simple suite de notes indépendantes, mais comme une œuvre musicale. L'imagerie cérébrale montre aussi que les circuits impliqués dans la musique agissent sur le système limbique, siège des émotions. Comment ? C'est encore un mystère.

SELON QU'ON EST INDIEN OU OCCIDENTAL...

Robert Zatorre était curieux de savoir ce qui se passe quand on évoque une mélodie "dans sa tête", sans la chanter ou la jouer. Pour contraindre ses cobayes à penser une mélodie, il leur demande de dire si un mot d'une chanson est plus haut ou plus bas qu'un autre (par exemple "allons" et "patrie" dans *la Marseillaise*). La caméra à position révèle que l'activation cérébrale est exactement la même que celle provoquée par l'écoute de cette mélodie. Seule différence : lorsque la mélodie est imaginée, le cortex visuel aussi est activé, ce qui laisse penser qu'un schéma tonal peut être associé à des schémas visuels.

Mais l'imagerie a ses limites : elle ne tient pas compte de la dimension temporelle. Elle donne un instantané, qui ressemble plutôt à une pause pendant laquelle le cerveau mène de front plusieurs activités, bien difficiles à dissocier.

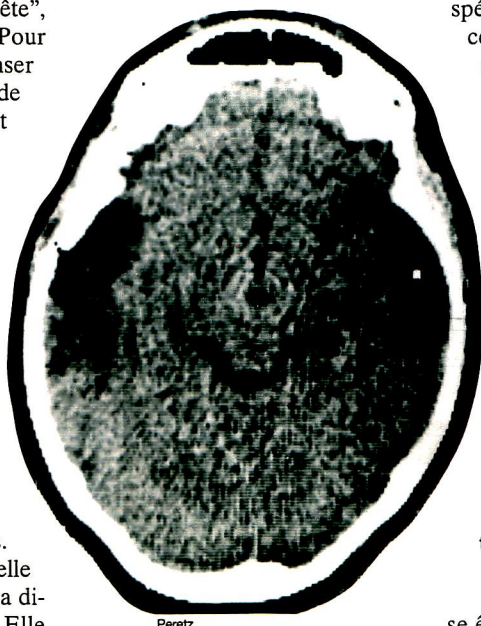
Quels sont les circuits cérébraux chargés des différents aspects de la musique ? On sait que les deux hémisphères sont impliqués, mais que certains éléments de la musique sont traités par l'un et non par l'autre. Cependant, les études des lésions cérébrales ou de l'imagerie du cerveau en action ne sont jamais assez fines pour désigner des circuits neuronaux particuliers.

De façon plus précise, on a déjà montré que certains neurones correspondent à une fréquence don-

née. Une expérience, désormais classique, consiste à insérer une électrode très fine dans le cortex auditif de sujets éveillés. On parvient à provoquer la sensation d'entendre différentes mélodies ou différentes voix familières, selon les groupes de neurones qui sont excités par l'électrode. Jamshed Bharucha, du Dartmouth College, à Hanovre (New Hampshire), estime qu'on découvrira certainement de cette façon des neurones

ment, seules les "grandes lignes" de sa structure étant génétiquement déterminées. Un Occidental fait d'ailleurs très difficilement la différence entre deux morceaux joués par un gamelan balinaise, et un Balinaise ne distinguera guère Mozart de Vivaldi, qui évoquent pour lui une sorte de musique militaire (sa seule référence en matière de musique occidentale).

Mais quels que soient les codes et les cultures, les hommes sont tous dotés de facultés musicales spécifiques, liées à des structures cérébrales particulières. Pour que cette caractéristique puis-



Peretz

Mélodie perdue

A la suite d'une double lésion du cortex auditif – les deux taches sombres de part et d'autre du cerveau, sur cette image obtenue par scanner –, une jeune Canadienne est devenue incapable de reconnaître une mélodie. C'est la seule faculté qui a été détériorée. Il y a donc des circuits neuronaux exclusivement dédiés au traitement de la musique.

répondant à des accords familiers, d'autres réglés sur les octaves ou les quintes et autres intervalles communs.

Cette idée ne doit pas laisser croire qu'il y aurait des circuits neuronaux génétiquement déterminés, "précablés" pour réagir à ces accords et à ces intervalles particuliers. Il est probable que les neurones du cortex auditif d'un sujet seront sensibles aux caractéristiques des musiques occidentales (gamme à douze demi-tons) s'il grandit en Occident, alors qu'ils réagiront à d'autres caractéristiques s'il est éduqué en Inde ou en Indonésie. Le cerveau se développe en effet en fonction de son environne-

se être favorisée par la nature, il fallait qu'elle confère à l'homme un "avantage" adaptatif face à la sélection naturelle. Faute de certitudes sur cet aspect de l'évolution, on ne peut que spéculer. Pour de nombreux spécialistes, la sensibilité mélodique est liée au langage. Il y aurait une sorte de grammaire dans la hauteur des sons. Par exemple, la voix monte dans les phrases interrogatives.

UNE VOIX MONOCORDE ENNUIE

Pour communiquer, il est impératif de pouvoir décoder ces variations. « Si nous sommes si sensibles à la hauteur des sons, c'est parce qu'elle joue un rôle dans la recon-

■ ■ ■ naissance des intonations du langage parlé, dit Richard Ragot, neurophysiologiste de l'unité de psychologie cognitive du CNRS à la Salpêtrière à Paris. Cette intonation participe en effet à la transmission des affects : une voix monocorde, comme celle de certains dépressifs, provoque l'ennui et un relâchement immédiat de l'écoute. » La discrimination des variations de hauteur est d'ailleurs très fine : 0,2 % entre 100 hertz et 3 000 hertz (0,6 % pour un quart de ton), ajoute ce chercheur, jazzman à ses heures. On retrouve

Le violon d'Ingres d'Albert

Pas besoin d'être un génie pour jouer de la musique. Mais beaucoup d'intellectuels de haut niveau en écoutent ou en jouent.

Peut-être parce que la sensibilité esthétique tient une place particulière dans leurs activités.



l'importance de la mélodie dans l'apprentissage d'une langue étrangère, où la principale difficulté est de s'accoutumer à de nouvelles intonations et à une rythmique différente.

MAMAN CHANTONNE, BÉBÉ APPREND

Une autre hypothèse, avancée par des spécialistes de l'apprentissage du langage chez l'enfant, veut que la mélodie intervienne dans la transmission de la langue par la mère. La façon dont les mères chantonnent, souvent dans l'aigu, plutôt qu'elles ne parlent (les anglophones disent "to motherese", nous dirions "parler bébé") à leur nourrisson serait une étape clé de l'apprentissage du langage. Et de la musique, par la même occasion. Les enfants ont d'ailleurs une nette propension naturelle à chanter, que toutes crèches du monde exploitent volontiers.

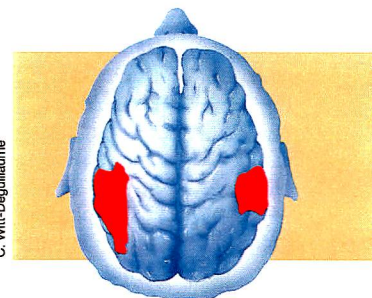
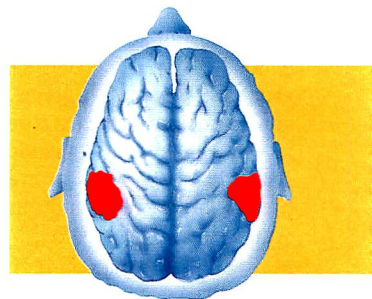
Les personnes totalement réfractaires à la musique ne sont cependant pas rares. On estime que 10 % de la population a des difficultés à mémoriser ou à reproduire une mélodie, ce qui ne les empêche pas de s'exprimer verbalement de façon normale. Malheureusement, ces personnes n'ont pas encore fait l'objet d'études approfondies.

Nous ne serions donc pas tous égaux devant la musique. Les grands musiciens auraient-ils un cerveau différent de celui du commun

des mortels? Gottfried Schlaug, du Beth Israel Hospital, à Boston, a observé que le corps calleux, structure nerveuse qui assure la communication entre les deux hémisphères, est de 10 à 15 % plus développé chez certains musi-

POURQUOI CER

Quel don étrange que celui de l'oreille absolue, ce pouvoir de nommer une note sans faire référence à une autre. Alors que la grande majorité des musiciens ne peut nommer une note qu'en évaluant l'intervalle de hauteur qui la sépare



C. Witt-Degullaume

ciens. Dans le même esprit, des travaux menés à l'université de Constance (Allemagne) par Thomas Elbert indiquent que les aires cérébrales correspondant à la sensibilité des doigts de la main gauche des instrumentistes à corde sont plus étendues que celles des non-musiciens. Serait-ce un caractère inné ou acquis?

Si la réponse n'est pas nettement tranchée et si les deux facteurs interviennent de concert, la composante génétique n'est probablement pas la plus déterminante. En effet, ce phénomène relève plus de la "musculature" que du don de naissance. Un fait permettrait aux scientifiques de pencher

TAINS MUSICIENS ONT L'OREILLE ABSOLUE

d'une note de référence entendue peu de temps avant – le "la" ou n'importe quelle autre note de la gamme –, ceux qui sont porteurs de l'oreille absolue ont chaque note "dans la tête".

Comment procède leur cerveau ? Robert Zatorre, de l'Institut de neurologie

de Montréal, a tenté de le savoir en comparant l'activité cérébrale de musiciens "normaux" à celle de musiciens doués de l'oreille absolue (voir images ci-dessous à droite). Il leur a fait entendre un simple bruit, a enregistré leur activité cérébrale avec une caméra à posi-

tons (PET), puis a refait une seconde fois la mesure en leur faisant écouter une note de musique. Ensuite, il a "soustrait" l'image obtenue avec la note de celle due au simple bruit. Le résultat indique donc l'activité cérébrale propre à l'écoute d'une note de musique. Chez tous les sujets, les mêmes zones s'activent mais, chez ceux qui possèdent l'oreille absolue, une zone supplémentaire s'active également. Est-ce le siège de l'oreille absolue ? Non, c'est une zone impliquée dans les processus d'association – dans ce cas, probablement l'association d'un nom à une note.

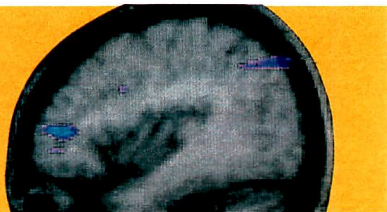
Par ailleurs, si l'on demande aux mêmes sujets de reconnaître des intervalles (tierce majeure – demi – ou mineure – ré-fa), il y a une zone activée chez les musiciens "normaux" qui ne l'est pas chez ceux qui ont l'oreille absolue. Cette zone supplémentaire représenterait la mémoire de travail pour

la hauteur des notes puisque les musiciens ordinaires ont besoin de garder la note précédente en mémoire pour la comparer à la suivante.

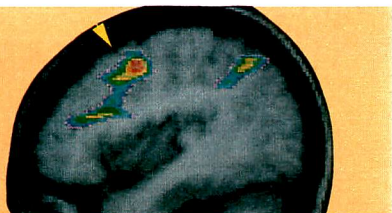
D'autres travaux réalisés à l'université de Düsseldorf, en Allemagne, avec une technique similaire (IRM) montrent que les musiciens doués d'oreille absolue ont une asymétrie des lobes temporaux (cortex auditif) plus importante que les autres (voir taches rouges sur le dessin ci-contre, à gauche).

L'oreille absolue est-elle la manifestation de mécanismes auditifs spécialisés, voire même d'une structure cérébrale particulière ? Robert Zatorre insiste sur la difficulté d'interprétation de ces images du cerveau en action. En outre, il précise qu'il ne faut pas chercher un centre nerveux de l'oreille absolue. Pour lui, il s'agit plutôt de fonctions particulières qui, selon les individus, sont ou ne sont pas mises en œuvre.

Le cerveau d'un musicien à l'oreille "normale"...



... et celui d'un musicien doué de l'oreille absolue



pour le caractère acquis de cette configuration cérébrale : elle ne s'observe que chez les musiciens ayant commencé à travailler la musique intensément (plusieurs heures par jour) avant l'âge de sept ans. Age où le cerveau, en plein développement, fait preuve d'une remarquable plasticité.

Voilà bien la caractéristique la plus étonnante du cerveau : sa capacité à se transformer avec l'apprentissage. Notion révolutionnaire en neurologie : il y a encore une dizaine d'années, on affirmait que le "câblage" du cerveau est immuable. On sait aujourd'hui que, si les neurones ne se divisent pas, ou très peu, ils peuvent développer de

nouvelles connexions tout au long de la vie. C'est probablement la raison pour laquelle la rééducation neurologique compense les pertes dues à une lésion, car elle met à contribution d'autres neurones et d'autres connexions.

NE BOUDONS PAS LE PLAISIR !

La musique est donc un bon moyen de développer ses capacités cérébrales. Outre que l'apprentissage musical développe les facultés de concentration, il est une excellente activité pour la coordination motrice et la maîtrise des émotions. C'est aussi une formidable source de plaisirs qu'on

peut consommer sans modération.

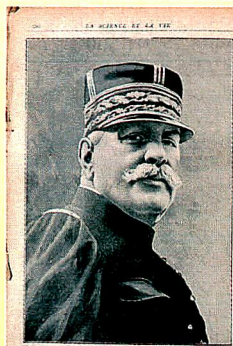
En fin de compte, pourquoi sommes-nous sensibles à la musique ? Pour mieux communiquer. Au même titre que le langage, la musique est un facteur de cette cohésion sociale qui a fait le succès de l'espèce humaine – quelle société ne s'est pas dotée d'une musique ou d'un hymne propres ? Il n'est donc pas surprenant qu'à partir d'une particularité neurologique nécessaire (et indépendante) au développement de la plus sophistiquée des aptitudes humaines – le langage – nous ayons élaboré une activité culturelle raffinée, source de créativité infinie. ■

Un tirage **LIMITÉ** pour une réédition originale d'une valeur **ILLIMITÉE...**

Revivez en direct tous les événements - débats et polémiques - qui ont marqué l'année 1914. Pour vous, **SCIENCE & VIE** réédite, en tirage limité, la collection des neuf numéros de **LA SCIENCE ET LA VIE** parus en 1914. Découvrez cette période qui marque notre mémoire et celle de la France à tout jamais ; vous serez surpris par l'actualité de certains sujets ! Témoignage historique mais aussi valeur sentimentale, cette remarquable collection vous fait remonter le temps.

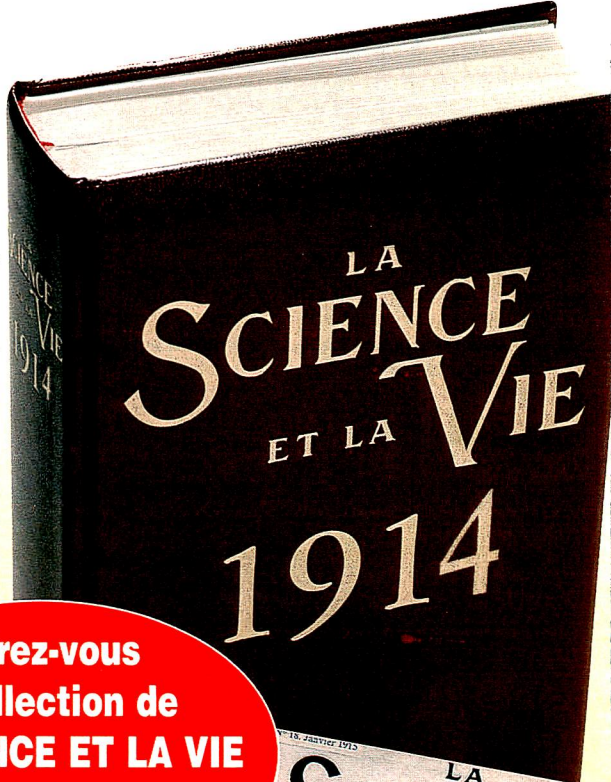
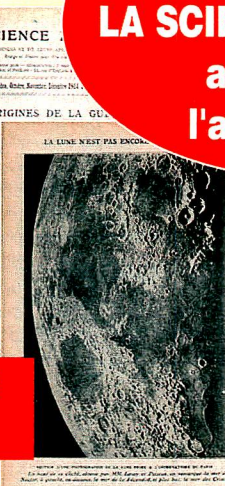
Alors chez vous, pour vous, réservez un emplacement de choix à ce document aussi rare qu'intelligent. Souscrivez à la collection complète de l'année 1914 de **LA SCIENCE & LA VIE** au prix extraordinaire de **373 francs** seulement. Vous recevrez personnellement votre volume relié comprenant ces neuf numéros d'exception.

Offrez-vous la collection de LA SCIENCE ET LA VIE avec toute l'année 1914



VOLUME INTROUVABLE DANS LE COMMERCE

PHOTOS NON CONTRACTUELLES



BON DE COMMANDE

à retourner accompagné de votre règlement sous enveloppe affranchie à Science & Vie Service VPC - 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris cedex 15

OUI

je commande la réédition originale et limitée en un volume relié façon cuir des 9 numéros de **LA SCIENCE ET LA VIE** parus en 1914 au prix de **373 francs** (dont TVA à 5,5 %) + 26 francs de port soit **399 francs TTC ***

- ☐ Je joins mon règlement de **399 francs** à l'ordre de Science & Vie.
- ☐ J'ai bien noté que je recevrai le (ou les) volume (s) commandé (s), directement à mon domicile.

* Prix unitaire pour la France métropolitaine.

Offre valable jusqu'à fin 96

Nom _____
Prénom _____
Adresse _____
Code postal _____ Ville _____

En application de l'article L 27 de la loi du 6/01/1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et sont exclusivement communiquées au destinataire la traitant. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès d'Excelsior. Vous pouvez vous opposer à ce que vos nom et adresse soient communiqués ultérieurement.

Alerte aux satellites fous !

Il est loin le temps (en octobre 1957) où le premier jouet spatial soviétique *Sputnik* faisait le tour de la Terre en toute sécurité. Aujourd'hui, les navettes américaines doivent

slalomer entre plusieurs milliers de débris. La plupart de ces objets, de quelques centimètres à quelques mètres, sont attirés irrésistiblement vers la Terre.

Plusieurs tonnes par



EPoullain

an ! Les plus gros viennent s'écraser sur le plancher des vaches. Le satellite chinois *FSW-1* est attendu pour début mars... personne ne peut dire où. Cette pluie artificielle

en rappelle une autre : la chute naturelle des météorites. Face à tous ces risques, les astronomes ont su lever les yeux au ciel pour tenter de prévoir - à défaut de prévenir.



Le réservoir extérieur de la navette spatiale *Discovery*, largué seize minutes après le décollage.

Les poubelles de l'espace
p. 62

Surveiller les poussières du ciel
p. 69

La menace extraterrestre
p. 71



LES POUBELLES DE L'ESPACE

■ Que deviennent les milliers de satellites qui, abandonnés, gravitent, explosent et se multiplient au-dessus de nos têtes avant leur chute probable ?

Les derniers logiciels des organismes internationaux tentent de prévenir les risques de dégâts catastrophiques, dans le ciel comme sur Terre.

PAR ROMAN IKONICOFF

Depuis le début de la conquête spatiale, en 1957, 16 000 "objets", lancés sur orbite, sont revenus sur Terre. Dernier exemple à venir, le satellite chinois d'expérimentation scientifique (et probablement d'observation militaire) connu sous le nom de *FSW-1*. Date prévue de son retour chaotique sur Terre : début mars. Avec un suspense dramatique puisque, suivant les calculs menés par le centre de trajectographie du CNES (Centre national des études spatiales) à Toulouse, certains éléments du satellite – dont le bouclier thermique – pourraient ne pas brûler dans l'atmosphère (lire p. 71) et

donc provoquer des dégâts s'ils s'abattaient sur une zone habitée. La date de la chute est, à l'heure où nous mettons sous presse, fixée au 7 mars par le logiciel de surveillance de l'espace du CNES, régulièrement informé par les radars américains (lire p. 70). Pour inquiétant que soit le retour du



FSW1, le fait n'est pas exceptionnel. Il y a actuellement en moyenne 10 rentrées d'objets par mois. Ceux-ci se désintègrent plus ou moins au contact de l'atmosphère ou peuvent être, dans le cas de satellites, pilotés vers des régions inhabitées. Le danger apparaît lorsque l'objet non maîtrisé est suffisamment dense pour ne pas brûler dans l'atmosphère ou lorsqu'il contient des éléments dangereux (de type radioactif, etc.).

Le satellite *FSW-1* est devenu incontrôlable peu après sa mise en orbite. Lancé le 8 octobre 1993, il s'est séparé le 18 en deux morceaux, le premier fragment (1 200 kg) s'est abîmé dans le

Pacifique – près du Pérou –

10 jours plus tard. Le

deuxième (800 kg) est

celui qu'on attend. Il

contient le bouclier

thermique spécialement

conçu pour (justement) ne pas se

désintégrer au contact

de notre atmosphère.

Circonstance accablante,

son orbite (56,5° de latitude)

survole de nombreux

pays (dont la France). La

possibilité que des morceaux de

satellite s'écrasent sur le sol

français est faible, et plus faible

encore est le risque que, tombant sur

notre territoire, ils puissent provoquer

des dégâts importants ou même blesser,

tuer des personnes.

Mais un risque faible n'est pas un risque

nul et l'enjeu d'une bonne prédiction du

point d'impact est important. Certains

exemples passés sont encore dans toutes les

mémoires. Ainsi, le 24 janvier 1978, le satellite

russe de la série Kosmos (numéro 954),

possédant un générateur électronucléaire

chargé de 50 kg d'uranium 235, se

désintégra à une altitude de 80 km,

laissant une traînée radioactive, sur

le nord du Canada, longue de

800 km, polluant des centaines de

km², heureusement inhabités.

Depuis le début de la conquête

spatiale, six satellites "fous", pré-

sentant des risques majeurs de

par leur poids ou leur charge-

ment, sont rentrés dans l'atmo-

sphère accidentellement sans avoir

totalement brûlé. Le premier, *Sky-*

lab, d'une masse initiale de 80 tonnes,

fut lancé en 1973. Lors de sa retombée, 20 tonnes ne brûlèrent pas en entrant dans l'atmosphère et se scindèrent en quelque 500 morceaux, dont les plus gros pesaient 500 kg. Ils finirent par s'abîmer entre l'océan Indien et l'Australie sur plus de 1000 km de long et 150 km de large, le 11 juillet 1979.

Puis en janvier 83, il y eut la chute, en deux parties, de *Kosmos 1402* au-dessus de l'Atlantique Sud et de l'océan Indien (pour le réacteur électronucléaire). Ensuite *Kosmos 1900* en septembre 88, *Salyut-7* en février 91 (entre l'Argentine et le Chili), *Kosmos 398* le 9 décembre 95... et, bientôt, le *FSW-1* chinois, attendu début mars 96. Une liste qui devrait s'allonger rapidement dans les années à venir. D'où l'importance de la surveillance scientifique de ces bolides de l'espace. La science peut-elle nous protéger ou au mieux encore nous avertir de tout ? Pas vraiment.

Si l'on peut calculer avec précision la date et l'heure de l'impact au sol, il est quasiment impossible d'en déterminer le lieu ! Connaissant la masse et la forme de l'objet, l'angle d'inclinaison de son entrée dans l'atmosphère (à 80 km d'altitude) et les paramètres de densité de cette dernière, on peut déduire le temps de chute jusqu'au sol. En effet, on sait – depuis Galilée – qu'un corps en chute libre dans le vide a une vitesse verticale (de haut en bas) constamment croissante, c'est une des lois de l'attraction. Il suffit de soustraire à cette vitesse les effets de résistance de l'air qui agissent comme un frein. Or, suivant le rapport entre la masse de l'objet et sa surface, on saura calculer la force du frein-air qui agit. On en déduit alors le temps de chute. A quelques paramètres près,

c'est ce que calculent

les logiciels du

CNES, de

l'Agence

ce

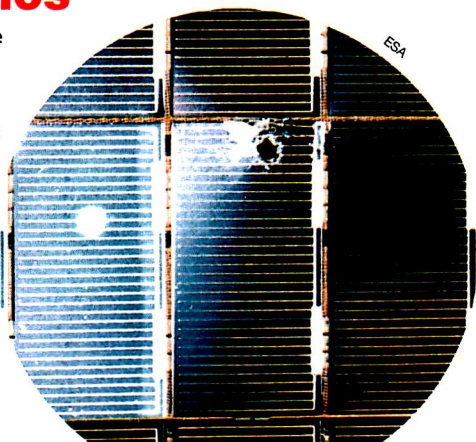
...

Les cicatrices du cosmos

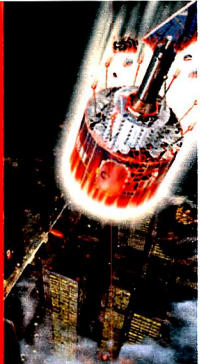
Une nouvelle maladie frappe les vaisseaux spatiaux (satellites, télescopes...) :

le criblage systématique par des microdébris (inférieur à 1 cm) provoquant nombre de dommages.

Ici, un microcratère sur l'un des panneaux solaires du télescope Hubble.



satellites fous !



■ ■ ■ spatiale européenne (ESA) ou du US Space Command.

Il en va tout autrement lorsqu'il s'agit de la simulation informatique de la trajectoire. Car, si la composante verticale de la chute est prévisible, ses composantes horizontales le sont bien moins. Des vents de plus de 400 km/h, situés entre la mésosphère et la stratosphère (au-dessous de 50 km d'altitude), dus à des grandes variations de température, peuvent dévier fortement les objets. Suivant la surface présentée au vent, des effets de rebond (comme pour les planeurs) ou de déviation interviennent. D'autre part, lorsqu'un objet entre dans l'atmosphère, il possède une vitesse de l'ordre de 30 000 km/h. Cette vitesse décroît en raison de la résistance de l'air jusqu'à 5 000 km/h, au moment de l'impact au sol. A ces vitesses, toute erreur d'appréciation de l'influence des vents sur l'objet se traduit par une incertitude de plusieurs centaines de kilomètres du point de chute ! Le satellite *Kosmos 398*, tombé en décembre dernier dans le Pacifique

(à 2 000 km au sud-est des îles Hawaïi), était attendu dans l'Atlantique Sud. La date et l'heure de l'impact avaient pourtant été parfaitement calculées un jour avant.

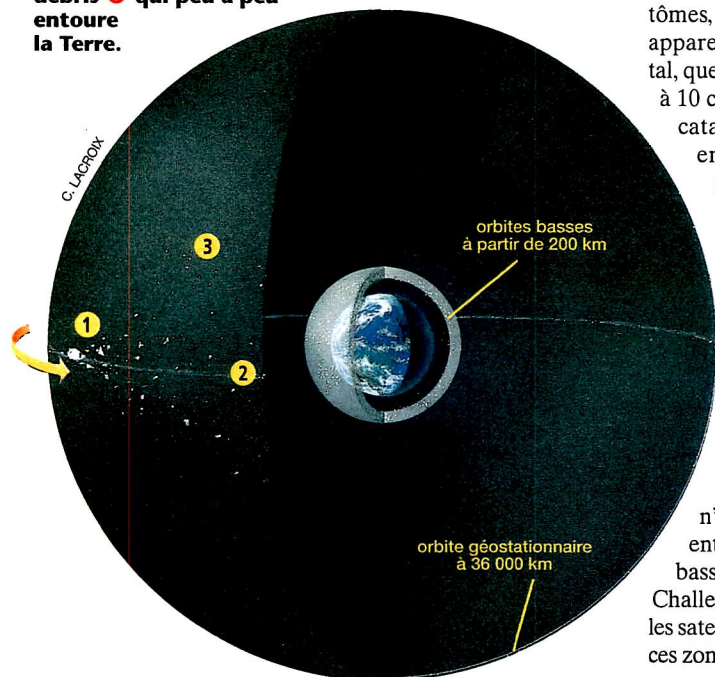
Cependant, l'onde de choc produite par la chute à venir du *FSW-1* chinois pourrait être plus politique que physique. Car elle intervient au moment où plusieurs nations s'interrogent sur l'avenir de l'espace, parfois considéré comme une "poubelle". Depuis 1957, plus de 23 000 objets ont été placés en orbite (satellites, troisièmes étages de fusée, etc.). Seuls 16 000 sont retombés ou se sont vaporisés au contact de l'atmosphère. Les autres gravitent en couronne autour de la Terre et se morcellent au cours d'explosions ou de collisions.

DES MORCEAUX DE FUSÉE ET... UNE PAIRE DE GANTS !

Parmi tous les objets qui encombrant le ciel, figurent 54 satellites équipés de générateurs électronucléaires. Ce sont en majorité des satellites russes de la série *Kosmos* (avec comme carburant l'uranium 235), mais aussi quelques satellites nord-américains (utilisant le plutonium 238). Au total 1,45 tonne d'uranium plane au-dessus de nos têtes. En fait, si une civilisation extraterrestre s'aventurerait sur notre planète, elle aurait, en guise de premier contact, une charmante rencontre avec quantité de déchets, traces de l'homme plus ou moins accueillantes et tournant autour de la Terre : des satellites fantômes, des morceaux de fusée, des boulons, un appareil photo, une paire de gants, etc. Au total, quelque 10 000 objets d'une taille supérieure à 10 cm (dont 8 300 d'entre eux sont suivis et catalogués), des milliers d'objets mesurant entre 1 et 10 cm, et des milliards encore plus petits, issus d'explosions ou de collisions. (par exemple, l'explosion du *Kosmos 1813* en 1987 a créé 850 déchets d'une taille supérieure à 10 cm). Or, les débris les plus infimes (écailles de peinture, microdébris d'explosions) sont de redoutables projectiles pouvant transpercer la combinaison des astronautes ou les hublots des navettes spatiales lorsqu'ils circulent à des vitesses de l'ordre d'une dizaine de km/s. La répartition des objets dans l'espace n'est pas homogène. La plupart se trouvent entre 200 et 2 000 km d'altitude, en "orbites basses", là où circulent des navettes du type *Challenger*, des stations spatiales comme *MIR*, les satellites d'observation, etc. (la distribution de ces zones d'affluence est irrégulière).

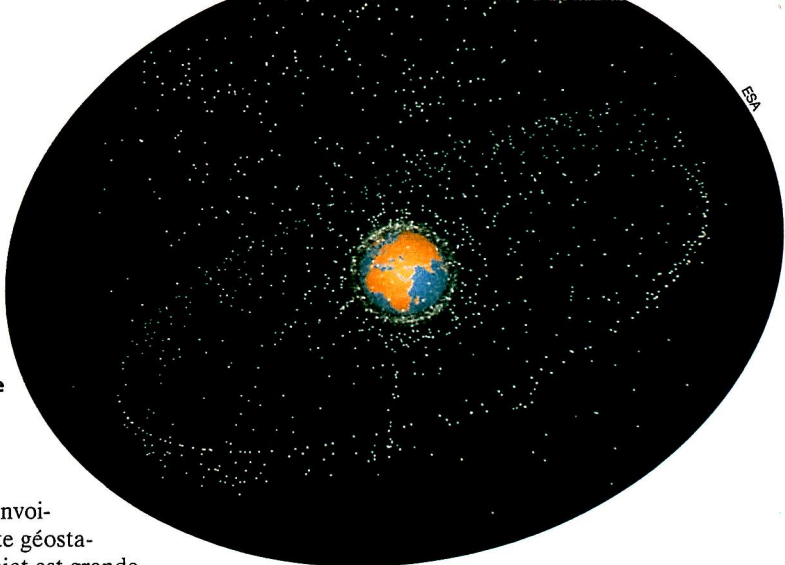
Autopsie d'un accident

Lorsqu'un gros objet éclate (par le fait d'une collision) ou explose ①, quantités de débris plus ou moins gros s'éparpillent sur l'orbite en formant un anneau ②, puis une couronne et enfin un nuage de débris ③ qui peu à peu entoure la Terre.



8 300 objets

Répartition des quelque 8 300 objets, de taille supérieure à 10 cm, qui gravitent autour de la Terre (simulation de l'ESA). Seuls 500 d'entre eux (6%) sont des satellites actifs. La grande couronne représente l'orbite géostationnaire, fortement saturée.



Il existe une autre zone fort convoitée à quelque 36 000 km : l'orbite géostationnaire. Plus l'altitude d'un objet est grande plus sa vitesse de rotation est faible : à 200 km d'altitude, il peut faire 16 fois le tour de la Terre en 24 heures, plus il s'éloigne plus cette vitesse décroît. C'est une conséquence des lois physiques : lorsqu'on fait tourner une pierre attachée au bout d'un fil, elle décrit systématiquement la même trajectoire circulaire. Elle est en équilibre dynamique. Deux forces égales et opposées s'exercent sur la pierre : la force centrifuge (qui comme son nom l'indique, tend à faire fuir la pierre loin de notre main) et la force exercée par le fil qui retient la pierre. Si on accélère le mouvement de la pierre autour de la main, la force centrifuge croît, le fil accroîtra alors la tension exercée sur la pierre. Bref, l'équilibre dynamique est conservé. La situation est quasi identique pour les satellites. La force centrifuge s'oppose ici à la force d'attraction terrestre. Lorsqu'un satellite est sur orbite basse, l'attraction de la Terre est forte. Pour conserver l'équilibre le satellite doit lui opposer une grande force centrifuge, ce qui est obtenu par une rotation rapide. Plus on s'éloigne, moins l'attraction terrestre est forte (celle-ci diminue avec le carré de la distance). L'équilibre dynamique impose alors une force centrifuge faible, donc une vitesse de rotation faible. A 36 000 km les objets tournent exacte-

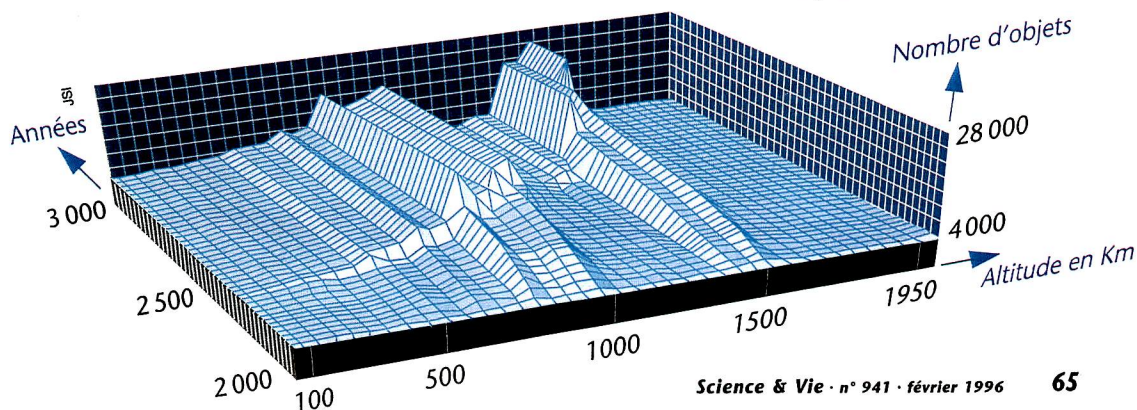
ment avec la même vitesse angulaire (vitesse de rotation) que la Terre. Si, de plus, cet objet se trouve sur le même plan que l'équateur, il aura l'air d'être immobile par rapport à nous.

36 000 km : L'AUTOROUTE SATURÉE

Cette orbite présente l'avantage de maintenir tout satellite "au-dessus" du même point terrestre. Mais avec un inconvénient de taille : l'orbite géostationnaire est extrêmement fine et ne peut pas accueillir beaucoup de satellites. Si l'objet n'est pas exactement à 36 000 km d'altitude et sur le plan de l'équateur, il se mettra à dériver (par rapport à l'observateur terrestre) très ■ ■ ■

Bouchons prévus pour l'an 3000

Réalisée par le Centre scientifique des forces stratégiques russes, cette prévision, concernant les objets de plus de 10 cm, montre clairement ce qui attend notre environnement spatial, jusqu'à l'an 3000, si aucun frein n'est mis à son envahissement chaotique.



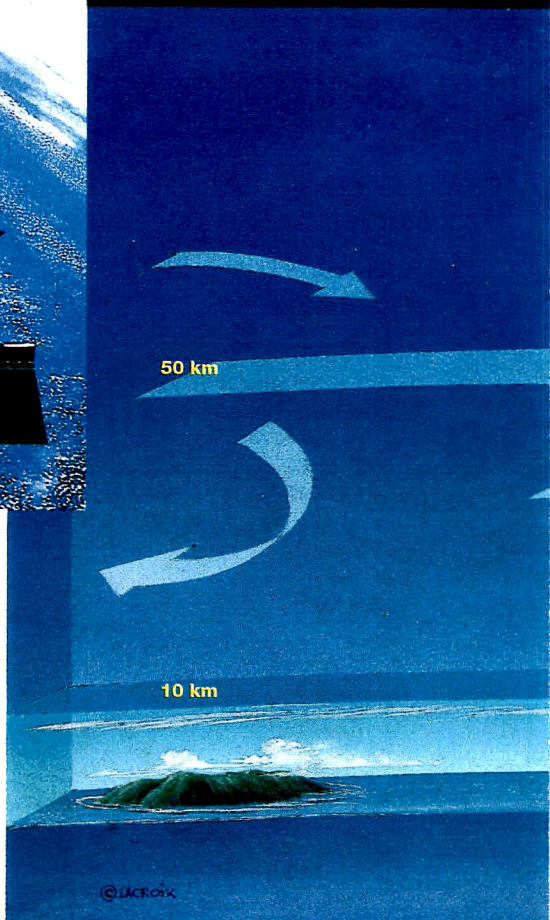
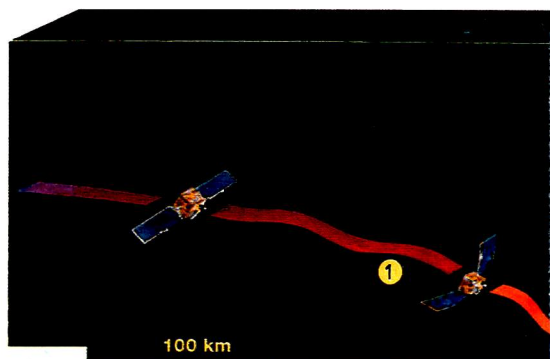
satellites fous !

■■■ rapidement. Aujourd'hui, sur 600 objets placés sur cette orbite, il n'y en a que 150 qui soient réellement opérationnels (satellites de télécommunications, de météorologie, etc.). Son degré de saturation est actuellement considéré comme important.

Quelle que soit l'orbite, la probabilité de destruction d'un satellite par un déchet mesurant entre 1 et 10 cm varie de 40 % à 70 %, au-delà de 10 cm, la destruction est certaine. D'inexistants, les risques de collision entre un satellite (ou une navette spatiale) et un débris sont devenus non négligeables. Depuis quelques années, les navettes se doivent donc d'effectuer des manœuvres d'évitement pour ne pas être heurtées par ces innombrables objets. Par exemple, la navette *Discovery* a frôlé, le 16 septembre 1991, un étage de la fusée *Kosmos 955* qui vagabonde dans l'espace depuis

La chute est

La trajectoire de tout objet "entrant" accidentellement dans l'atmosphère ne peut pas se prévoir (dessin central). Les frottements auxquels il est soumis (dès 150 km d'altitude) le chauffent à plus de 3 000 °C ❶ et provoquent son éclatement, vers 80 km ❷. Selon leur forme et leur densité, les morceaux



NASA / CIEL ET ESPACE

APP

1978. Si les astronautes n'avaient pas modifié la trajectoire de la navette, le débris serait passé à 350 mètres d'eux, ce qui ne représente que 35 millièmes de seconde de temps de parcours !

Des collisions évitées de justesse, il y en a de plus en plus... Sans compter les microcratères (chocs sans gravité), que l'on retrouve sur les hublots des navettes et sur les surfaces des satellites, dus à des rencontres intempestives avec d'infimes particules larguées lors d'explosions.

Ainsi, le calcul des risques de collision est un élément essentiel de la mathématique de l'espa- ■■■

toujours imprévisible

planent et rebondissent sur certaines couches de l'atmosphère ②, ou sont déviés par des vents dont la vitesse peut dépasser 400 km/h ④. D'autres fragments plus denses sont peu déviés ③. La majorité va brûler et se vaporiser avant d'arriver au sol ⑤. Les points d'impact des morceaux d'un même objet peuvent être distants de

centaines de kilomètres. Tous les 11 ans, un pic d'activité du Soleil réchauffe et gonfle l'atmosphère (voir schéma de droite). Les satellites, comme ce fut le cas pour *Skylab* en 1979 (photos à gauche), freinés par les particules atmosphériques et poussés par les vents solaires, sont précipités au sol.



ILLUSTRATIONS : C. LACROIX

satellites fous !



■ ■ ■ ce. Pour un satellite de taille moyenne (10 m³), placé sur une orbite circulaire à 800 km d'altitude, la probabilité avec effet destructif est de 1/100 000 par an. Cela semble faible, mais la croissance exponentielle du risque peut être dramatique. Un satellite navigant entre 800 et 1 000 km d'altitude a toutes les "chances" d'être détruit dans les 10 années suivant sa mise en orbite. Cette probabilité ne cesse de croître. Bien sûr, l'espace environnant a la capacité de s'autonettoyer : la grande majorité des objets retombant sur Terre brûleront au contact de l'atmosphère. En fait, il y a deux grands "nettoyeurs" de l'espace. Le premier est le Soleil. Tous les 11 ans, il atteint un pic d'activité, ce qui génère de forts vents solaires. Des nuées de photons (particules de lumière) arrivent en masse à proximité de la Terre. Ces particules n'ont pas de poids mais possèdent une grande énergie cinétique ou énergie de "mouvement". Lorsque ces milliards de milliards de

particules heurtent un objet (entre la Terre et le Soleil), elles lui communiquent du mouvement et le rapprochent de la Terre. Le second nettoyeur est le frottement atmosphérique. Au voisinage de la Terre, un satellite se heurte aux particules atmosphériques. Les chocs qui en résultent freinent sa vitesse de rotation. Cette perte de vitesse équivaut à un affaiblissement de la force centrifuge (celle qui fait fuir le centre attracteur), le satellite se rapproche donc de la Terre. Si le nombre de particules atmosphériques est trop important (vers les 150 km), le satellite ne pourra pas retrouver d'équilibre dynamique et sera précipité vers le sol. Sinon, il continuera à graviter mais sur une orbite plus basse, et ainsi de suite. Lorsque le soleil est dans un pic d'activité, la partie de l'atmosphère qui lui fait face surchauffe. Elle va alors se dilater (comme tout gaz chauffé), atteindre des orbites relativement élevées (500 à 800 km d'altitude au lieu de 150) et entraîner une amplification de l'effet nettoyeur de l'atmosphère. En dehors des pics d'activité du Soleil, un objet orbitant à 200 km d'altitude retombera sur Terre dans les deux jours, s'il se trouve à 600 km, il mettra 30 ans, 2 000 ans s'il est sur une orbite de 1 000 km et 20 000 ans s'il est à 2 000 km. Les satellites géostationnaires (navigant à 36 000 km) prendront des millions d'années pour retomber.

L'ONU antinucléaire

Le satellite soviétique Kosmos 954, abîmé au nord du Canada le 24 janvier 1978, était équipé d'un générateur électronucléaire contenant 50 kg d'uranium 235. La pollution radioactive produite s'étendit sur plus de 800 km. L'utilisation d'énergie nucléaire dans l'espace est aujourd'hui interdite par l'ONU.

AFP



LE NETTOYAGE DE L'ESPACE N'EST PAS PRÉVU...

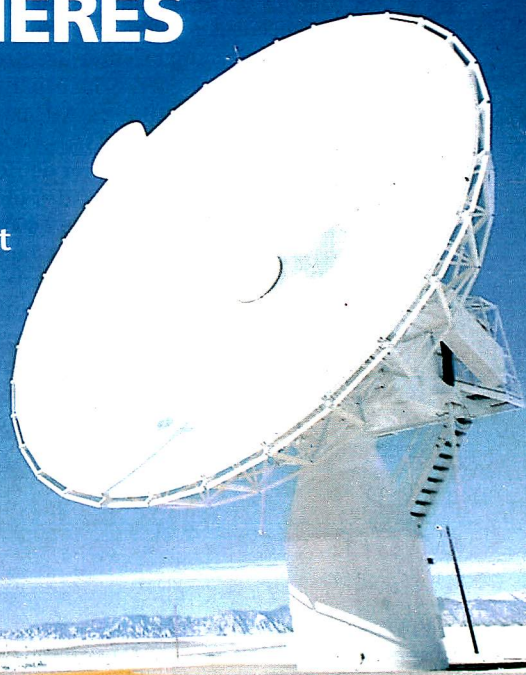
Ainsi, plusieurs tonnes de matériel retombent et brûlent dans l'atmosphère tous les ans. Mais, la vitesse de nettoyage naturel de l'espace n'est rien en regard de celle de "remplissage" que nous lui imposons. Il y a aujourd'hui plus de 3 000 tonnes de déchets artificiels dans l'espace environnant. Les scientifiques redoutent que certaines régions orbitales (les plus basses) n'aient atteint une densité critique. Lorsque le nombre d'objets sur une orbite dépasse un certain seuil, il se produit un "effet de cascade". Une grande quantité de collisions générera encore plus de débris (par fragmentation). Le nombre d'objets sur orbite croîtra "exponentiellement" avec le temps, produisant une envolée du risque de collision pour les satellites actifs ou les navettes spatiales et la création de véritables nuages de débris.

Pour l'instant, aucune technique n'a été trouvée pour nettoyer artificiellement l'espace. Les perspectives sont résolument pessimistes (voir schéma p. 65). Certains spécialistes considèrent que, pour revenir à des taux acceptables d'encombrement, il faudrait suspendre la conquête spatiale... jusqu'en 2050 !

SURVEILLER LES POUSSIÈRES DU CIEL

■ Pour vivre en paix avec le ciel, mieux vaut ne pas le perdre de vue. Comment prévoir la course folle des milliers d'objets en orbite et neutraliser les risques de chute sur Terre ou de collision avec un satellite ? La défense s'organise.

PAR ROMAN IKONICOFF



DAVID BURNETT / CONTACT PRESS IMAGE

A l'image de Saturne, la Terre possède ses propres anneaux... de carcasses de satellites, de troisièmes étages de fusées et, de-ci de-là, de quelques engins en activité (satellites, navettes ou stations spatiales). On a longtemps cru que l'espace pouvait devenir une poubelle "infinie". Mais, les lois de la gravitation en ont décidé autrement : tous les déchets de la conquête spatiale gravitent au-dessus de nos têtes. On recense aujourd'hui plus de 300 000 de ces objets, d'une taille allant de 1 cm – taille suffisante pour détruire un satellite opérationnel – à celle d'un gros camion. Et tous les ans, les nouveaux satellites lancés augmentent ce volume – sans compter la multiplication "naturelle" de ces débris.

40 000 OBSERVATIONS QUOTIDIENNES

Pour prévenir les dangers de collision de ces objets dangereux avec un satellite (à plus forte raison avec une navette) ou de chute inopinée sur la Terre, il est devenu nécessaire de repérer avec précision leur trajectoire.

Les États-Unis possèdent à ce jour le système de repérage le plus sophistiqué. Le NORAD (North American Aerospace Defence Com-

Une traque au radar

Les radars (et télescopes optiques) sont les outils de contrôle de l'espace. Les États-Unis en possèdent une vingtaine, localisés à des points stratégiques de la planète. Ce qui permet un suivi 24 h sur 24 des objets en gravitation.

mand), organisme de surveillance des débris dépendant du US Space Command, possède une vingtaine de stations radar et de télescopes optiques répartis en réseau sur toute la planète (US Space Surveillance Network). Plus de 40 000 observations y sont traitées quotidiennement, mais jusqu'en 1990, seuls les objets de plus de 10 cm sur les orbites basses (de 200 à 2 000 km), et de 100 cm sur l'orbite géostationnaire (36 000 km) étaient repérés. Cette précision restant insuffisante au vu de l'importance des risques d'accident, le NORAD a donc mis en service un nouveau radar – le HAYSTACK – pouvant suivre des débris de 2 cm jusqu'à une altitude de 2 000 km (8 300 objets sont catalogués à ce jour).

La Russie aussi possède un réseau de radars et de télescopes suiveurs (une vingtaine), mais ■ ■ ■

■ ■ ■ moins sophistiqué. L'Europe n'a aucun organisme équivalent. Cependant, l'ESOC (European Space Organisation Center), centre de contrôle de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) situé en Allemagne, possède un radar, le FGAN, de 34 m de diamètre. Installé près de Bonn, ce radar peut détecter des objets

Gendarmes de l'espace

The image displays a map of the United States with a satellite profile overlaid. The profile is a line graph with a grid. The x-axis is labeled 'SATellite PROFILE' and the y-axis is labeled 'SATellite COVERAGE'. The profile shows a line with several peaks and valleys, representing the coverage of a satellite system. The map is in the background, showing the outline of the United States.

AUX BONS SOINS DE LA NATURE...

Dans le cas du satellite chinois *FSW-I*, si le CNES considère qu'il y a, dans quelques semaines, péril en la demeure, il en avertira le ministère de l'Intérieur, qui mettra sur pied de guerre la Sécurité civile. Si la menace se doublait d'un risque nucléaire – comme ce fut le cas lors de la chute du satellite *Kosmos 1900* en 1988 – le Premier Ministre, informé par le CNES, alertera le Secrétariat à la sécurité nucléaire.

Quels sont les moyens technologiques disponibles pour se débarrasser des débris spatiaux ? Aussi bizarre que cela puisse paraître, la meilleure façon d'éliminer ces déchets serait... de les faire retomber dans l'atmosphère pour qu'ils s'y brûlent. C'est ce que fait la nature grâce notamment aux bons soins du Soleil. Cependant des solutions "humaines" existent. Pour les satellites cela consiste à utiliser les dernières réserves de carburant pour les installer sur une orbite peu peuplée ou les diriger pour qu'ils brûlent dans l'atmosphère. En ce qui concerne les troisièmes étages de fusée, qui ont tendance à exploser du fait de la présence de traces de carburant, ils sont vidés de tout contenu (passivation) avant d'être abandonnés. Les essais militaires de destructions

de cibles dans l'espace – importantes sources de déchets – au temps de la Guerre des étoiles, ont été stoppés. L'ONU a établi une réglementation et l'interdiction d'utiliser des générateurs nucléaires au voisinage de la Terre. Malheureusement, aucune technologie sérieuse ne sait réduire la population de débris présents dans notre espace. Comme pour l'environnement terrestre, il reste à espérer que la nature se chargera de tout nettoyer à notre place et à moindre frais. ■

LA MENACE EXTRATERRESTRE

■ Débris cométaires, fragments intersidéraux ou essaims d'astéroïdes, quelle que soit leur origine, les météorites naturelles criblent la Terre depuis la nuit des temps. Et provoquent parfois des cataclysmes difficiles à éviter, hier comme aujourd'hui.

PAR RENAUD DE LA TAILLE

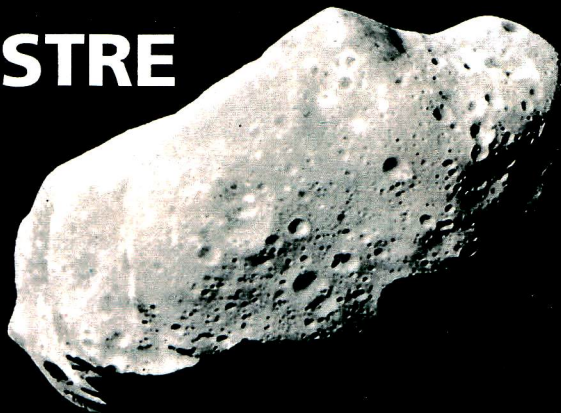
NASA / CIEL ET ESPACE

Bien avant qu'il y ait des satellites, les Gaulois, dit-on, craignaient déjà que le ciel ne leur tombe sur la tête. On a longtemps cru qu'ils avaient peur de l'orage mais, en réalité, ils avaient peut-être subi quelques pluies de météorites. De fait, les satellites – corps de fusée, réservoirs et autres fragments – ne sont pas seuls à tomber sur terre : il faut leur ajouter tous ces fragments naturels venus du fond de l'espace et qui donnent chaque nuit des milliers d'étoiles filantes.

20 MILLIONS DE MÉTÉORITES CHAQUE JOUR

Quelles que soient leur origine, leur nature ou leur vitesse, ces morceaux de pierre, de glace ou de métal sont regroupés sous le terme général de météorites. Il en tombe environ 20 millions par jour (28 tonnes en masse), dont plusieurs milliers parviennent jusqu'au sol. Mais toutes celles dont la taille est comprise entre le grain de sable et le gros rocher, et qui représentent l'immense majorité, sont arrêtées et mises en poussière par l'atmosphère.

En effet, de même que l'eau d'une piscine semble de moins en moins fluide à mesure



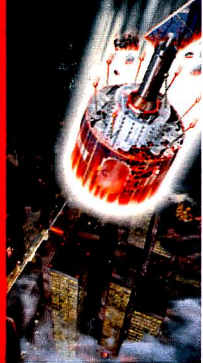
A. CIRIOU

Météorites : une épée de Damoclès

En général, les étoiles filantes sont trop petites pour atteindre le sol, mais la collision avec un astéroïde comme Ida, de 52 km sur 24, signerait la fin de l'humanité (grande photo). Une météorite de plusieurs dizaines de mètres a creusé, aux temps préhistoriques, Meteor Crater (ci-dessus) – 1,2 km de diamètre – dans l'Arizona.

qu'on plonge de plus haut – en chute libre depuis une falaise, elle paraît aussi dure que du béton – de même l'air devient de plus en plus difficile à pénétrer à mesure que la vitesse augmente. Pour des météorites allant de 40 000 à 100 000 km/h, l'atmosphère se comporte comme un milieu aussi raide que du sable, et ce, dès l'altitude de 120 km où l'air est pourtant raréfié. A ces allures, il faut voir toute météorite comme un ensemble de molécules serrées venant heurter un autre ensemble de molécules ■ ■ ■

satellites fous !



■ ■ ■ plus diluées. Dans le choc, l'énergie cinétique est transformée en chaleur et la température du mobile passe en moins d'une seconde du zéro absolu à plusieurs milliers de degrés. Mais cette température n'a pas le temps d'atteindre l'intérieur de la météorite et entraîne surtout la fusion de la surface

qui devient lumineuse – d'où la brillante traînée des étoiles filantes.

Sous le choc, thermique et mécanique, le bloc solide peut se fragmenter et chaque morceau s'échauffe à son tour. Toutes ces transformations se font en un temps extrêmement bref, une onde de choc se forme qui précède le bolide. Dans la majorité des cas, les météorites sont entièrement consumées par ce processus entre 120 et 80 km d'altitude. L'énergie libérée peut être considérable. Dans l'année, il y a environ 80 météorites, dont l'explosion atteint ou dépasse la puissance d'une bombe atomique type Hiroshima – soit 12 kilotonnes de TNT (trinitrotoluène).

Mais il y en a des centaines, nous l'avons dit, qui tombent au sol – ou plutôt en mer, le plus souvent. La survie d'une météorite dépend beaucoup de sa nature. Celles qui sont à base d'un alliage fer-nickel ont une densité de l'ordre de 8 et une forte cohésion ; elles arrivent jusqu'au sol dès que leur diamètre dépasse quelques mètres. Les plus nom-

breuses sont de type rocheux, avec une densité comprise entre 2 et 3 et une faible cohésion ; elles se brisent très vite en heurtant l'atmosphère et il faut qu'elles aient plus de 50 m pour que les fragments arrivent à terre.

Enfin, il reste une dernière catégorie faite de débris cométaires à base de glace agglomérée à des poussières. A moins d'être de très grande taille, ces objets ont fort peu de chances d'atteindre le sol. En revanche, les fragments de comète ont des vitesses très élevées allant de 30 à 60 km/s ; de ce fait, à masse égale, leur énergie cinétique est 10 fois plus grande que celle des morceaux d'astéroïde dont les vitesses d'arrivée sont de l'ordre de 20 km/s.

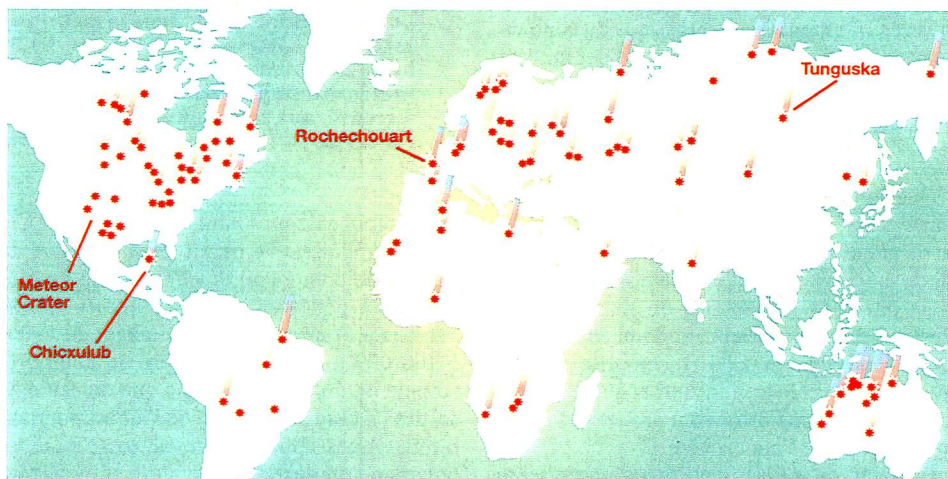
EN 1908, 3 000 km² DE FORÊT RASÉS À TUNGUSKA

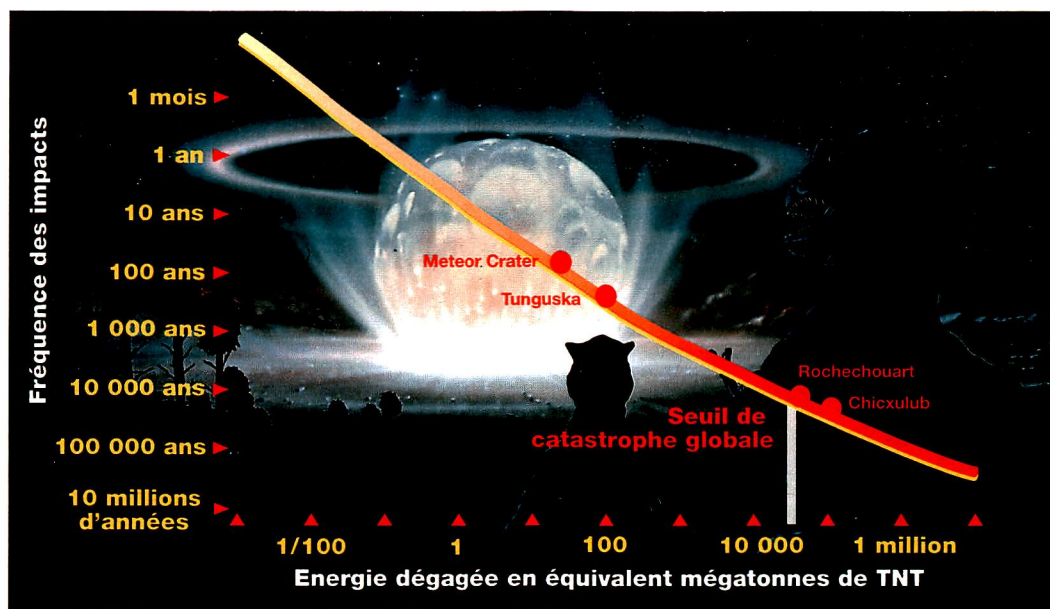
Les météorites proviennent pour la plupart de l'essaim d'astéroïdes qui gravite entre Mars et Jupiter. Pour le reste, il s'agit de débris cométaires ou de fragments intersidéraux. Les astéroïdes se comptent par centaines de milliers, les comètes par millions (localisés dans le réservoir de Van Oort) et les débris intersidéraux par milliards. Ajoutons que ces débris sont à des années-lumière de nous.

La chute d'une météorite peut occasionner des dommages sérieux dès qu'elle est un peu volumineuse. Le 30 juin 1908, une météorite de 80 m explosait au-dessus de la

140 cratères d'impact repérés

Les recherches menées avec l'aide des satellites photographiques ont permis de localiser, à la surface de la Terre, 140 cratères météoritiques dont le diamètre va de 100 m à plus de 100 km.





Prévisions météo... ritiques

Cette courbe donne la fréquence statistique des chutes de météorites en fonction de leur taille, et donc de l'énergie libérée à l'impact. Sur 10 000 ans, il y a un risque de voir arriver un bolide assez important pour provoquer une catastrophe globale.

Sibérie, dans la région de Tunguska, et toute la forêt située sous le point d'impact fut rasée sur un rayon de 30 km. Il est difficile de situer avec précision les dégâts provoqués par la chute d'une météorite de masse ou de taille données car l'énergie libérée à l'impact varie beaucoup selon sa nature (bloc massif de métal ou agrégat rocheux) et sa vitesse (de 20 à 60 km/s).

On retient généralement les estimations suivantes :

- moins de 10 m (tous les jours) : aucun effet.
- autour de 10 m (une dizaine par siècle) : explosion spectaculaire en altitude, mais peu d'effets au sol.

- entre 15 m et 50 m (quatre ou cinq par siècle) : l'explosion se rapproche du sol et de nombreux fragments tombent en pluie ; dégâts sévères à l'échelle d'une ville.

- entre 50 m et 100 m (trois ou quatre par millénaire) : tout est dévasté par l'onde de choc et les fragments sur un rayon de 20 à 40 km.

- autour de 150 m (une fois tous les 5 000 ans) : l'atmosphère ralentit à peine la météorite et le cratère d'impact fait 2 km de diamètre ; les matériaux projetés autour du cratère couvrent un cercle de 10 km. Tout est détruit dans un rayon de 50 à 80 km.

- entre 200 m et 1 000 m (une par 10 000 ans) : une zone plus grande que la France est entièrement dévastée ; les victimes se comptent par dizaines de millions.

- entre 1 km et 5 km (une fois tous les 300 000 ans) : l'atmosphère est

traversée aussi facilement qu'une flaque l'est par un gros caillou ; le cratère d'impact a de 10 à 60 km de diamètre. Les effets physiques et chimiques sur l'atmosphère sont encore mal connus, mais toute vie serait sans doute anéantie sur un continent entier.

- plus de 5 km (tous les 20 millions d'années) : c'est la fin du monde pour l'homme, mais sans doute pas pour les formes de vie les plus résistantes genre blattes, araignées ou coquillages.

ATTENTION DU CÔTÉ DU SOLEIL

Dans le but de prévenir une catastrophe locale, et suite à une initiative prise par la NASA il y a cinq ans, une douzaine de télescopes à grand champ surveillent le ciel pour détecter toute approche d'astéroïdes ou de comètes. Mais une poignée de bolides de 500 m arrivant à 60 km/s du côté du Soleil, et donc noyée dans son éclatante lumière, serait pratiquement impossible à déceler. ■

Voyage au centre des cellules

■ La technique d'immunofluorescence permet de voir au flash l'intérieur des cellules. Son principe consiste à marquer des anticorps avec une substance fluorescente et à les guider vers l'antigène qu'on veut mettre en évidence. A l'image du ver luisant qui se dirige vers l'escargot et qui, après s'être fixé sur sa coquille, l'éclaire, la nuit, de sa lumière. Les anticorps utilisés ici sont des protéines marquées par du fluorochrome, et les antigènes sont des cellules humaines en culture.

PAR PIERRE ROSSION
PHOTOS NANCY KEDERSHA

La vie saisie SUR LE VIF

Une cellule au travail

La structure bleue, en forme de cœur, est le noyau d'une cellule de peau en train de sécréter de la fibronectine (en rouge), sorte de colle qui permet aux cellules d'adhérer entre elles.

Quant aux structures qui ressemblent à des feuilles de houx, ce sont des cellules épithéliales de peau.

Photos N.
Kedersha/SPL/Cosmos

Gros plan sur la moelle épinière

La grosse cellule orange, au centre, est un neurone.

Autour d'elle, on aperçoit des fibres nerveuses

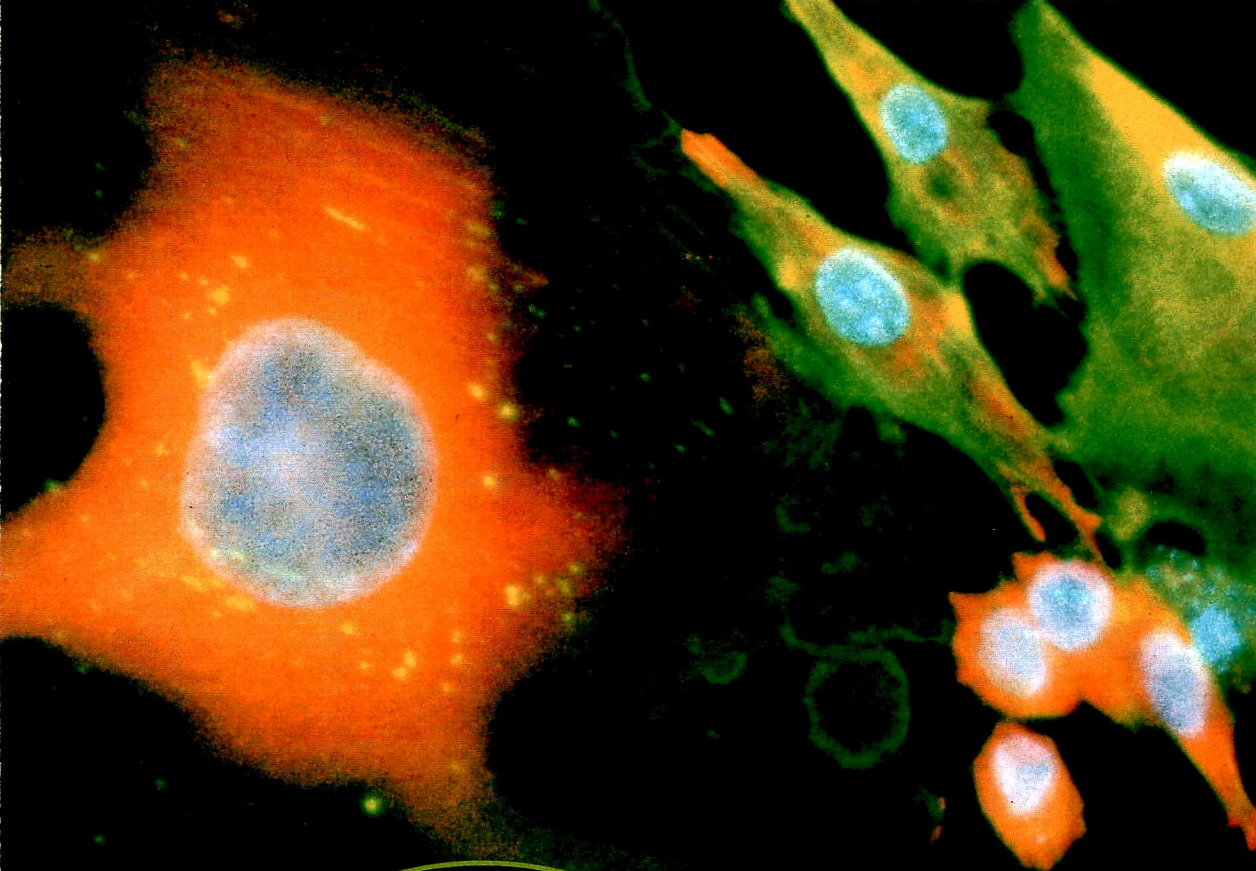
(en vert foncé). Les grosses "épines" vert clair,

à droite, sont des astrocytes,

cellules de soutien chargées

d'apporter les éléments

nutritifs aux neurones.



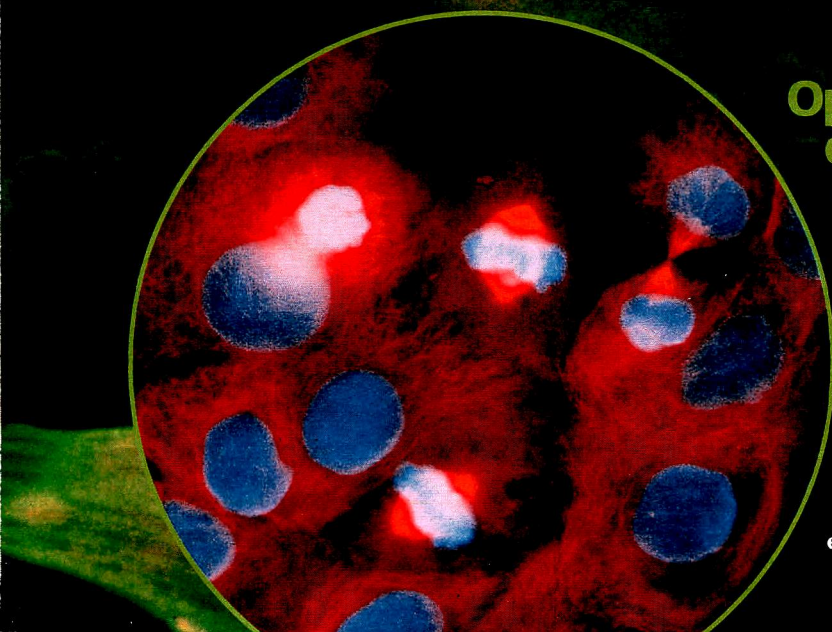
Opération division

Les deux "rubis", au centre, sont deux cellules en cours de division. En

leur milieu, on aperçoit les chromosomes (en bleu). La nébuleuse rouge, plus à gauche,

montre une division vue par-dessus, alors que la structure en forme de diabolo, à droite,

est une cellule en fin de division.

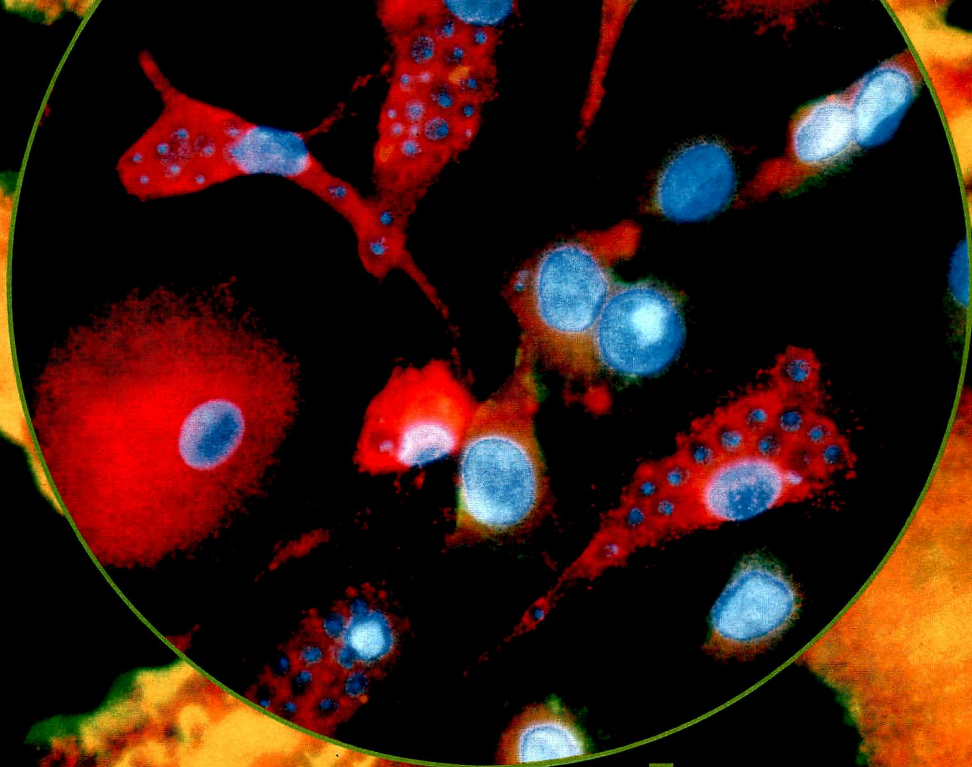


Les NETTOYEURS du corps

Dans le lakis des neurones

La grosse boule, à droite, avec son disque bleu et son croissant rouge, est un macrophage du système nerveux, à la recherche de microbes qui auraient pu s'infiltrer dans le lakis des neurones (petites boules rouges) et des nerfs (en vert).





En direct des poumons

Les macrophages (en rouge avec un gros noyau bleu) sont des cellules du système immunitaire chargées de débarrasser l'organisme de ses déchets. On les voit ici en train de digérer des levures (petites boules bleues).

Des cellules protéiformes

Pour se déplacer dans la jungle du système nerveux, les macrophages adaptent leur morphologie à la nature du terrain. Ils se font serpent quand il s'agit de passer à travers le trou d'une aiguille et se mettent en boule pour descendre les terrains en pente. Le filet vert autour des cellules est de l'actine, une protéine contractile responsable de ces changements de forme.

Quand les cellules sont MALADES

Une
hydre
aux mille
tentacules

Le neuroblastome est un cancer qui apparaît le plus fréquemment dans les glandes surrénales et se propage, via le sang, dans les os et le foie. Les cellules vertes avec un noyau bleu sont des cellules malades. Les éléments rouges et orange sont des artefacts.

A large fluorescence micrograph showing bladder cancer cells. The cells are stained with a red dye, and their nuclei are stained with a blue dye. The cells are irregular in shape and size, with some showing multiple nuclei. A circular inset in the top right corner provides a magnified view of a cluster of these cells. The background is dark, with some green staining visible in the lower left.

Des cellules cancéreuses géantes

Après traitement par le nocodazole, poison ayant la propriété de bloquer les divisions cellulaires, les cellules cancéreuses (en rouge) de la vessie ont doublé de taille et ont plusieurs noyaux (en bleu), au lieu d'un seul.

A large fluorescence micrograph showing melanoma cells. The cells are stained with an orange dye, and their nuclei are stained with a blue dye. The cells are irregular in shape and size, with some showing multiple nuclei. A circular inset in the bottom left corner provides a magnified view of a cluster of these cells. The background is dark, with some green staining visible in the lower right.

Un grain de beauté qui tourne mal

Les cellules orangées sont des cellules de mélanome malin en train d'envahir les cellules épithéliales saines avoisinantes (en vert). Les noyaux des deux types de cellules sont en bleu. Les mélanomes sont des cancers de la peau qui ont la propriété de se développer très rapidement.

Marco Polo voyageur en chambre?

■ D'après une historienne britannique, le célèbre marchand vénitien n'aurait jamais mis les pieds en Chine! Comment expliquer autrement qu'il n'évoque, dans son récit, ni la Grande Muraille, ni le thé, ni la calligraphie? Enquête sept cents ans après les faits...



J.-L. Charmet



PAR ISABELLE BOURDIAL

En l'an 1298, dans une prison de Gênes, un écrivain du nom de Rusticien de Pise recueille les souvenirs d'un marchand vénitien et rédige sous sa dictée une très riche *Description du monde*. Le voyageur se nomme Marco Polo. Il vient de passer dix-sept années en Chine, au service de Khoubilaï Khan, petit-fils de Gengis Khan. Le suzerain des khans mongols d'Asie contrôle toute la Chine, où il emploie beaucoup d'agents étrangers. Marco Polo a été fait prisonnier en défendant Venise contre les Génois. A sa libération, il regagne sa

ville, son livre sous le bras. L'ouvrage devient un best-seller, et Polo, une célébrité.

Aujourd'hui, si l'on ne dispose plus du manuscrit original, on dénombre plus de 150 copies de diverses origines. Les détails diffèrent sensiblement d'une version à l'autre, les ajouts et les omissions abondent. Mais les grands faits demeurent. Le premier voyage de Niccolò et Matteo Polo, le père et l'oncle de Marco, jusqu'à Karakorum, capitale de Khoubilaï, leur rencontre avec le grand khan, qui les nomme émissaires chrétiens et

les charge d'un message pour le pape Clément IV; leur retour à Venise, leur second voyage en compagnie du jeune Marco, la nomination de celui-ci par Khoubilaï au poste de gouverneur de la ville de Yangzhou, les missions qui lui sont confiées, la description des lieux où il s'est rendu... Enfin, l'escorte d'une princesse mongole, partie sous sa protection de Chine pour la Perse, où elle doit épouser le roi Arghun.

Le simple marchand est devenu ambassadeur de la chrétienté en Asie. L'Histoire a retenu son nom



G. Namur/Explorer

Ni vu ni connu!

Si Marco Polo est bien parti de Venise en 1271 (document ci-dessus), il ne subsiste aucune trace de son passage en Chine, où le marchand vénitien prétend pourtant avoir vécu dix-sept années! De plus, son livre comporte des "oublis" surprenants. Ainsi, il ne mentionne pas la calligraphie chinoise (ci-contre), qui n'aurait cependant pas manqué de surprendre un Occidental.

comme celui d'un chroniqueur, qui a donné à l'Occident du Moyen-Âge l'un des témoignages les plus complets sur l'Orient.

A moins qu'il n'ait menti et que son périple ne soit une monumentale supercherie! Car il se pourrait bien que Marco Polo ne soit jamais allé au pays du Soleil levant, et qu'il

ait puisé ses "souvenirs" auprès d'authentiques voyageurs! Pour se "rafraîchir la mémoire", il aurait plagié des ouvrages de géographie persans. Cette thèse, avancée par plusieurs spécialistes allemands de l'histoire mongole, tel que Herbert Franke, vient d'être étayée, dans un livre très documenté, par la di-

rectrice du département chinois de la British Library, l'historienne anglaise Frances Wood (*). Marco Polo ne s'est jamais rendu en Chine, affirme-t-elle. Nous avons soumis ses principaux arguments à l'appréciation de quelques spécialistes de Marco Polo et de la Chine de la fin du XIII^e siècle.

Frances Wood avance un argument crucial : si Marco Polo fut le personnage important qu'il prétend avoir été, pourquoi son nom ne figure-t-il pas dans les archives officielles chinoises et mongoles, les documents administratifs, les



■ ■ ■ journaux intimes ou les récits de ses contemporains ?

Marco Polo a probablement exagéré l'importance de sa fonction et enjolivé les faits à son avantage. Mais cela ne suffit pas à expliquer l'absence de toute mention de son nom. Christopher Schipper, sinologue à l'université de Leyde (Pays-Bas), propose une autre interprétation. Dans l'histoire de la Chine, la dynastie mongole Yuan (1260-1367) n'a aucune légitimité. Après le retrait des Mongols, les Chinois de la dynastie Ming ont réécrit cette tranche de leur histoire en gommant toute référence à leurs envahisseurs. Les archives mongoles ont été détruites, les noms des dirigeants sinisés. On comprend alors qu'un Italien qui avait les faveurs du khan, fût-il Marco Polo, ait été passé à la trappe.

Il demeure toutefois étrange que pas un seul missionnaire, ni même un courtier venu d'Europe, n'ait jamais rapporté sa présence. Malgré

MARCO POLO SE JUSTIFIE

Dans le prologue de son livre, le Vénitien clame haut et fort l'authenticité de ses souvenirs. En voici les premières lignes, rédigées en vieux français (').

« Pour savoir la pure verité des diverses regions du monde, si prenez ce livre et le faites lire; si vous y trouverez les grandissimes merveilles qui y sont escriptes de la grant Arménie, et de Perse, et des Tartars et d'Inde, et de maintes autres provinces, si comme notre livres vous contera tout par ordre apertement; de quoi messires Marc Pol, sages et nobles citoiens de Venisse, ra-



Giraudon

(1) D'après trois manuscrits de la Bibliothèque nationale.

conte pour ce que il le vit. Mais auques y a de choses [il y a quelques choses] que il ne vit pas; mais il l'entendi d'hommes certains par verité. Et pour ce metrons les choses veues [vues] pour veues, et les entendues pour entendues, à ce que nostre livre soit droit et veritables, sanz nul mensonge. Et chascuns qui ce livre orra [entendra], ou lira, le doie croire, pour ce que toutes sont choses veritables. »

tout, l'histoire officielle mongole n'a pas oublié John of Marignolli, détaché par le pape auprès des khans entre 1330 et 1340...

Le Vénitien prétend avoir arpenté la Chine. Comment se fait-

il, alors, qu'il ne décrive pas la Grande Muraille? Aurait-il "manqué" le seul monument humain visible depuis la Lune?

Il ne l'a pas vue pour la simple raison qu'elle n'existait pas, répond Mi-

De troublantes "omissions"...

Comment Marco Polo a-t-il pu "louper" la Grande Muraille? La chose paraît impensable si l'on considère l'édifice dans sa forme actuelle, qui date du xvi^e siècle.

Mais, à la fin du xiii^e siècle, elle consistait en de simples levées de terre discontinues. En revanche, ni la consommation de thé (et le cérémonial l'accompagnant) ni la coutume des Chinoises de la haute société de se bander les pieds pour les garder menus ne sont

rapportés par le voyageur vénitien, dont le récit fourmille pourtant de détails authentiques.

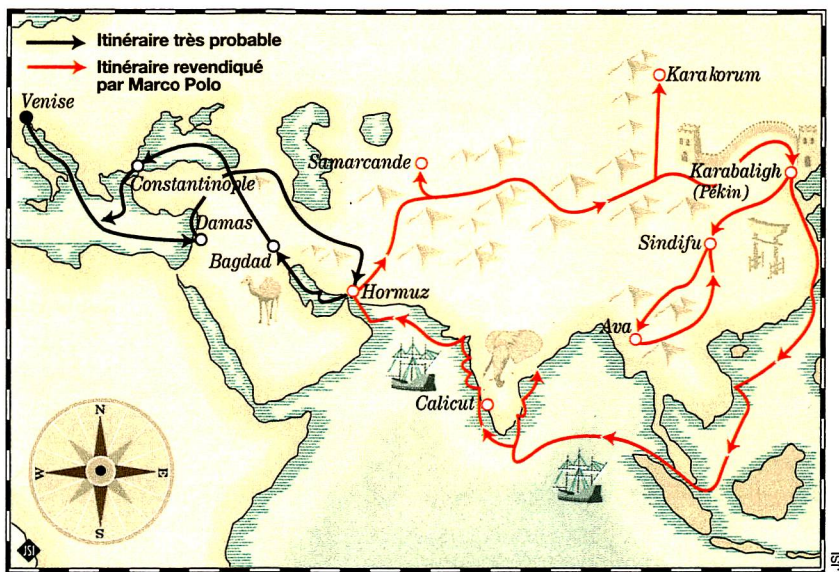


chel Cartier, directeur de recherche à l'Ecole des hautes études en sciences sociales. Les fragments de mur non entretenus qu'on trouvait à cette époque au Nord de la Chine étaient des levées de terre sans maçonnerie ni créneaux. Ils ne barraient pas le paysage comme la muraille d'aujourd'hui, érigée au XVI^e siècle. Ne projetons pas au XIII^e siècle l'image que l'on se fait aujourd'hui de cet édifice colossal. D'ailleurs, aucun des astronautes qui ont marché sur la Lune n'a pu l'apercevoir!

Mais nombre de traits caractéristiques de la société chinoise semblent avoir échappé à Marco Polo. Il décrit la beauté et les toilettes des Chinoises de la bonne société mais ne mentionne pas leurs pieds bandés. La tradition qui consiste à emprisonner les pieds dans des bandes très serrées pour les rendre menus n'aurait pas manqué d'étonner un Européen. A moins que, fréquentant les Mongols, il n'ait pas eu ses entrées dans la "gentry" chinoise.

La calligraphie le laisse également de marbre. Pourtant, à une époque où l'usage du papier n'est pas répandu en Europe, les Chinois recourent abondamment aux documents écrits. Des inscriptions ornent les pavillons, les temples, les portes des villes, les jardins de Suzhou, même les rochers du lac d'Hangzhou.

Même s'il n'était pas amateur de thé, Marco Polo aurait également dû mentionner cette boisson alors inconnue en Occident. Il ne s'est pas privé de décrire les alcools et les vins servis aux banquets impériaux! Proche des conquérants mongols, Marco Polo accordait peut-être peu d'importance au peuple chinois et à ses coutumes. Ce qui ne l'empêche pourtant pas de mentionner certaines de ses inventions : le papier monnaie, la porcelaine, ou encore l'utilisation du charbon comme combustible.



Sur les traces de Marco Polo

Dans ses récits de voyage, Marco Polo ne précise pas son itinéraire. En voici une reconstitution hypothétique, élaborée à partir des descriptions qu'il fait dans son livre. Mais, pour l'historienne Frances Wood, il n'aurait pas dépassé Hormuz (trajet noir) : le reste (trajet rouge) serait pure invention !

Des erreurs et des mensonges, le livre de Marco Polo en contient. Il situe ainsi la ville de Cacionfu sur la mauvaise rive du fleuve Jaune. Malgré ses dires, le Vénitien n'a pas pu assister au siège de Xiangyang, qui s'acheva un an avant l'arrivée supposée des Polo en Chine. Ces fautes et ces exagérations peuvent être imputées à l'étourderie ou au zèle des nombreux copistes qui reproduisirent le manuscrit. Quant aux dates erronées, elles témoignent peut-être de la difficulté pour le voyageur d'établir une concordance entre les différents calendriers alors en vigueur.

Cependant, l'historien René Kappler, qui est train de traduire et d'annoter en français moderne le livre de Marco Polo, soulève une objection : même si Marco Polo a menti, il n'en demeure pas moins que la plupart des ses observations sont vraies. De quels documents disposait-il donc ?

Pour Frances Wood, l'utilisation de termes et de noms persans à la place des mots mongols ou chinois suggère que le Vénitien a pu utili-

ser des sources persanes, rassemblées par sa famille pour établir des comptoirs en Orient. C'est oublier que, dans cette partie du monde, le persan était la langue de référence, rétorque Christopher Schipper. Mais, s'il a eu accès à des cartes et à des guides persans, pourquoi n'a-t-on retrouvé aucun de ces documents ? poursuit René Kappler. Il n'est pas si facile de déboulonner les héros...

Sept siècles après les faits, on a du mal à démêler la fiction de la réalité. Le style surprenant du livre de Marco Polo entretient le doute. L'ouvrage ne ressemble pas à un carnet de voyage mais plutôt à un manuel de géographie et d'histoire. Il retrace peu d'itinéraires. La plupart des descriptions sont impersonnelles. Les références aux Polo y sont distillées avec parcimonie. Malgré tout, la *Description du monde* reste un témoignage – direct ou indirect – étoffé et précieux sur l'Orient de l'époque. ■

(1) *Did Marco Polo Go to China?* éd. Secker & Warburg, 1995.



Hormones : l'Europe en mauvaise posture



Voussard/Gamma

■ Dans la guerre des hormones que se livrent l'Europe et les Etats-Unis, tous les coups sont permis. Par le biais d'un colloque scientifique,

les Américains viennent d'obliger les Européens à reconnaître que ces substances ne sont pas dangereuses pour la santé.

PAR PIERRE ROSSION

Contrôle antidopage... comme chez les sportifs

Le meilleure manière de s'assurer que les vaches n'ont pas été traitées aux hormones ou aux β -agonistes c'est d'analyser leurs urines.

Depuis la mise en vigueur, en 1989, de la directive communautaire interdisant l'utilisation de toutes les substances anabolisantes naturelles et artificielles dans les élevages, on croyait les Français à l'abri de la viande aux hormones. Il se pourrait qu'il n'en soit plus ainsi bientôt, et cela, par la faute de la Commission agricole de Bruxelles, elle-même. En effet, en décidant de réunir, du 29 novembre au 1^{er} décembre 1995, un colloque scientifique (1) remettant en cause la directive communautaire, la Commission s'est enfermée dans un piège dont elle aura bien du mal à sortir.

Après trois jours de débat, les experts internationaux sont arrivés à des conclusions qui pourraient aboutir à la levée de l'interdiction. En effet, Sir John Maddox, directeur de la revue britannique *Nature* et président du colloque, a clairement affirmé que les trois hormones stéroïdiennes naturelles (ces-



(1) Scientific Conference on Growth Promotion in Meat Production.

■ ■ ■ tradiol, progestérone, testostérone) et les deux hormones stéroïdiennes artificielles (trenbolone et zéranol), interdites par la directive communautaire, ne sont dangereuses ni pour l'homme ni pour l'animal, à condition de respecter leur mode d'emploi (voir article suivant).

En disant cela, Maddox n'a pourtant fait qu'enfoncer une porte ouverte, car ces données étaient connues des scientifiques depuis longtemps (?). L'ennui est qu'en les confirmant du haut de la tribune européenne, il vient de les "officialiser". Et cela change tout, car la Commission se trouve désormais contrainte à fournir des arguments pour que la directive communautaire ne soit pas remise en cause.

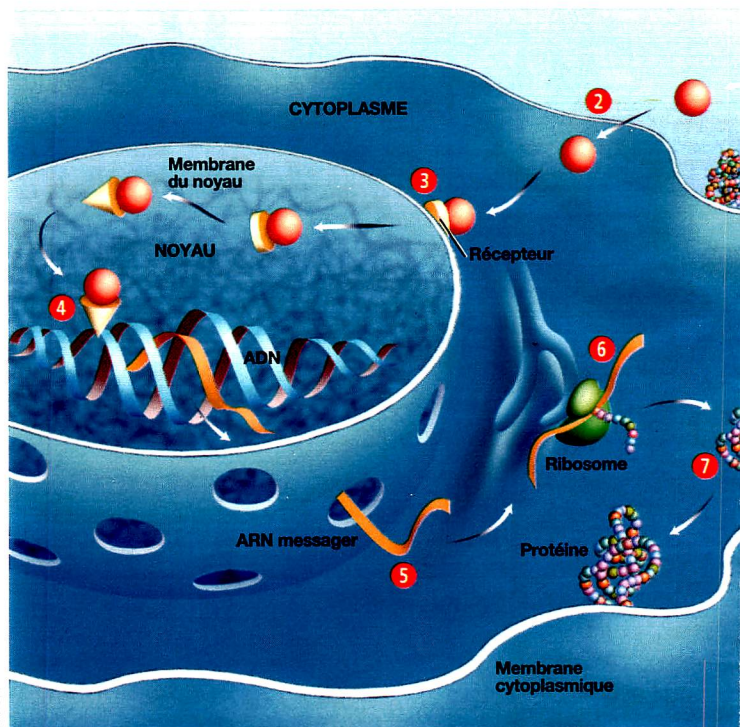
Il ne faut pas être naïf. Derrière ce pavé dans la mare se profile, en fait, le bras de fer que se livrent depuis 1989, d'une part, le gouvernement américain et les multinationales pharmaceutiques américaines et européennes et, de l'autre, la Commission de Bruxelles. Le gouvernement américain, qui autorise chez lui les cinq hormones précitées dans les élevages, veut à tout prix nous exporter ses bovins artificiellement gonflés. Quant aux lobbies pharmaceutiques, ils cherchent absolument à placer leurs hormones sur le marché européen.

UN COLLOQUE TROP BIEN PRÉPARÉ

Organisé, à son corps défendant, par l'Autrichien, Franz Fischler, chargé de l'agriculture et du développement rural au sein de la Commission européenne, le colloque a vu le jour grâce à l'appui de membres de la Commission, très en cour, qui préconisent un alignement sans condition sur les normes américaines, afin d'éviter les entraves au commerce international. Encore fallait-il trouver un prétexte pour l'organiser. Il a été fabriqué de toutes pièces par les Américains. En juillet dernier, en effet, la nouvelle version du *Codex alimentarius* – un livre qui fixe, à l'échelon internatio-

nal, les normes des résidus chimiques dans les aliments – entérina les normes relatives aux cinq hormones stéroïdiennes, naturelles et artificielles, utilisées à des fins d'engraissement. Ces normes étaient en effet inscrites depuis 1988 (pour les trois hormones naturelles) et 1989 (pour les deux artificielles) dans les rapports du Jecfa (?) mais n'avaient jamais été validées politiquement. C'est désormais chose faite : le Codex estime qu'aucune limite maximale ne devait être fixée pour les résidus des trois hormones naturelles

trouvés dans la viande. En revanche, pour ceux provenant des deux hormones artificielles, elle jugeait qu'ils ne devaient pas excéder 2 microgrammes (µg) par kilogramme dans les muscles et 10 µg/kg dans le foie. Apparemment rien à redire à cela, puisque ce livre est rédigé par des experts dépendant de l'ONU, après consultation de scientifiques internationaux. Là où le bât blesse, c'est quand on apprend que le *Codex* a adopté ces normes à la requête des Etats-Unis. Désormais, donc, dans



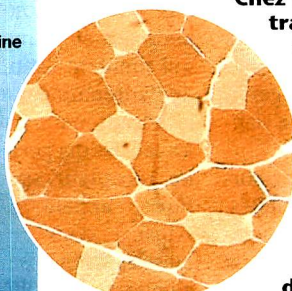
Comment grossit la vache

Transportée par une protéine ①, l'hormone stéroïdienne arrive au niveau de la membrane cytoplasmique ② de la cellule musculaire de la vache. Elle traverse cette barrière par simple diffusion, puis est prise en charge par un récepteur ③ situé sur la membrane du noyau. Le complexe hormone-récepteur se dirige vers l'ADN où il se fixe ④. Au cours de ce déplacement, le récepteur change de conformation. Au niveau de l'ADN, l'hormone augmente le taux d'ARN messager (ARNm) produit. Cet ARNm ⑤, qui a copié l'information contenue dans l'ADN, porte ce message dans le cytoplasme où il est traduit en protéines par les ribosomes ⑥. Comme le taux d'ARNm a été augmenté, le nombre de messages est multiplié, la cellule fabrique donc plus de protéines ⑦ et la vache grossit plus vite.

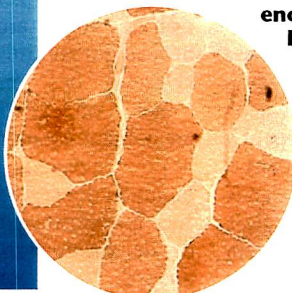


Plus d'eau que de viande

Chez une vache élevée traditionnellement à la ferme, le réseau de fibres musculaires apparaît dense au microscope (en haut). Au contraire, chez une vache traitée aux hormones stéroïdiennes, il est plus distendu, en raison de la grande quantité d'eau fixée. Un phénomène encore plus flagrant chez les veaux, car les bêtes en croissance fixent naturellement plus d'eau que les animaux adultes. La qualité de la viande s'en ressent forcément.



G. Mouthon



le cadre des accords de Marrakech qui ont conclu les négociations du GATT (*), une viande aux hormones répondant à ces normes internationales ne peut être interdite de vente ou d'importation sans s'exposer aux foudres de l'Organisation mondiale du commerce (OMC). Si l'Europe s'y oppose, elle aura à subir des mesures de rétorsion de la part des Etats-Unis.

Le prétexte "officiel" étant trouvé il ne restait plus qu'à orienter le colloque dans le sens voulu. Ce sont les scientifiques, eux-mêmes, en partie sélectionnés pour les besoins de la cause qui s'en sont chargés. Parmi les 85 participants, on relevait seulement six Français contre une grande majorité d'Anglo-saxons, originaires pour la plupart des Etats-Unis, d'Australie et de Nou-

velle-Zélande, pays utilisateurs d'hormones stéroïdiennes et gros exportateurs de viande de boucherie. Il y avait aussi des Britanniques, dont tout le monde sait que leur pays est le fer de lance des Etats-Unis en Europe. Certes, il est hors de question de mettre en doute l'honnêteté intellectuelle des participants, qui n'ont fait que confirmer ce qui se savait déjà. Mais on peut reprocher au colloque de n'avoir traité que d'un aspect des choses.

D'entrée de jeu, l'Américain D. H. Beerman (de l'université Cornell, à New York) en a fixé les contours : « Il est clair que le désir d'influencer la croissance des animaux est motivé par le besoin d'obtenir de la viande à moindre coût avec une meilleure efficacité alimentaire, par la réduction des rejets azotés et phosphorés dans l'environnement et par une augmentation des muscles au détriment de la graisse ».

« Pour moi, ce colloque est complètement bidon, car on peut raisonnablement s'étonner que, parmi les

scientifiques choisis, il n'y ait eu que deux experts de la qualité de la viande », s'insurge avec véhémence, le Pr Gilbert Mouthon, responsable du service de physique et chimie biologiques et médicales à l'Ecole nationale vétérinaire, à Maisons-Alfort et, par ailleurs, expert près le tribunal administratif et la cour d'appel de Paris. S'il n'a pas été convié au colloque, c'est parce que les scientifiques ont été choisis de manière à éviter toute contradiction.

Selon lui, le fin mot de l'histoire, sur lequel le colloque est resté muet, c'est que la viande aux hormones n'a pas de goût. Quant à savoir si elle est inoffensive pour la santé, la question mérite d'être débattue. Pour aborder ces deux questions, un retour en arrière s'impose.

La controverse sur les hormones stéroïdiennes remonte à 1976, quand, en Italie, des modifications hormonales d'ordre sexuel, apparurent chez des adolescents qui avaient consommé de la viande provenant d'élevages de veaux traités avec une hormone de synthèse, le diéthylstilbestrol (DES), réputée cancérigène et toxique pour le fœtus humain. Devant la levée de boucliers des consommateurs, l'Europe avait décidé d'interdire *illico* le DES, mais aussi, après de nom-

Va-t-on légaliser les hormones interdites ?

breuses tergiversations, les cinq hormones. Cette dernière interdiction s'était concrétisée par la directive européenne 88/146, devenue effective le 1^{er} janvier 1989. En revanche, les Etats-Unis, l'Australie et la nouvelle-Zélande, entre autres, décidaient de n'interdire que le DES.

Rappelons que les cinq hormones sont, comme les hormones sexuelles, de nature stéroïdiques. Elles ont en commun un stérol (al-

(2) Elles figurent déjà dans le rapport Laming, et expliquent l'autorisation - éphémère - des hormones par la loi Rocard en juillet 1984. Voir *Science & Vie* n° 759, p. 74, et n° 857, p. 96.

(3) Joint expert committee on food additives.

(4) General Agreement on Tariffs and Trade.

■ ■ ■ cool de poids moléculaire élevé), sur lequel viennent se fixer des radicaux propres à chaque hormone. Enfin, elles agissent en faisant moins dégrader et davantage fabriquer de protéines par les cellules (voir dessin page précédente). C'est ce que l'on appelle leur fonction anabolisante.

Les trois premières, l'œstradiol, la progestérone, la testostérone sont dites "naturelles" parce que leur structure chimique est la même que celle des hormones présentes chez les animaux. En fait, elles n'ont de naturel que le nom. Certes, elles peuvent être obtenues par extraction sur des animaux, mais, le plus souvent, elles sont produites par

trois hormones, les éventuels résidus sont métabolisés dans le foie. Le risque d'un quelconque accident peut donc être considéré comme nul à condition de ne pas consommer de foie. De plus ces hormones ne sont pas cancérogènes. On a calculé que pour qu'il y ait danger, il faudrait consommer 300 kg de viande par jour».

En ce qui concerne les deux hormones stéroïdiennes artificielles, elles ne sont pas non plus dangereuses si elles sont utilisées aux doses prescrites et si leur taux de résidus dans la viande est inférieur à celui défini par le *Codex alimentarius*. Mais si on ne respecte pas ces recommandations et qu'on les administre en intraveineuse, plutôt qu'en implant derrière l'oreille, il peut y avoir des accidents, notamment si l'on consomme peu après la viande correspondant au site d'injection. Les troubles – réversibles – peuvent se traduire par une augmentation des glandes mammaires chez l'homme et par une diminution ou une augmentation de l'activité sexuelle, selon l'hormone employée.

LA PIQÛRE SUPPLANTE L'IMPLANT

Le Pr Mouthon précise encore que «pour obtenir un résultat spectaculaire, certains éleveurs n'hésitent pas, en toute illégalité, à administrer des cocktails de plusieurs hormones. Ils préfèrent, à la technique de l'implant, la piqûre intramusculaire, beaucoup plus efficace. Alors imaginons ce qui peut se passer s'il reste des traces au point d'injection et que ce morceau de viande se retrouve dans un pot pour bébé?».

Mais il y a plus grave. Si les députés européens décidaient d'autoriser les cinq hormones en Europe, on ne pourrait empêcher les importations de bovins américains. Or, il se trouve que, de plus en plus, aux Etats-Unis, ces animaux sont de moins en moins traités avec ces cinq substances, mais, de plus en plus, avec des substances interdites, tant

en Europe qu'en Amérique : les β -agonistes. Au sens strict, ces produits ne sont pas des hormones, mais des substances qui simulent l'action de l'adrénaline et de la noradrénaline sur les cellules qui portent un récepteur spécifique, appelé β -2. Ainsi, dans les muscles, ils induisent, au niveau des cellules stimulées, une rétention des acides aminés, ce qui facilite la synthèse des protéines, d'où leur rôle anabolisant. En outre, ils provoquent une diminution des graisses. Les mécanismes de ces deux actions sont encore très mal connus.

Actuellement, on connaît plusieurs dizaines de ces molécules. Certaines sont parfaitement identifiées, comme le clenbutérol, un médicament utilisé en pratique vétérinaire et médicale contre l'asthme. Certains pays, comme l'Allemagne, autorise ce produit chez de nombreuses espèces d'élevage, alors qu'en France, il n'est autorisé que chez la vache et la brebis, au moment de la mise bas et chez le cheval pour soigner des problèmes pulmonaires.

Jusqu'à aujourd'hui, aucune de ces molécules n'est autorisée, tant en Europe qu'aux Etats-Unis, comme facteur de croissance chez l'animal. Ce qui n'empêche pas les fraudes. Depuis 1990, nos services vétérinaires relèvent des utilisations de ces substances sur des animaux provenant d'élevages français. Les traces décelées sont le plus souvent de l'ordre du ppb (microgramme par kilogramme); les intoxications aiguës (bouffées de chaleur, tremblements, palpitations, troubles cardiaques) – on en a diagnostiqué



P. Menzel/Cosmos

Des médicaments détournés de leur usage

synthèse. Enfin, chacune a son rôle propre : œstradiol et progestérone chez les femelles, testostérone chez les mâles.

Les deux hormones artificielles, la trenbolone et le zéranol, bien qu'ayant des structures similaires aux hormones naturelles, ont été, en revanche, inventées par l'homme et sont produites par synthèse. Elles agissent sur la cellule de la même façon que les trois précédentes.

Les scientifiques du colloque ont admis que, employées aux doses prescrites par les fabricants (de l'ordre de 200 mg pour la trenbolone), les trois hormones stéroïdiennes naturelles ne sont toxiques ni pour l'animal ni pour l'homme, à condition qu'elles soient administrées, sous forme d'implants, greffés dans des parties non consommables de l'animal, derrière l'oreille par exemple. Le Dr Jean-Michel Lecerf, responsable du service nutrition, à l'institut Pasteur de Lille, explique pourquoi : «Quand on ingère de la viande traitée par l'une de ces



Isopress

Des milliers de bovins gonflés aux hormones

Si l'Europe n'est pas vigilante, ses bovins subiront le même sort que ceux des Etats-Unis (photo ci-dessus). On pratiquera un élevage intensif, et on donnera aux bêtes des hormones stéroïdiennes ou des β -agonistes. Franz Fischler, membre de la Commission européenne et organisateur du colloque de Bruxelles (à gauche, avec Jochen Borchert, ministre allemand de l'Agriculture) devra user de son influence pour maintenir l'interdiction des hormones dans la Communauté.

quelques unes ces dernières années – surviennent pour des taux de résidus de l'ordre de 100 ppb. Ces fraudes peuvent cependant être démasquées, par les contrôles s'exerçant sur des animaux vivants – dosage des urines –, ou sur les animaux tués – analyse des muscles et des viscères. Ces dernières sont les seules que l'on puisse effectuer sur les importations, qui concernent peu les animaux vivants. Or, il est plus difficile de trouver les résidus de ces substances dans la viande ou les viscères que dans l'urine. A preuve : longtemps les Pays-Bas nous ont ex-

porté de la viande traitée aux β -agonistes sans qu'on s'en aperçoive.

« Le risque que ces bovins ferait courir aux consommateurs européens est d'autant plus grand qu'aux Etats-Unis, il n'y a pratiquement pas de contrôle des viandes », nous dit le Pr François André, directeur du laboratoire des dosages hormonaux à l'école vétérinaire de Nantes, et l'un des quatre organisateurs du colloque de Bruxelles. Et d'ajouter : « On ne possède pas de données sur les limites maximales de résidus dans les viandes dont une consommation répétée pourrait à

long terme être nocive. Alors, on peut se demander quelle incidence aurait, sur la santé humaine, l'ingestion prolongée de ces résidus ».

Certains experts de Bruxelles, favorables à la libéralisation des cinq hormones stéroïdiennes, arguent du fait qu'en continuant à les interdire, on ne fait que favoriser la fraude. « En fait, rien ne le prouve. On sait que les fraudes continuent, même quand les substances sont autorisées », poursuit le Pr André.

« Tous ces produits, hormones stéroïdiennes et β -agonistes, sont en fait des médicaments, puisqu'ils mo-

■■■ difient le métabolisme. Or, pour être commercialisé, un médicament doit faire l'objet d'une autorisation de mise sur le marché (AMM), qui précise ses conditions d'emploi, chez les malades. Alors comment peut-on légalement administrer de tels produits à des animaux, sachant que certaines personnes, particulièrement sensibles ne pourront les métaboliser. Je pense, en particulier aux enfants, aux vieillards et aux immunodéprimés. La responsabilité juridique de ceux qui prendraient la décision d'autoriser ces produits serait probablement personnellement engagée, puisqu'ils sont avertis», prévient le Pr Mouthon.

Les représentants de l'industrie vétérinaire réclament, quant à eux, une liste positive de molécules garanties par l'AMM, avec un renforcement des contrôles pour éviter l'emploi des illicites.

UNE LUTTE POUR L'HÉGÉMONIE

Le colloque de Bruxelles a peut-être permis aux Américains de remporter la première manche, mais ils sont encore loin d'avoir gagné la partie. «Tant qu'on produit, en Europe, une viande de qualité qui satisfait à la fois les consommateurs et les producteurs, il n'y a pas de raison de changer la réglementation. Franz Fischler a été très clair sur ce point», remarque le Pr André. Si les Américains, ne voulaient pas entendre raison, l'Europe aurait tout de même le choix entre deux attitudes. La première, molle, consisterait à exiger que sur la viande, en provenance des Etats-Unis, il soit spécifié qu'elle a subi un traitement aux hormones stéroïdiennes – tout en sachant bien qu'elle a peut-être été traitée avec des β -agonistes. La seconde, dure, aurait pour but d'obliger les Américains à renforcer leurs contrôles et à nous fournir la preuve que leur viande est bien indemne de β -agonistes. Autant de mesures qui, après le colloque de Bruxelles, pourraient limiter les prétentions des Etats-Unis. ■

Les mobiles de la fraude

■ Plus besoin de piqûres, les bovins peuvent désormais ingérer un nouveau type d'hormones, les β -agonistes, par le biais de leur alimentation. Une nouvelle stratégie de fraude difficilement détectable.

PAR MARIE-LAURE MOINET

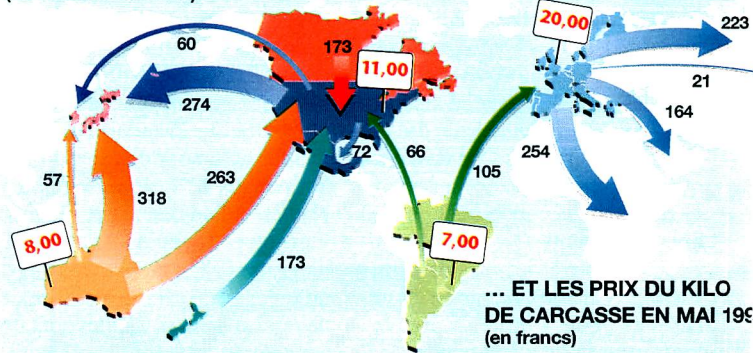
Le dopage des animaux d'élevage est donc revenu à l'ordre du jour (voir article précédent). Mais le débat dépasse désormais le cadre des hormones stéroïdiennes. Au marché noir, les produits les plus en vogue sont les β -agonistes (β -agonistes), une famille hétérogène de molécules qui se fixent sur les récepteurs β -2 de l'adrénaline (un neuromédiateur). Certains sont des

médicaments très utilisés en médecine humaine (salbutamol, fénotérol...) et vétérinaire, notamment en tant que dilatateur des bronches contre les toux asthmatiques et les broncho-pneumopathies obstructives. Ils peuvent aussi faciliter l'accouchement des vaches ou des brebis par dilatation de la filière pelvienne. Ils sont autorisés en France, à seule fin thérapeutique,

Qui veut des hormones?

L'Europe est encore l'un des rares bastions où l'utilisation des hormones est interdite. Cela contribue au prix de revient plus élevé de sa viande. Mais est-ce une raison pour s'aligner sur les modes de production des grands exportateurs? Tournés jusqu'ici vers le Pacifique, les Etats-Unis ne réussiront à conquérir le marché de l'Union européenne que si l'administration d'hormones y devient légale.

LES ÉCHANGES DE VIANDE BOVINE EN 1994...
(en milliers de tonnes)





C. Thiriet

Que mangent-ils ?

Il est facile d'ajouter à l'aliment de ces bovins un adjuvant contenant des β -agonistes. Le caractère furtif de la fraude rend le contrôle difficile. Il existe une centaine de β -agonistes et de nouvelles substances continuent d'être décelées, comme, en 1994, le clenpropérol, apparenté au clenbutérol.

pour les chevaux, les vaches, les brebis et les animaux de compagnie.

Mais employés à des doses dix fois plus fortes qu'en thérapeutique – de l'ordre du milligramme – ils permettent un gain du rendement en viande de la carcasse : ils accroissent l'efficacité alimentaire (gain de poids de l'animal par unité de poids d'aliments), augmentent la masse musculaire (par une plus grande rétention de l'azote) et diminuent la masse grasseuse. Ils ont surtout l'avantage de pouvoir être incorporés sous forme de granulés ou de suspension à l'aliment, alors que les hormones "classiques" doivent être injectées ou implantées sur l'animal. L'ensilage (maïs ou herbe coupée et fermentée que l'on donne aux bovins) peut donc sans problème être arrosé de clenbutérol, comme l'a montré un contrôle des services de la Répression des fraudes. Le clenbutérol est la vedette des β -agonistes en médecine vétérinaire. Brevetée et fabriquée par Boehringer-Ingelheim, cette molécule est tombée dans le domaine public (médicament générique) et peut donc être copiée et produite par n'importe quel indus-

triel à un prix inférieur à celui, prohibitif, des médicaments vétérinaires. Clenbutérol, salbutamol, cimbutérol, mapentérol, mabutérol, clenpropérol et autres β -agonistes non brevetés arrivent aujourd'hui dans l'auge des bovins par des circuits clandestins qui pourraient avoir leur source dans les pays de l'Est, d'Amérique latine ou d'Asie.

Chaque pays membre de l'Union européenne est tenu d'instaurer des plans annuels de surveillance. En France, les contrôles de résidus d'anabolisants ont été triplés en 1995 et 10 millions de francs leur ont été alloués. Les analyses sont effectuées dans dix laboratoires formés aux méthodes de détection par le laboratoire national de référence, celui des dosages hormonaux à Nantes (!). Malgré des peines plus dissuasives aujourd'hui – jusqu'à quatre ans de prison ferme et 500 000 F d'amendes pour le respon-

sable d'un trafic international jugé en septembre dernier dans la Vienne – la fraude existe toujours.

La recherche de β -agonistes s'avère de fait plus souvent positive que celle des hormones stéroïdiennes : en 1994, 4,2 % des 1 041 prélèvements (principalement d'urine) effectués dans les élevages de bovins par les services vétérinaires de la Direction générale de l'alimentation (DGAL) étaient positifs, contre 0,62 % des 2 000 analyses d'hormones stéroïdes ; à noter qu'à l'abattoir, où sont effectués les deux tiers des prélèvements pour détecter les β -agonistes, moins de 1 % des échantillons prélevés étaient positifs. Pour les contrôles de la Répression des fraudes, la proportion de positifs aux β -agonistes est de 5 % – la fraude se fait désormais plus à la ferme que chez le fabricant d'aliments industriels. En revanche, dans une récente enquête de l'Union fé-



■ ■ ■ dérale de consommateurs (UFC), 13 % des échantillons de foie examinés étaient contaminés (1).

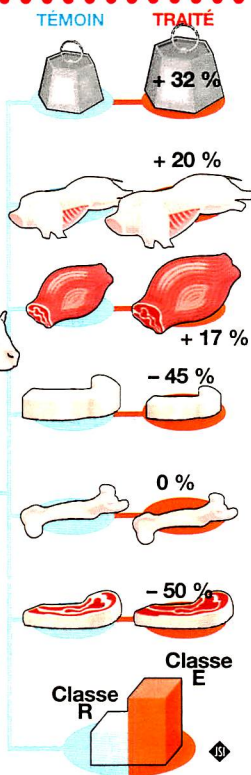
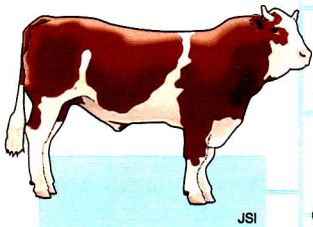
En Europe, la fraude est internationale; la Hollande a dû interdire l'usage thérapeutique des β -agonistes contre la toux pour les veaux car ils étaient tous asthmatiques! Après les pays du Benelux, elle semble s'épanouir en Espagne et au Portugal. On y relève fréquemment des cas d'intoxication par des foies

de veau ou de bœuf, signe d'un usage immodéré de β -agonistes – supérieur à la dose nécessaire pour augmenter seulement le rendement des carcasses, et certainement suffisante pour déclencher chez les animaux traités des effets secondaires pathologiques, tels qu'arythmies cardiaques ou tremblements musculaires. La fraude s'exerce désormais sur les jeunes bœufs, les taurillons et les vaches de réforme,

vaches laitières en fin de carrière (2). Car, pour les éleveurs de veaux de boucherie, le souvenir du boycott de 1980 est encore vif.

La fraude s'étend au secteur des volailles; en 1995, les services vétérinaires ont prélevé pour analyse de β -agonistes 1 310 foies de poulet et 680 foies de dinde. La belle allure de certaines dindes de Noël serait-elle suspecte? L'un des parlementaires européens les plus acharnés contre

PLUS BEAU ET MOINS CHER À PRODUIRE

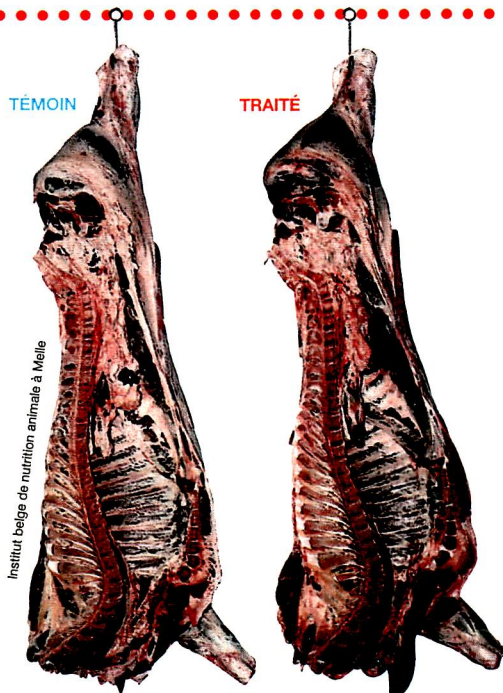


Les β -agonistes, plus encore que les hormones stéroïdiennes, abaissent le coût de production et augmentent le prix de vente. Car, chez les bovins, selon l'animal, les molécules employées – elles agissent en synergie –, le mode et la durée du traitement, la période de "retrait" (sans anabolisant) avant l'abattage, on peut obtenir, au maximum (1) :

- un gain de poids quotidien augmenté de 32 %.
- Mieux, l'efficacité alimentaire (gain de poids par kilogramme de matière sèche consommée) croît d'autant. On "finit" ainsi l'animal dans un laps de temps plus court;
- un poids de carcasse (l'animal débarrassé du

"cinquième quartier", tête, viscères, peau, etc.) augmenté de 20 %;

- un rendement en viande de cette carcasse supérieur de 17 %, notamment dans les morceaux "nobles", à griller. Le muscle long dorsal (faux-filet), critère de qualité, est plus riche en protéines et moins gras.
- un gras sous-cutané (gras de couverture) diminué de 45 %, donc



une carcasse plus maigre, mieux classée (voir photo ci-dessus)

- un squelette identique, voire moins lourd.
- un gras intramusculaire diminué de 50 %. Ce qui rend la viande moins "persillée", donc peu savoureuse, mais aussi moins calorique; la viande peut être plus pâle par augmentation de la proportion de fibres musculaires blanches.
- une carcasse de plus belle conformation, donc mieux classée selon la grille en vigueur (classes E, U, R, O, P, de la meilleure à la

moins bonne).

Mais la viande est plus dure. Car sa maturation est ralentie. En effet, une phase d'une dizaine de jours est nécessaire pour que les protéases détruisent les liaisons créées entre les microfibrilles musculaires après l'abattage, lors de la rigidité cadavérique. Les β -agonistes inhibant ces protéases, la viande traitée ressemble à une viande immature. Par ailleurs, le collagène du tissu conjonctif, moins soluble, exige une cuisson plus longue.

(1) D'après le Danish institute of animal science.

l'usage des anabolisants, Jaak Vandemeulebroucke, en a fait la matière d'un thriller belge, *la Mafia des hormones* (3). On y voit comment les réseaux de distribution se ramifient jusqu'à l'éleveur, par le biais de fabricants d'aliments, de vétérinaires, de pharmaciens, de marchands de bétail, comment certains maquignons peuvent "finir" eux-mêmes les animaux avant l'abattage pour tirer profit d'une meilleure conformation (voir dessin ci-contre).

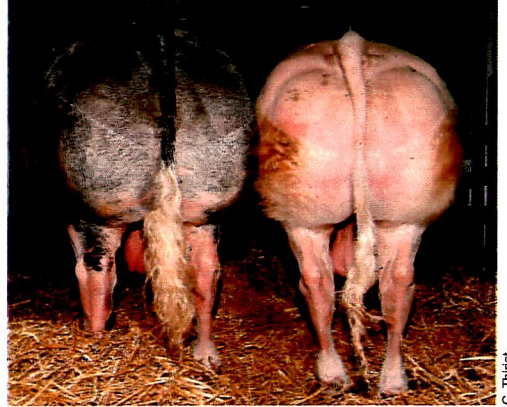
Le meurtre, le 20 février 1995, d'un inspecteur chargé du contrôle anti-anabolisant en Belgique, Karel van Noppen, confirme l'existence de cette mafia. Selon Jaak Vandemeulebroucke et une association de consommateurs, Test-Aankoop, la majorité de la viande belge est traitée par des cocktails d'hormones ou des β -agonistes; les chiffres officiels eux, varient pour la Belgique et la Hollande, de 12 à 25 % (4). Ce qui est sûr, c'est que les animaux traités ont un cycle de production plus court; le prix de la viande est donc plus compétitif (voir carte page précédente).

Qu'advient-il des conclusions scientifiques de la conférence de Bruxelles remises au Parlement européen au début de cette année? Le Commissaire européen à l'agriculture et au développement rural, Franz Fischler, a fermement déclaré que la science n'est pas seule juge en matière d'anabolisant. Mais la position de l'Europe devient de plus en plus inconfortable. Pour l'instant, ce qu'elle importe des Etats-Unis est négligeable : 2 123 tonnes de viande bovine (pour environ 55 millions de francs), 6 369 tonnes d'abats pour l'industrie de la charcuterie (environ 80 millions de francs) en 1994. Viande et abats doivent provenir d'abattoirs agréés par l'Union européenne. Des contrôles aux frontières sont effectués sur les abats.

Combien de temps les Etats-Unis supporteront-ils ces contraintes? Ils sont loin d'atteindre le quota qui leur est alloué avec des droits de douane réduits (10 000 tonnes

"Culs de poulain" à bon compte

En administrant des β -agonistes à des bovins, on peut obtenir une hypertrophie des muscles de leurs quartiers arrières, semblable à celle des "culards" obtenus par sélection génétique. Seule différence : la viande dopée est moins tendre.



C. Thiriet

de viande). Ils peuvent arguer que notre interdiction vis à vis de la viande "hormonée" leur cause un préjudice commercial (100 millions de dollars estiment-ils déjà) et la décision du *Codex alimentarius* – qui fait référence auprès de l'Organisation mondiale du commerce – peut obliger l'Europe, si elle campe sur ses positions, à leur verser des indemnités. L'étau risque de se resserrer également pour les β -agonistes bien que la conférence de Bruxelles ait mis l'accent sur le fait que chaque molécule de cette famille mérite une analyse toxicologique approfondie. L'une d'entre elles, la ractopamine (brevetée par Elanco, filiale d'El Lilly), en essais avancés sur le porc et les bovins, semble bien près d'obtenir l'agrément de la FDA (Food and drug administration). Son nom de marque déposé, Paylean, figure déjà sur les plaquettes publicitaires de la firme.

Rien, de toutes façons, n'arrête la recherche. Comme le but de ces anabolisants est d'accélérer les "performances" zootechniques, les chercheurs, au sein des universités, des sociétés industrielles et des grands centres nationaux comme l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), continuent d'expérimenter de nouvelles molécules. L'hormone de croissance (so-

matotropine), qui, en tant que protéine, ne peut qu'être injectée, donne de bons résultats pour l'engraissement du porc. A plus long terme, les scientifiques envisagent d'immuniser l'animal contre le ralentissement de sa croissance par certaines de ses propres hormones (la somatostatine); ou de lui administrer des anticorps capables de tuer ses propres cellules graisseuses etc.

A l'abattoir, la carcasse traitée vaut de 2 à 3 F de plus le kilo

D'autres voies plus physiques, comme la modification du photopériodisme, sont explorées.

On verra donc, d'ici à quelques mois, si ce qui fait fuir le consommateur est le mot "hormone" ou l'arsenal des techniques que l'homme met en œuvre pour obtenir plus de viande à meilleur marché. ■

(1) Que Choisir n°313.

(2) *Vaches d'Europe*, J.-C. Guesdon, P. Chotteau, M. Kempf. Edition Economica.

(3) Edition Luc Pire

(4) *An easy mind on meat again*, Rita Boone. Edition Roularta books.

APOLLO 13

Chronique d'une catastrophe évitée

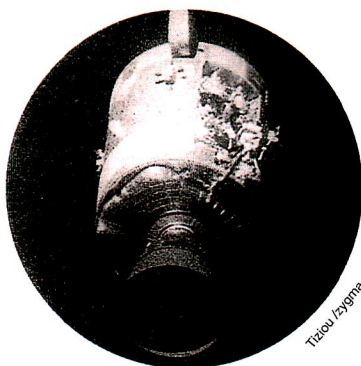
■ «Houston. Hey, we've got a problem.» Le 13 avril 1970, ce cri d'alarme retentit à la NASA. Il provient du vaisseau Apollo 13, qui navigue à quelque 320 000 km de la Terre. Mais de quel problème s'agissait-il ? Comment la catastrophe a-t-elle été évitée ?

PAR RENAUD DE LA TAILLE

En 1961, en réponse au premier vol d'un Soviétique autour de la Terre (Youri Gagarine, le 12 avril), le président John Fitzgerald Kennedy faisait le pari d'envoyer des Américains sur la Lune avant 1970. Bien qu'il ait été assassiné en 1963, le pari fut tenu : Neil Armstrong et Edwin Aldrin firent leurs premiers pas sur la Lune le 21 juillet 1969. La réussite fut totale : pas l'ombre du plus minuscule problème à l'aller comme au retour.

Deux autres astronautes les suivirent en novembre dans une ambiance totalement détendue : les missions Apollo semblaient faire le voyage Terre Lune aussi aisément qu'un train va d'une gare à une autre. Du même coup cet exploit spectaculaire perdit de son intérêt aux yeux du public : aller sur la Lune paraissait si facile... En fait, la mission suivante allait prouver qu'une fusée interplanétaire ne glisse pas sur des rails.

C'est pourtant dans une atmosphère de totale décontraction que la mission *Apollo 13* s'envola de Cap Canaveral le 11 avril 1970 avec James Lovell, John Swigert et Fred Haise à son bord. Déjà blasé par les



Le module de service éventré

Peu avant d'arriver sur Terre, Swigert a photographié le module de service dont il venait de se séparer : on voit que tout un côté a été soufflé par l'explosion du réservoir d'oxygène.

deux succès précédents, le public suivit d'un œil indifférent le départ de la fusée Saturn V retransmis en direct sur les télévisions américaines, après quoi il put retrouver son match de base-ball habituel.

Le lendemain 12 avril, c'est à peine si les journalistes se déplacèrent

pour apprendre que les choses allaient bien à bord, ce qui parut tout naturel. C'est le 13 dans la soirée que les choses se gâtèrent brusquement ; à 21 h 08, le commandant Lovell envoya un message laconique : «Houston. Hey, we've got a problem». Un problème, c'était peu dire : le réservoir d'oxygène de la pile à combustible n°2 avait explosé, celui de la pile n°1 était menacé, un circuit électrique venait de tomber en panne et du gaz s'échappait du module de service.

Ajoutons que la navigation spatiale n'a rien de ces "courses en solitaire" où hélicoptères et vedettes rapides sont prêts à ramener le navigateur au premier appel de détresse. Là, les astronautes étaient vraiment seuls dans l'espace et aucune fusée de secours n'aurait pu aller les chercher. A plus de 320 000 km de la Terre, ils ne pouvaient compter que sur eux et sur les conseils que leurs dispensaient les spécialistes de la NASA.

Il apparut très vite que tout l'oxygène du réservoir n°2 était perdu et que deux des trois piles à combustible ne fonctionnaient plus. Or, ces piles fournissaient l'énergie électrique nécessaire à toutes les fonc- ■ ■

Ils reviennent de loin...

James Lovell, John Swigert
et Fred Haise devaient partir
pour la Lune. Et leur rêve devint
un cauchemar...

NASA

Tiziou / zygm



Une simple montre donne le top des

■ ■ ■ tions du module de commande : éclairage, chauffage, renouvellement de l'air, commandes, circuits informatiques et autres. De plus, elles produisaient l'eau nécessaire à la consommation et au refroidissement des circuits électroniques.

LE MODULE LUNAIRE DEVIENT CANOT DE SAUVETAGE

Sans eau et sans électricité, ce module où vivaient normalement les trois hommes n'était plus qu'un bocal inertes flottant dans l'espace. Lovell, Swigert et Haise risquaient d'y périr très vite de froid et d'asphyxie. Ils décidèrent de l'abandonner pour aller se réfugier dans le minuscule module lunaire. Les naufragés de l'espace allaient devoir y tenir à l'étroit pendant quatre jours, en résistant au froid (2 ou 3°C), à l'humidité, au manque d'eau et d'oxygène.

Epuisés par l'insomnie, la fatigue, l'angoisse, il leur faut pourtant effectuer toutes les opérations nécessaires, non seulement à leur survie, mais aussi au guidage de leur vaisseau vers la Terre. Depuis l'explosion du réservoir d'oxygène, celui-ci est entouré d'un nuage de débris qui scintillent dans la dure clarté du Soleil et aucune étoile ne peut servir de repère. La trajectoire doit être corrigée alors qu'ils sont derrière la Lune, laquelle fait écran aux signaux horaires envoyés de la Terre, ils se guident alors pour l'allumage des fusées sur une simple montre-bracelet mécanique qu'on doit remonter tous les jours – un chrono Omega Speedmaster resté célèbre à ce titre.

Pour absorber le gaz carbonique

de l'air, on utilise des filtres à l'hydroxyde de lithium qui n'ont pas la même taille dans le module de commande et dans le module lunaire. Les ingénieurs au sol réussissent en deux jours à trouver un bricolage permettant de monter les filtres de l'un sur les prises de l'autre. L'eau est ensuite rationnée, puis le courant, et c'est *in extremis* qu'ils feront enfin leur rentrée dans l'atmosphère terrestre le vendredi 17 avril.

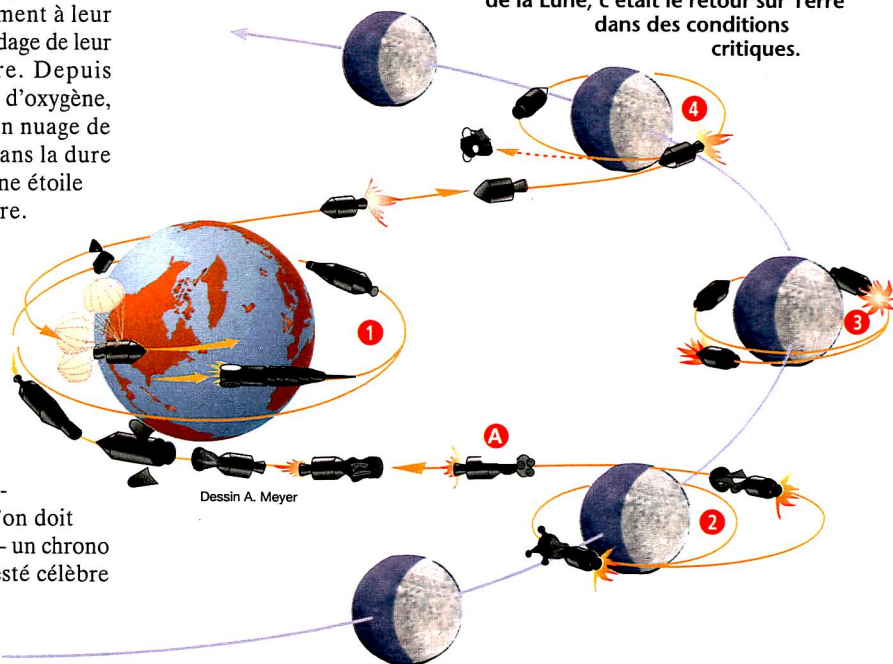
Après des semaines d'enquête scientifique minutieuse, on put reconstituer la genèse de l'accident qui avait empêché Lovell et Haise

de fouler à leur tour le sol lunaire. Le vaisseau *Apollo 13* en configuration de croisière comporte trois blocs : un module lunaire arrimé à l'avant, un module de commande conique où vit l'équipage, et un grand module de service cylindrique prolongé par une tuyère (8 mètres de long en tout).

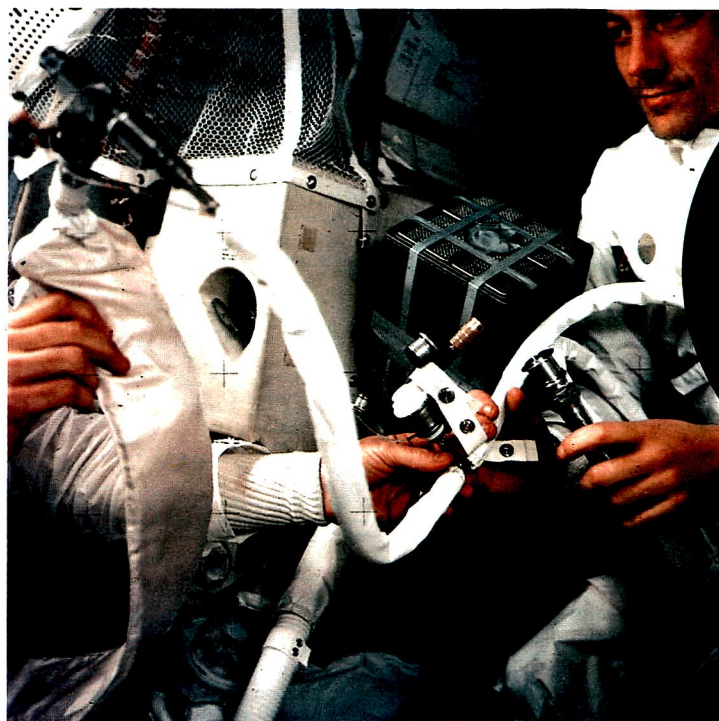
Les gros réservoirs du moteur-fusée prennent la majorité de la place disponible dans ce module. Le reste est occupé par les servo-mécanismes de contrôle, les boîtiers de branchement, les pompes, vannes et autres éléments techniques. Mais c'est là que se trouvent aussi les

La mission prévue pour Apollo 13

Toutes les missions Apollo suivaient le même schéma : départ et orbites autour de la Terre ①, orbites autour de la Lune ②, descente du module sur la Lune et remontée vers le vaisseau ③, et enfin retour sur la Terre ④. Mais, lors du vol *Apollo 13*, le réservoir d'oxygène explosa alors que le vaisseau était tout près de la Lune ④ et la mission ne dépassa jamais le stade ②. Après un survol de la Lune, c'était le retour sur Terre dans des conditions critiques.



corrections de trajectoire



Photos NASA

quatre réservoirs d'hydrogène et d'oxygène qui alimentent les piles à combustible, lesquelles fournissent à leur tour l'eau et l'électricité nécessaire au vaisseau.

Les deux gaz sont stockés sous forme liquide à très basse température (dite cryogénique, de l'ordre de 30 K, donc autour de -243°C) et les quatre réservoirs sont munis de systèmes de contrôle et de régulation de la température et de la pression extrêmement complexes et délicats : si la température tombe trop bas la pression devient insuffisante pour alimenter les piles ; dans le cas contraire la pression monte trop haut et le réservoir risque de céder.

UNE INATTENTION CATASTROPHIQUE

Ce fatidique 13 avril 1970, le centre de contrôle de Houston envoie une dernière instruction à l'équipage d'*Apollo 13* : brassage des réservoirs

cryogéniques. Swigert actionne les 4 interrupteurs des mélangeurs chargés de brasser l'hydrogène et l'oxygène liquides pour que la température y reste homogène. Une forte détonation secoue alors le vaisseau qui se met à tanguer : la mission lunaire s'arrête là.

En fait, c'est du réservoir d'oxygène n° 2 que sont venus les ennuis : en plus du mélangeur, il était muni d'un élément de réchauffage interne pour éviter que la température ne descende trop bas dans le vide spatial. Le chauffage était assuré

Le corps du délit

Lors des préparatifs au sol, une fausse manœuvre porta à un température supérieure à 400°C des conducteurs dans le réservoir d'oxygène. Voici l'état de fils identiques au bout de 60 minutes à 400°C (en bas) et de 30 minutes à 460°C (en haut) : l'isolant en Téflon a pratiquement disparu. Le conducteur nu fit exploser le réservoir (à droite) et les astronautes durent faire un montage de fortune (à gauche) pour purifier l'air.



par des résistances électriques normalement alimentées en 28 V par le module de commande et montées en série avec des thermostats limitant la montée de température à 27 K. Mais au sol, lors des préparatifs du vol, le système avait été relié par inadvertance au réseau électrique de la tour de lancement qui fonctionnait en 65 V.

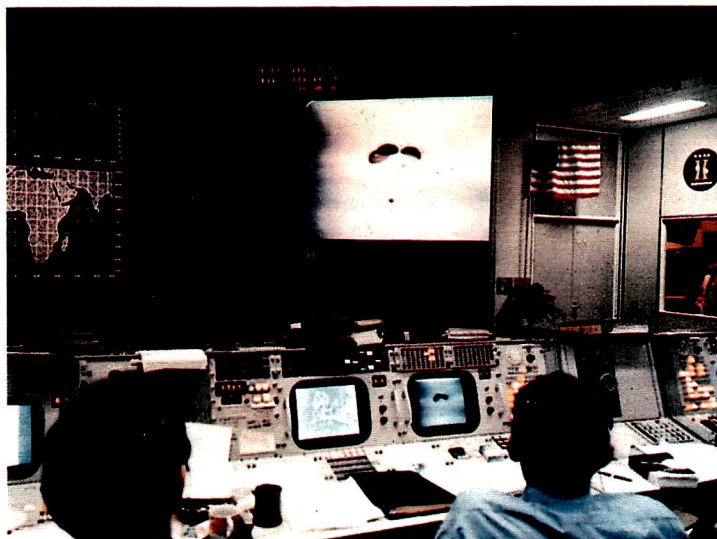
Le résultat avait été immédiat : sous cette tension double, les thermostats avaient lâché et les résistances étaient montées à plus de 400°C . Les isolants en plastique des

Sauvés par des batteries classiques

■■■ conducteurs avaient fondu, laissant les fils à nu à l'intérieur des réservoirs. Nul ne s'en était aperçu, et le réservoir fut ensuite rempli d'oxygène liquide comme si de rien n'était. Quand Swigert mit en route les mélangeurs, le déplacement du liquide créa localement une zone de moindre résistance au voisinage des fils nus et un arc électrique s'établit entre les deux conducteurs.

UNE RÉACTION EN CHAÎNE DÉVASTATRICE

A cet endroit, l'oxygène fut immédiatement volatilisé, ce qui engendra une onde de surpression qui fit céder le réservoir. Or, celui-ci était déjà à une pression supérieure à la pression atmosphérique normale sur Terre ; dans le vide, aucune autre force ne s'exerçait sur la paroi extérieure du réservoir qui partit comme un éclat d'obus en emportant tout un côté du module de service avec les fils, les entretoises, les supports et autres éléments de la charpente métallique. Ces fragments endommagèrent à leur



Photos NASA

tour le réservoir n°1 qui se mit à fuir.

L'équipage n'avait plus qu'à abandonner le module de commande privé d'électricité pour aller se réfugier dans le module lunaire qui possédait ses propres réserves d'eau et d'oxygène, et disposait en plus de six batteries classiques.

Mais, et le problème est toujours actuel, les batteries, aussi perfectionnées soient-elles, sont très lourdes par rapport à la quantité d'énergie qu'elles peuvent accumuler. C'est pourquoi le module principal était équipé de piles à combustible,

Le retour

Au centre de contrôle de Houston, les spécialistes suivent sur l'écran la descente du module de commande juste avant qu'il ne touche la surface de l'océan Pacifique. Malgré la gravité de l'incident, les astronautes ont réussi à revenir sur Terre – ou plutôt sur mer.

beaucoup plus délicates à mettre en œuvre, mais aussi bien plus légères par rapport à la puissance fournie.

Ces piles ont suscité un véritable engouement technologique et de nombreux laboratoires dans le monde ont cherché durant des années à simplifier leur processus pour pouvoir envisager une production de masse, laquelle permettrait enfin de fabriquer une voiture électrique ayant les performances et l'autonomie des modèles actuels. Jusqu'ici sans résultat. C'est pourquoi elles restent cantonnées au domaine spatial et équipent encore la navette américaine. Les astronautes américains ne sont pas superstitieux...

Tout est bien qui finit bien

Les trois astronautes Haise, Lovell et Swigert entourent le président Richard Nixon après avoir reçu la Presidential Medal of Freedom, en récompense de leur courage et de leur ténacité.



Complétez votre collection de SCIENCE & VIE HORS SÉRIE.



**SCIENCE
& VIE**
HORS SÉRIE

Tous les trois mois,
LES HORS SÉRIE de SCIENCE & VIE traitent de
façon exhaustive un grand sujet de notre temps.
Chaque HORS SÉRIE
fait le tour complet d'une question
d'actualité scientifique.

**CHOISISSEZ ET COMMANDEZ VOS
NUMÉROS EN FONCTION
DES THEMES SUIVANTS :**

- N° 171 - L'un et l'autre sexe
- N° 172 - La vie quotidienne en 2015
- N° 173 - L'évolution : la naissance des espèces
- N° 174 - Atmosphère, atmosphères
- N° 175 - Aviation 91
- N° 176 - La vie des océans
- N° 177 - Le cerveau et l'intelligence
- N° 178 - Néolithique
- N° 179 - Dossier SIDA
- N° 180 - Science à l'école
- N° 181 - L'explosion de la génétique humaine
- N° 182 - Les aliments et la santé
- N° 183 - Aviation 93
- N° 184 - Les secrets du vivant
- N° 185 - Le sommeil
- N° 186 - La lumière
- N° 187 - Le corps humain
- N° 188 - L'adolescence
- N° 189 - Le big bang
- N° 190 - Les 9 premiers mois de la vie
- N° 191 - Aviation 95
- N° 192 - Pierre-Gilles de Gennes
- N° 193 - Attention Virus



TOUS DROITS RESERVES

BON DE COMMANDE

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

☐ **OUI** je commande les numéros suivants de SCIENCE & VIE HORS SÉRIE*:

N° _____
soit numéros à 25 francs franco l'un (étranger : 33 francs)

☐ **OUI** je commande lots de 2 reliures* au prix de 95 francs franco le lot
(étranger : 115 francs)

Je joins mon règlement total de francs
à l'ordre de SCIENCE & VIE

Nom _____
Prénom _____
Adresse _____
Code postal _____
Ville _____

Etranger: mandat international ou chèque compensable à Paris

* Délai de livraison 4 à 6 semaines, et dans la limite des stocks disponibles.



Pour conserver, protéger et consulter facilement vos différents numéros,
rangez-les dans de superbes reliures. De couleur bordeaux, marquée
SCIENCE & VIE, chaque reliure est très élégante. Solide et pratique, elle
protègera parfaitement vos magazines.
(chaque reliure peut contenir 6 numéros)

Êtes-vous déjà abonné (e) à SCIENCE & VIE :

Oui ☐ Non ☐

Si oui, merci d'indiquer votre N° d'abonné _____

Conformément à la loi Informatique et Libertés du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant.
Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il
vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.

OFFRES VALABLES JUSQU'À FIN 1996 ET RÉSERVÉES À LA FRANCE METROPOLITAINE

La rumeur traîtresse

■ Plongeant par 500 ou 600 m de fond, les sous-marins nucléaires sont quasiment indétectables, donc invincibles. Il existe cependant un moyen de les repérer : la détection acoustique. Ce sont les bruits du submersible qui le trahissent...

PAR SERGE BROSELIN

E moi dans les milieux de la Défense, lorsque la presse a révélé, récemment, que notre Marine nationale s'était fait subtiliser, à Toulon (Var), au moins une partie de sa banque de données acoustiques de repérage des sous-marins. L'un des secrets les mieux gardés (en principe) du monde militaire ! C'est que de telles données consti-

tuent l'arme la plus efficace pour tenter de débusquer les submersibles qui se cachent dans les profondeurs océaniques. Notamment les submersibles stratégiques, qui portent dans leurs flancs des missiles chargés d'armes nucléaires.

A la différence des missiles terrestres, dont la position est connue, et des avions, affectés

■ ■ ■

des sous-marins

A photograph of a submarine's control room. Several operators are visible at their consoles, which are equipped with various electronic equipment, including keyboards and displays. The lighting is dim, with a warm, orange-brown glow from the equipment. The operators are wearing dark uniforms. The overall atmosphere is one of focused activity in a confined space.

Les oreilles d'or de la mer

Un entraînement très poussé permet aux spécialistes de l'écoute de reconnaître, parmi des dizaines de bruits parasites, la "signature" acoustique caractéristique de chaque sous-marin. D'où leur surnom d'"oreilles d'or"...

■ ■ ■ à des bases aériennes au sol et qui, même "furtifs", peuvent être repérés en vol, il est quasiment impossible de savoir où se trouvent les sous-marins une fois qu'ils ont gagné le grand large. Situation inconfortable pour les responsables civils et militaires.

Comment "percer" la surface de l'eau ?

Pourquoi la localisation de ces engins menaçants, qui bénéficient ainsi d'une sorte d'immunité, est-elle aussi aléatoire ? Tout simplement parce que l'eau est un milieu opaque pour la détection : la surface des océans est quasi hermétique à ce qui vient de l'atmosphère.

Cependant, les très grandes longueurs d'onde radio peuvent la traverser. C'est d'ailleurs par ce moyen que les autorités transmettent leurs messages aux sous-marins en plongée, grâce à des antennes remorquées qui flottent entre deux eaux.

Autre moyen de "percer" la surface de l'eau : certains types de lasers très spéciaux, qui profitent de la seule fenêtre de transmission existante, autour de 500 nanomètres de longueur d'onde (voir *Science & Vie* n° 901, p. 106). Des expérimentations, effectuées il y a trois ans par des spécialistes de la direction des recherches, études et techniques de la Délégation gé-

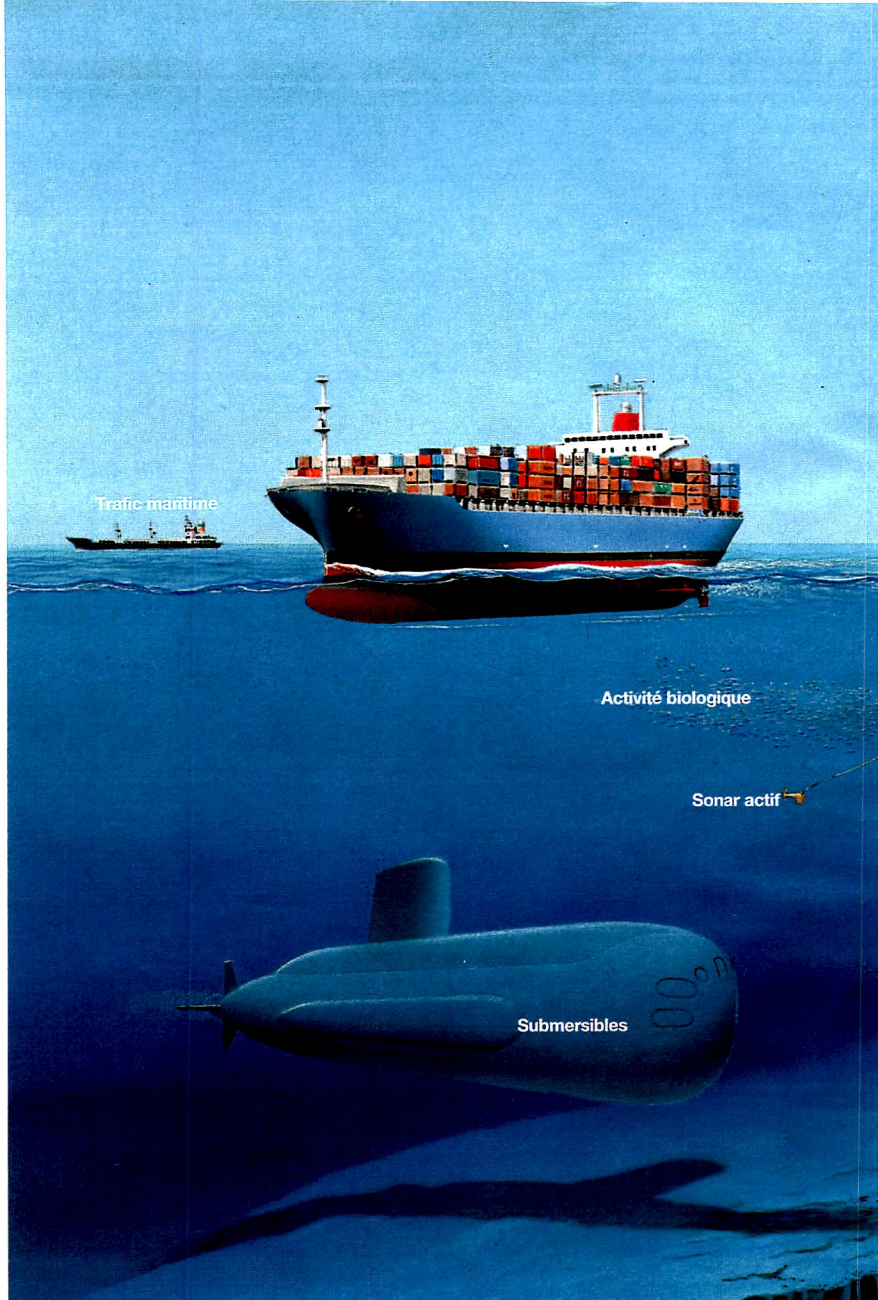
nérale pour l'armement (DRET), laissent penser que cette technique est utilisable. Un laser bleu-vert travaillant sur cette longueur d'onde pourrait détecter un sous-marin jusqu'à 100 m de profondeur. C'est peu, si l'on songe que les sous-marins modernes évoluent à des profondeurs cinq fois plus grandes.

Il existe également un procédé, le MAD (Magnetic Anomaly Detection), qui, comme son nom l'indique, détecte les variations du

champ magnétique terrestre que provoque, en un lieu donné, la masse métallique du sous-marin en plongée. Le MAD est installé à bord d'un avion de patrouille maritime qui survole la zone à surveiller.

NE PAS CONFONDRE AVEC UNE BALEINE !

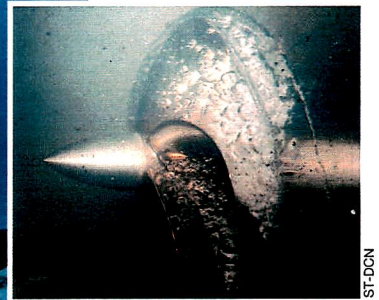
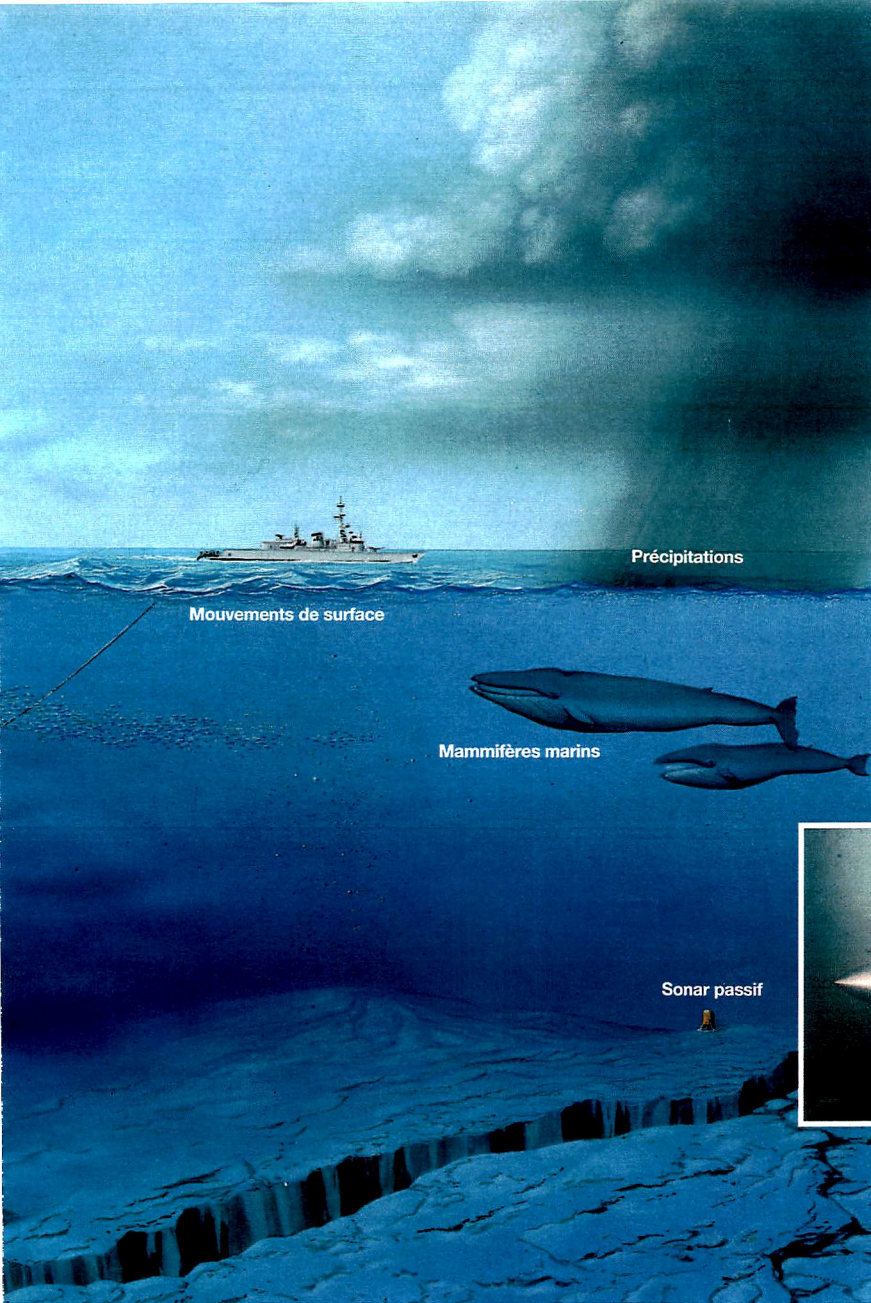
Mais, que ce soit le MAD, le laser ou les très grandes longueurs d'onde radio, la portée de tels moyens ne dépasse pas quelques



C. Lacroix

Cacophonie sous les mers

Les sous-marins se trahissent par les bruits qu'ils émettent. Encore faut-il distinguer ces derniers de la multitude de sons audibles dans le milieu marin, qu'ils soient naturels (mouvements de surface, activité sismique, etc.) ou non. La détection commence donc par un tri des sons perçus. Quant à l'identification, elle s'appuie sur les bruits caractéristiques de chaque sous-marin, tel que celui provoqué par la cavitation (formation de bulles autour de l'hélice – voir photo ci-dessous).



ST-DOX

réfléchi sur un obstacle – par exemple, un sous-marin. C'est d'ailleurs le principe du radar dans l'atmosphère, qui, lui, fait appel aux ondes électromagnétiques.

Voilà pour la théorie.

Dans la pratique, la portée d'un système de détection sous-marin varie avec la fréquence d'émission. Plus celle-ci est basse, plus la portée sera grande. En outre, le milieu marin n'étant pas homogène, le son ne se propage pas en ligne droite. La salinité de l'eau, les variations de température, la pression agissent sur sa propagation. Bref, il faut parfaitement connaître le milieu traversé pour obtenir un système fiable, apte à localiser et à identi-

dizaines de kilomètres, et leur pouvoir de pénétration, quelques dizaines de mètres. Des performances insuffisantes au regard des capacités d'immersion et d'évolution des sous-marins, dont le champ d'opération s'étend sur des centaines de kilomètres.

Reste la détection acoustique, sur laquelle repose aujourd'hui l'essentiel des systèmes de repérage sous-marin mis en œuvre par l'ensemble des marines du monde. En effet, le son se propage très bien

dans l'eau, même si sa vitesse varie en fonction des conditions locales (densité, salinité, température) et de la profondeur. Ce qui rend l'analyse et la prévision de la vitesse de propagation des signaux sonores extrêmement difficiles.

Dans l'air, à basse altitude, la vitesse du son est d'environ 340 m/s ; dans l'eau de mer, elle est de 1500 m/s. La portée d'un son peut être de 300 à 400 km. D'où l'utilisation du sonar, système qui émet un son puis le capte après qu'il s'est

LA RUMEUR TRAITRESSE DES SOUS-MARINS

■ ■ ■ fier un sous-marin... dans un milieu où les sons pullulent.

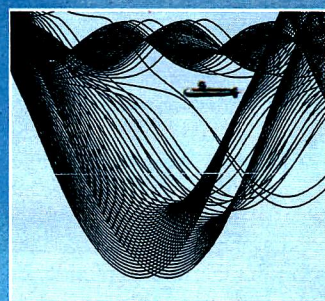
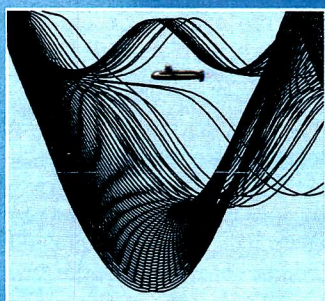
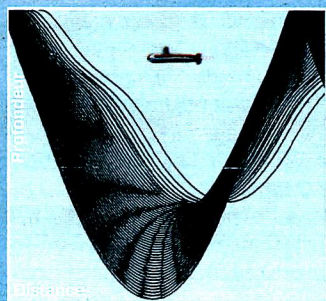
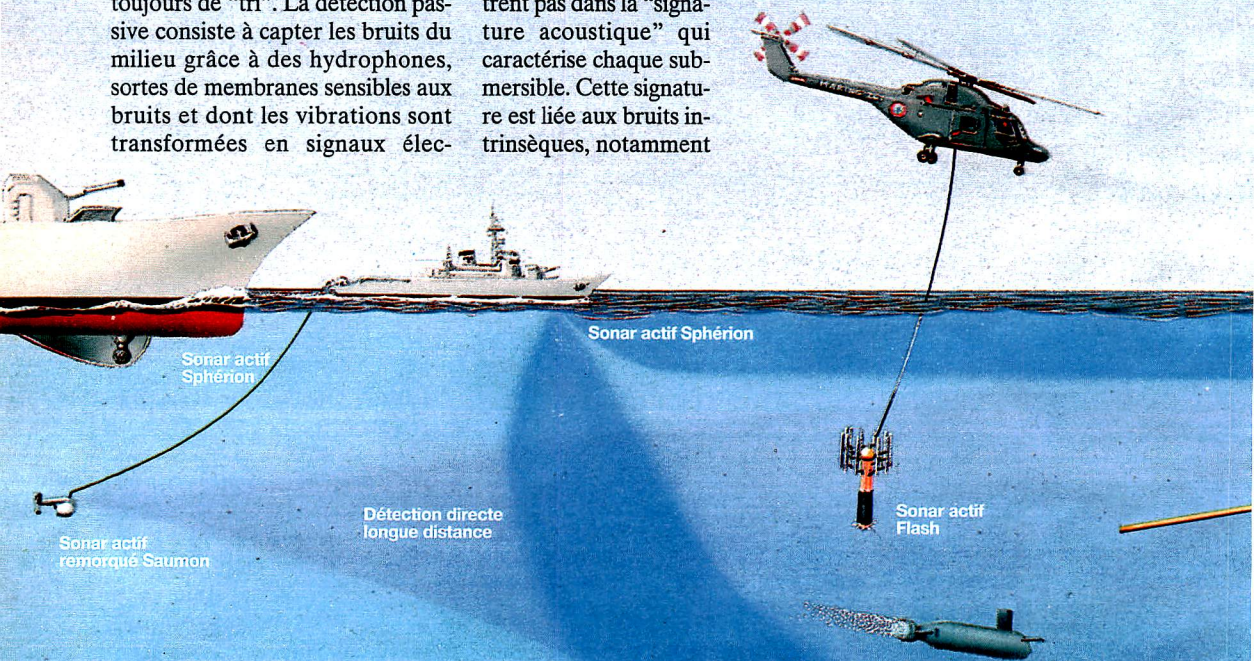
« Détecter, c'est d'abord trier une multitude d'informations, souligne l'un des responsables de la détection sous-marine de la Direction des constructions navales (DCN). Il y a peu de temps encore, avec un sonar actif, il était impossible de lever l'ambiguïté entre une baleine géante et un sous-marin très silencieux... »

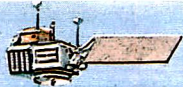
Ce qui est vrai pour la détection par sonar (ou détection "active", avec émission d'un son et réflexion par la cible) l'est également pour la détection "passive", où l'on se contente, si l'on peut dire, d'écouter les bruits sous-marins. Il s'agit toujours de "tri". La détection passive consiste à capter les bruits du milieu grâce à des hydrophones, sortes de membranes sensibles aux bruits et dont les vibrations sont transformées en signaux élec-

triques. Or, en immersion profonde, le sous-marin trahit sa présence par le bruit qu'il fait. Ou, plutôt, les bruits. Certains sont intrinsèques : le bruit de la propulsion, le bruit hydrodynamique (dû à l'écoulement de l'eau autour de la coque) et les bruits dits aériens, c'est-à-dire les sons émis par la salle des machines, les réfrigérateurs, les systèmes de traitement de l'air ou de dessalement de l'eau de mer. D'autres bruits, transitoires – claquement d'une porte, chute d'un outil, ou... ronflement d'un dormeur –, sont redoutables, car ils peuvent eux aussi trahir la présence du sous-marin, même immobile sur le fond. Mais ils n'entrent pas dans la "signature acoustique" qui caractérise chaque sous-marin. Cette signature est liée aux bruits intrinsèques, notamment

au bruit accompagnant la propulsion. C'est sur celui-ci que porte l'essentiel du travail d'identification. On peut en effet déterminer le régime de rotation de l'arbre de transmission et le nombre de pales de l'hélice (par les battements de fréquence). Que l'une des pales soit endommagée par une grosse rayure, par exemple, et le bruit sera différent. La cavitation (apparition de petites bulles à la périphérie de la pale) engendre elle aussi un bruit particulier.

Mais ces bruits sont évidemment mêlés. Certains se propagent dans des bandes de fréquences larges (sons graves), d'autres dans





Satellite Topex-Poseidon

Objectif détection

Du satellite aux sonars actifs, la panoplie des moyens de détection des sous-marins est très variée. Le sonar remorqué Saumon détecte un sous-marin sur une longue distance, en dehors des canaux sonores naturels. Flash repère les sous-marins rapides et silencieux dans les eaux profondes. ATAS est utilisé pour la détection en grande profondeur.

des bandes étroites (bruits "pointus"), dans un environnement extrêmement perturbé par le bruit des vagues et l'activité des animaux marins.

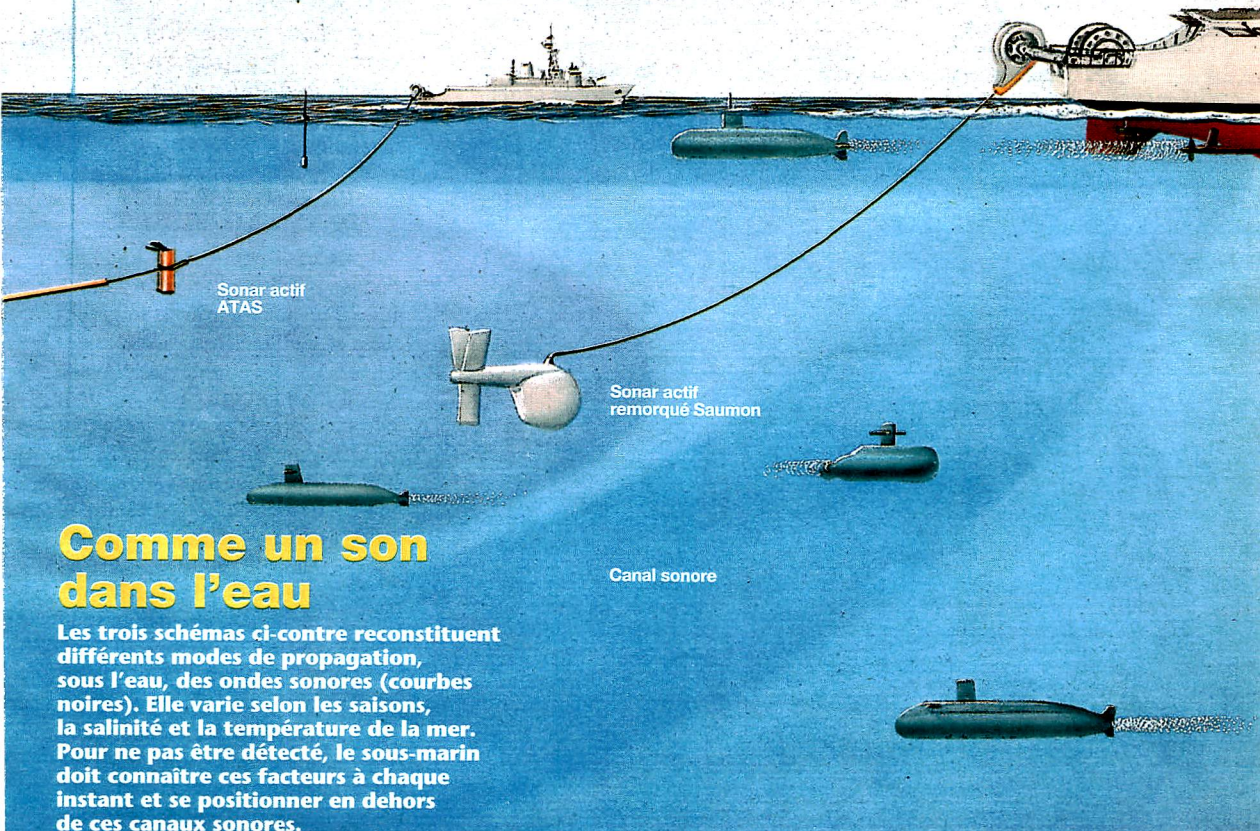
La première étape de l'analyse d'une "signature" consiste donc à séparer, au moyen de calculateurs-analyseurs très puissants, les bruits intrinsèques des bruits parasites. Les divers éléments recueillis sont classés et stockés dans des mémoires. Cette banque de données permettra aux spécialistes de l'écoute d'identifier à coup sûr le submersible en plongée. L'opérateur écoute le bruit brut et, grâce à un entraînement très poussé, re-

connaît à l'oreille les caractéristiques de la signature (d'où le nom d'"oreilles d'or" donné à ces experts). Mais il peut également comparer les données fournies par l'écoute, présentées sous forme de

Une rayure de l'hélice suffit à identifier un sous-marin

graphiques et de courbes, avec les informations stockées dans la banque de données.

Cependant, la possession des caractéristiques sonores des submersibles en service dans le monde n'implique pas qu'on soit capable de les détecter et de les identifier en toute circonstance. Tout dépend des performances des appa- ■ ■ ■



Comme un son dans l'eau

Les trois schémas ci-contre reconstituent différents modes de propagation, sous l'eau, des ondes sonores (courbes noires). Elle varie selon les saisons, la salinité et la température de la mer. Pour ne pas être détecté, le sous-marin doit connaître ces facteurs à chaque instant et se positionner en dehors de ces canaux sonores.

■■■ reils utilisés. La portée de détection des sonars modernes est fonction de l'environnement. Elle ne dépassera pas 2 km si la mer est hostile (tempête, forte houle, banc de poissons, présence d'un grand nombre de bateaux en surface). Mais elle atteindra de 60 à 70 km par mer calme. Et même davan-

tage, affirme-t-on chez Thomson Sintra Activités sous-marines, leader mondial de la détection sous l'eau.

La propagation des ondes sonores dans le milieu marin, qui est loin de posséder l'homogénéité du milieu atmosphérique, dépend beaucoup des caractéristiques de

celui-ci. Leur connaissance revêt donc une importance primordiale. D'où l'intérêt du programme franco-américain de satellite océanique *Topex-Poséidon*, placé en orbite en août 1992 (voir *Science & Vie* n° 900, p. 42). *Topex-Poséidon* est, à la base, un programme civil. Mais, dans la part française (900 millions de francs), 127 millions proviennent du ministère de la Défense. Ce n'est pas un hasard... (Voir encadré ci-contre.)

La détection acoustique des sous-marins suppose donc la possession de données extrêmement complexes. Encore peut-elle être déjouée par certaines "astuces" humaines. On cite souvent le cas des U-Boat de la Kriegsmarine, durant la Seconde Guerre mondiale : les Allemands se méfiaient des bâtiments britanniques qui patrouillaient dans le secteur du détroit de Gibraltar. Pour entrer en Méditerranée, ou pour en sortir, les U-Boat se laissaient porter par les courants, moteur arrêté. Une fois sortis du détroit, ils remettaient leurs machines en marche et échappaient aux patrouilleurs britanniques.

LES MISSIONS SECRÈTES DE TOPEX-POSÉIDON

Lancé le 10 août 1992, le satellite franco-américain *Topex-Poséidon* est "mixte", à la fois civil et militaire. Ses applications civiles font l'objet de nombreuses communications. On ne peut en dire autant de ses applications militaires.

On observe une semblable réticence pour certains satellites géodésiques destinés à mesurer les gradients de la gravité terrestre ou à détecter des anomalies de son champ. La pomme de Newton ne tombe jamais de la même façon, mais en fonction des particularités du champ de gravité de l'endroit de sa chute. Il en va de même des missiles stratégiques...

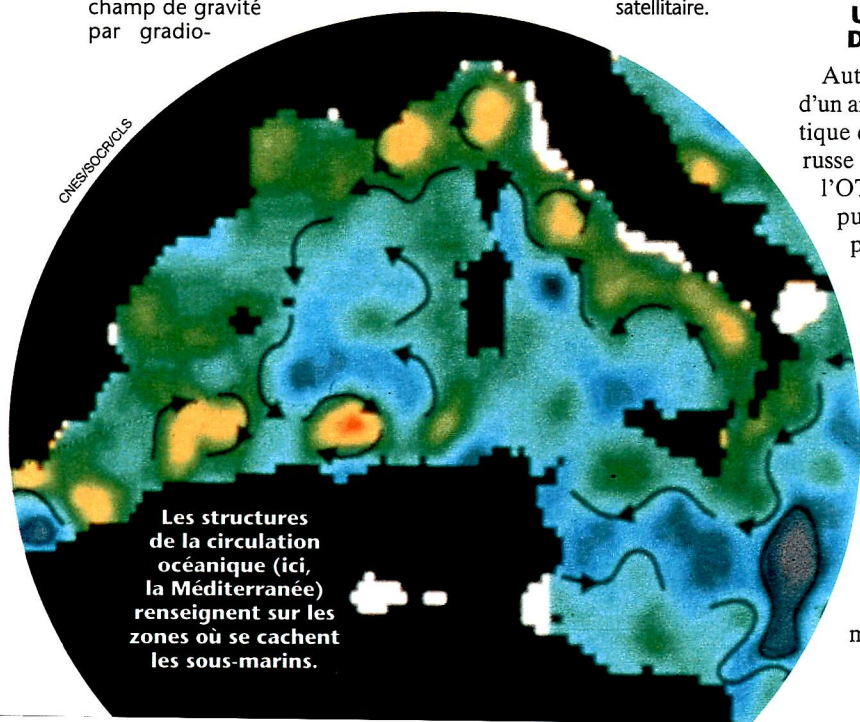
La mesure globale du champ de gravité par gradio-

métrie spatiale répond à une mission scientifique, mais elle donne également lieu à des applications militaires, comme l'amélioration de la précision du guidage des missiles en vol balistique.

Avec *Topex-Poséidon*, derrière l'étude des océans se profile un enjeu stratégique : la détection des sous-marins en immersion. Repérer la présence de fronts ou de tourbillons océaniques est pour cela un impératif. Malheureusement, cette structure est soumise à des variations extrêmement rapides (à l'échelle de la semaine ou du mois) : la connaître en permanence de façon tridimensionnelle à la résolution désirée n'est possible que par voie satellitaire.

UN FANTÔME RUSSE DANS L'ATLANTIQUE

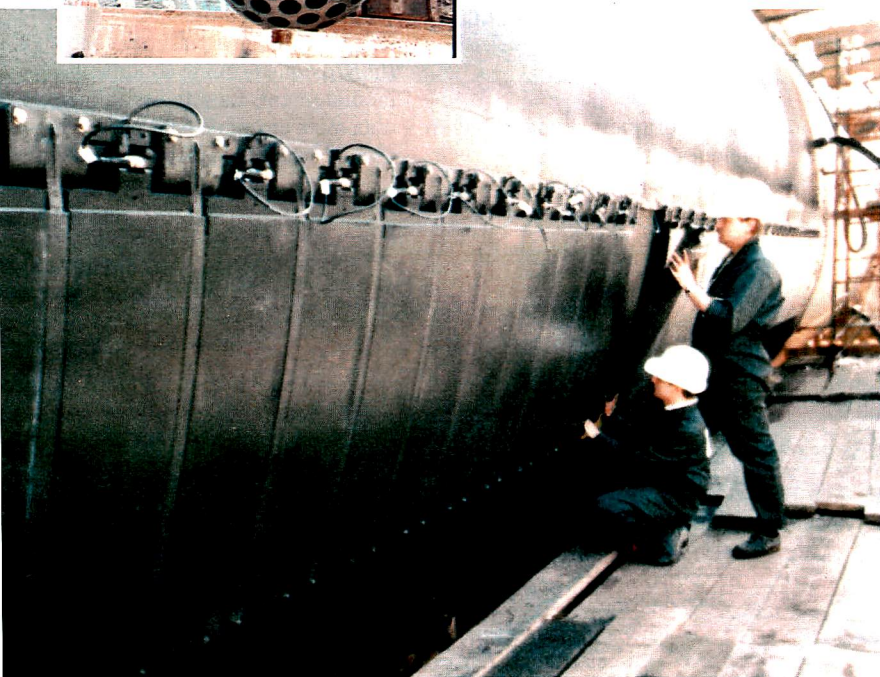
Autre cas singulier : il y a moins d'un an, la présence en plein Atlantique d'un sous-marin stratégique russe stupéfia les responsables de l'OTAN. Le sous-marin avait pu évoluer sans être signalé pendant deux mois, au beau milieu du plus formidable système de surveillance, de détection et d'identification jamais déployé dans le monde... « Cette intrusion demeure une énigme », affirme un spécialiste. Elle pourrait s'expliquer par le fait que ce sous-marin russe était doté d'un dispositif de propulsion additionnel MHD (magnéto-hydro-dynamique), particulièrement si-



Des sonars surdoués

Qu'ils soient sphériques, sous un navire (ci-contre, le Sphérion), ou plats, le long de la coque d'un sous-marin (ci-dessous, le système PFAS de Thomson), les sonars captent et identifient les bruits, distinguent les amis des ennemis, déterminent la position et la vitesse des objets en mouvement.

Thompson Sintra



Thompson Sintra

lencieux. Selon les services de renseignement occidentaux, les ex-Soviétiques auraient la maîtrise du MHD depuis une dizaine d'années (voir *Science & Vie* n° 883, p. 81).

LES ESPIONS DE L'ESPACE

On comprend, dès lors, l'intérêt que portent les militaires aux moyens de détection autres que sonores ; en particulier à la détection radar depuis l'espace. Un article paru en octobre 1988 dans le quotidien russe *Pravda* révélait que le satellite *Cosmos 1870*, lan-

cé le 27 juillet 1987, avait été utilisé pour repérer des sous-marins nucléaires américains. Sans toutefois préciser si ces derniers se trouvaient en plongée ou s'ils naviguaient en surface ; ce qui fait une grande différence, car les micro-ondes radar ne pénètrent pas directement sous l'eau. Cependant, lors d'un sommet Gorbatchev-Reagan, le numéro un soviétique aurait affirmé au président américain que son pays disposait d'un «moyen spatial de repérer les sous-marins en plongée profonde»...

sans en fournir la preuve. Les spécialistes américains n'avaient pas caché leur surprise lorsque leurs collègues soviétiques avaient révélé des images étonnantes de la topographie sous-marine du détroit de Puget Sound (côte américaine du Pacifique, Etat de Washington), profond d'environ 300 m.

Un début d'explication est fourni par Norbert Lannelongue, directeur "observation et science" à Alcatel Espace. «Le radar permet de cartographier les fonds marins par plusieurs dizaines de mètres de fond, ou des fleuves enfouis sous d'épaisses couches de sable. L'imagerie est due non pas à la pénétration des ondes hyperfréquences dans le milieu océanique mais à des manifestations en surface dont la cause se situe quelques dizaines de mètres plus bas.»

Si, dans un futur plus ou moins proche, on pouvait pénétrer assez loin dans les profondeurs océaniques au moyen des seuls capteurs spatiaux, on réaliserait une percée technologique de première importance. Les abysses ne seraient plus des "sanctuaires" pour les

sous-marins stratégiques. Ce qui remettrait en question l'un des concepts majeurs de la dissuasion nucléaire, en grande partie fondée sur l'invulnérabilité et l'indétectabilité des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins, capables de répondre à une éventuelle première attaque sur le territoire national.

Cela dit, il semble que personne ne soit en mesure de déceler depuis l'espace un sous-marin en immersion profonde (de 500 à 600 m), ni actuellement ni dans un avenir prévisible... ■

Une "imprimante" en 3D!

■ Quand on conçoit un objet sur ordinateur, on aimerait pouvoir l'"imprimer" comme s'il s'agissait d'un texte. Voici la première machine capable de fabriquer des maquettes en trois dimensions.

PAR HENRI-PIERRE PENEL

La conception assistée par ordinateur (CAO) et la puissance de plus en plus grande des ordinateurs permettent aujourd'hui de "modéliser" des pièces complexes et de les observer sur écran en trois dimensions.

Grâce aux tables traçantes, on pouvait restituer les cotes des objets sur un plan, en deux dimensions. Jusqu'à présent, la CAO ne disposait pas de système capable de donner rapidement naissance à la forme étudiée pour un faible coût. Cette lacune vient d'être comblée. Une grande première !

UNE MAQUETTE EN QUELQUES MINUTES

La firme 3D Systems vient de créer une "imprimante" tridimensionnelle qui, à partir des données

CAO, fabrique une maquette en quelques minutes et pour quelques centaines de francs. Elle utilise du plastique fondu à basse température. Certes, les caractéristiques mécaniques de l'élément ne sont pas conformes (s'il s'agit d'un engrenage, il ne sera évidemment pas en mesure de résister aux contraintes de fonction-

nement pour lesquelles il est conçu). En revanche, ses dimensions sont parfaitement respectées.

L'ensemble mécanique chargé de la réalisation de la pièce en trois dimensions doit travailler suivant trois axes,

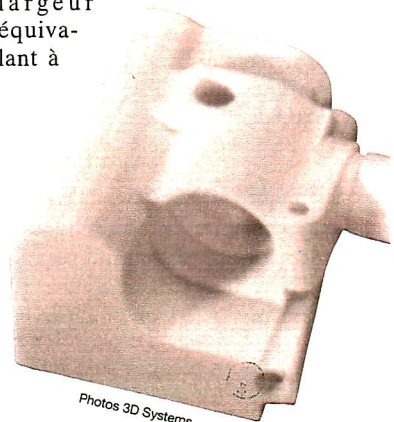
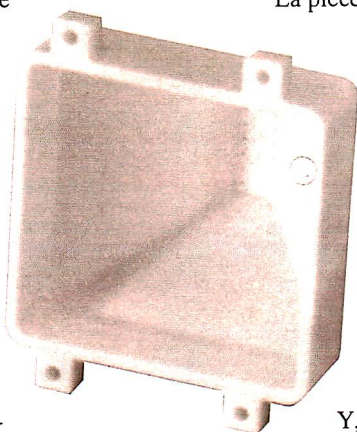
conventionnellement désignés par les lettres X, Y et Z (voir dessin ci-contre). La "tête d'impression" de la machine renferme des billes de plastique fondu au fur et à mesure des besoins. Issue de la technologie d'impression par jet d'encre, elle porte 96 microbuses pilotées indépendamment. Sur commande de l'ordinateur, chaque buse dépose une gouttelette de plastique fondu (non toxique !) qui se solidifie immédiatement. La tête est animée d'un mouvement de balayage horizontal (voir dessin) sur l'axe des X.

La pièce est fabriquée "couche

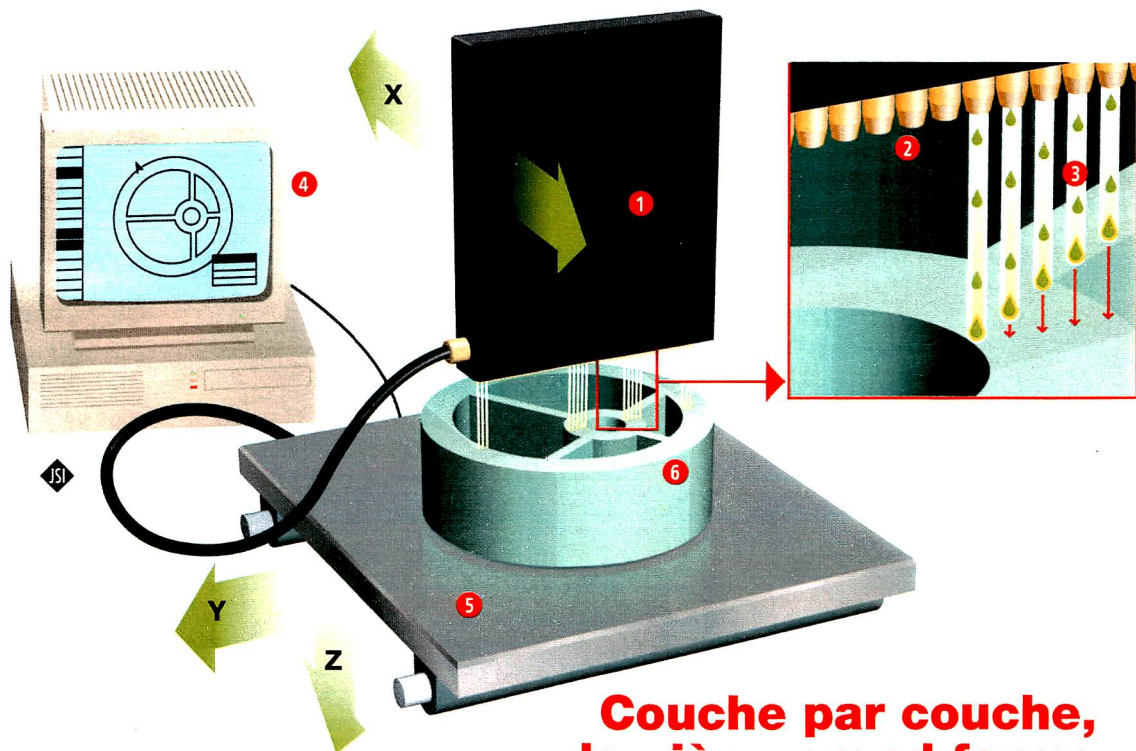
par couche". Elle se forme sur un plateau mobile qui, à son tour, se déplace dans deux directions, horizontale selon l'axe des

Y, verticale selon celui des Z. La tête,

tout au long de son parcours, dépose du plastique sur une largeur équivalant à

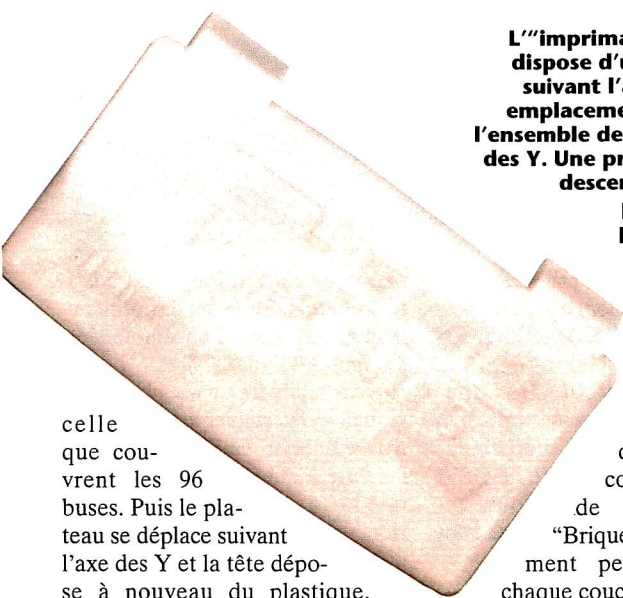


Photos 3D Systems



Couche par couche, la pièce prend forme

L'«imprimante» tridimensionnelle de la société 3D Systems dispose d'une tête **1** équipée de 96 buses **2**. Se déplaçant suivant l'axe des X, elle dépose du plastique fondu **3** aux emplacements que lui indique l'ordinateur **4**. Pour couvrir l'ensemble de la surface, le plateau **5** se déplace suivant l'axe des Y. Une première «couche» est ainsi constituée. Le plateau descend alors légèrement et le processus recommence pour déposer la couche suivante. Chaque couche possède une épaisseur de 50 micromètres, ce qui confère aux pièces réalisées une remarquable finesse. A l'heure actuelle, les pièces **6** ne peuvent pas dépasser 30 cm. Ci-contre, des maquettes faites avec cette machine.



celle que couvrent les 96 buses. Puis le plateau se déplace suivant l'axe des Y et la tête dépose à nouveau du plastique. L'opération se poursuit jusqu'à ce qu'une surface correspondant à la première couche soit entièrement balayée. Celle-ci terminée, le plateau descend d'un cran, suivant l'axe vertical des Z, et la seconde couche est déposée. La pièce est fa-

briquée, en quelque sorte, comme un mur de briques. «Briques» particulièrement petites, puisque chaque couche a une épaisseur de seulement 50 micromètres. D'où la remarquable finesse de la pièce obtenue.

Quant au temps de fabrication, il est évidemment fonction de la taille de la maquette. Il va de quelques minutes pour les pièces

les plus petites à près d'une heure pour les plus grosses. Ces dernières doivent être comprises dans un cube de 30 cm d'arête maximum. En procédant à des découpes, il est possible de réaliser des maquettes de dimensions supérieures à cette limite.

Selon sa taille et sa complexité, une maquette revient de 50 à 500 F. Quant à la machine, uniquement proposée pour l'instant aux bureaux d'études, elle coûte environ 400 000 F. ■

Peut-on espionner

■ **Conflit d'experts autour du téléphone portable. Pour les uns, son codage numérique garantit l'absolue confidentialité des communications. Pour les autres, c'est une "passoire", tout autant que le téléphone conventionnel. Faut-il se méfier de son GSM ?**

Photos E. Malmarche

Même les "grands de ce monde" ne sont pas à l'abri des écoutes téléphoniques. Tombées dans des oreilles indiscretes, les conversations intimes du prince Charles avec sa maîtresse Camilla Parker-Bowles ont fait les choux gras de la presse. Shocking ! Or l'héritier de la couronne britannique utilise un téléphone portable. Ces appareils seraient-ils aisément "écoutables" ?

Au Bourget, au récent salon Milipol, consacré à la sécurité civile, Matra Communication présentait son futur Matracom 9600, réseau cellulaire numérique sécurisé à l'intention des forces de l'ordre. En clair, un réseau GSM où les com-

munications sont cryptées afin d'empêcher l'espionnage intempestif. Bizarre ! Le GSM n'est-il pas si confidentiel qu'on le croit ?

La société Nortel-Matra Cellular, division de l'empire Matra, est l'un des plus grands équipementiers français en matière de GSM grand public. Elle a toujours annoncé que ce type de réseau était quasiment inviolable.

A CHAQUE INSTANT, LES ABONNÉS SONT LOCALISÉS

Il combine trois technologies. Des émetteurs assurent la liaison radio. Chacun d'entre eux couvre une zone bien définie que l'on appelle cellule. Ensuite, le réseau télé-

phonique conventionnel est mis à contribution. Enfin, un dispositif informatique gère l'ensemble des communications. Dès qu'on cherche à joindre un abonné, le réseau doit déterminer le lieu où il se trouve pour acheminer l'appel vers l'émetteur qui en assure la couverture radio. Pour remplir cette mission, une base de données, c'est-à-dire un puissant ordinateur équipé d'une grosse mémoire, stocke en permanence la position de tous les abonnés. Les communications issues de chaque cellule empruntent le réseau téléphonique conventionnel pour parvenir à l'interlocuteur, qu'il utilise un téléphone classique ou un autre GSM.

les GSM ?

PAR HENRI-PIERRE PENEL



Vous n'êtes peut-être pas seuls sur la ligne

Si la liaison radio du réseau GSM est probablement le maillon le plus sûr de la communication, il n'en est pas forcément de même pour les autres éléments du système.

On pense souvent que les liaisons radio, faciles à capter, sont incertaines. C'était vrai pour les réseaux cellulaires à transmission analogique, tels que le Radiocom 2000 (téléphone de voiture désormais périmé), où la conversation transitait en clair, comme sur un talkie-walkie ; ça ne l'est plus dans le cas du GSM. La liaison radio y est même la phase la plus sûre de l'acheminement de la communication.

Cette sécurité est double. En GSM, la liaison radio est numérique : la voix est codée sous forme de données, tout comme le son d'un disque compact. De plus, pour des raisons techniques, ces données sont encadrées d'une série d'autres données, que nous appellerons données de service. Ces dernières sont elles-mêmes subdivisées en plusieurs catégories. Par exemple, certaines d'entre elles permettent la

correction des erreurs de transmission. En effet, en GSM, comme sur tout dispositif numérique, il se peut qu'une ou plusieurs données se perdent entre le combiné et l'émetteur. Les données de correction entrent alors en jeu pour retrouver les informations manquantes. De plus, un émetteur utilise plusieurs fréquences. Il s'agit d'un groupe, dans la même "boîte", d'au moins trois émetteurs. En effet, la plage de fréquence utilisée par le GSM (900 MHz) est sujette à de nombreux brouillages. Pour y remédier, durant la communication, émetteur et combiné changent en permanence de fréquence plusieurs dizaines de fois par seconde. D'autres données de service ont pour fonction d'indiquer au combiné la fréquence à utiliser et l'instant auquel il doit "basculer" pour passer sur une autre. D'autres encore ajustent en permanence la puissance d'émission afin d'assurer la bonne qualité de la liaison en fonction de la distance qui sépare l'utilisateur de l'émetteur.

UNE MINE D'OR POUR LE MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR

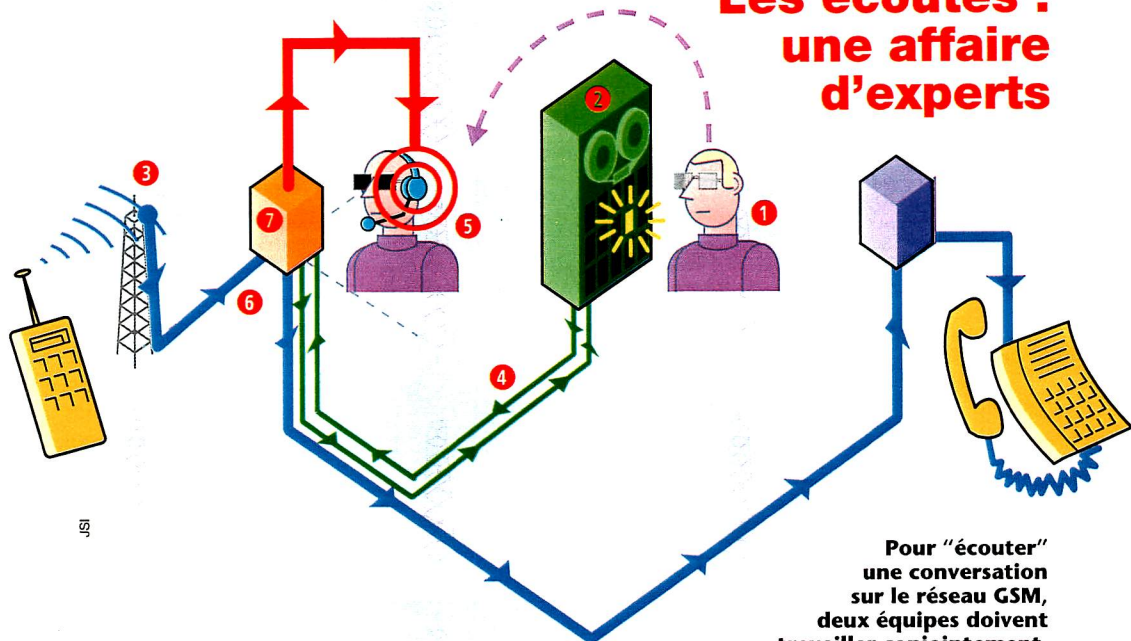
Rien à voir donc avec la simplicité d'une transmission analogique. Du coup, il n'est pas aisé de retrouver, au milieu des données de service, les données qui correspondent effectivement au message parlé.

En outre, celui-ci peut être crypté. Les données de la parole sont alors mélangées selon des règles déterminées par une clef contenue par la carte à puce logée dans le combiné.

Ecouter la transmission radio n'a donc rien de simple. Sans compter qu'il faut se placer à faible distance de l'utilisateur (quelques centaines de mètres), puisque la portée des combinés est limitée. Sur ce point, les avis de Matra Communication et de Nortel-Matra Cellular diffèrent quelque peu. Pour la première, le décryptage est possible mais avec



Les écoutes : une affaire d'experts



Pour "écouter" une conversation sur le réseau GSM, deux équipes doivent travailler conjointement.

La première **1**, dans la base de données **2** de gestion du système, a pour mission de détecter depuis quel émetteur **3**, appelé station de base, a lieu l'appel – un réseau informatique **4** permet à l'ordinateur de localiser chaque abonné. Cette première équipe indique l'émetteur détecté à une "équipe terrain" **5** chargée de réaliser l'écoute sur la ligne téléphonique **6** reliant le contrôleur de stations de base **7** au reste du réseau.

■ ■ ■ un dispositif lourd, notamment informatique, afin de débrouiller le fatras de toutes les données. Pour la seconde, l'écoute est quasiment impossible, surtout si le message est crypté. Opération d'autant plus improbable que d'autres points du réseau offrent un accès beaucoup plus simple.

Le site privilégié d'une éventuelle écoute est le réseau téléphonique filaire chargé d'acheminer la communication de la cellule de l'abonné vers le reste du réseau. A ce stade, elle est, comme toute autre conversation téléphonique, transmise en clair, c'est-à-dire en analogique et sans cryptage. On se trouve donc dans un cas de figure classique, où le matériel d'écoute ne manque pas. Il existe cependant une différence avec une écoute conventionnelle : il faut savoir où intercepter la communication ou encore connaître l'émetteur qui assure sa transmission. En "langage GSM", savoir dans quelle cellule se trouve l'utilisateur.

Or ce renseignement est immédiatement disponible au sein de la base de données chargée de gérer

le suivi des abonnés. Certes, il ne s'agit pas d'un point accessible au premier venu, mais, en cas d'actes terroristes ou de grand banditisme, cette base de données est une mine d'or pour les services du ministère de l'Intérieur.

PLUSIEURS ÉQUIPES SERAIENT NÉCESSAIRES

On peut donc imaginer le scénario d'une mise sur écoute d'un abonné GSM. Le plus probable est que deux équipes travailleraient conjointement. La première, installée au niveau de la base de données de gestion du réseau, indiquerait à une "équipe de terrain" la cellule dont dépend l'utilisateur.

L'équipe de terrain, pour sa part, aurait pour mission d'explorer les

contrôleurs des stations de base, dispositifs regroupant les lignes téléphoniques issues de plusieurs émetteurs, donc de plusieurs cellules. Les communications transmises à un contrôleur proviennent donc d'une zone géographique beaucoup plus vaste qu'une simple cellule, et elles y sont présentes en clair. Dès que l'utilisateur est localisé, il suffit d'écouter le contrôleur auquel est raccordée la cellule utilisée par l'abonné.

Il est même probable que plusieurs équipes de terrain seraient nécessaires. Le GSM étant par essence un dispositif de téléphonie mobile, il n'est pas exclu qu'il faille régulièrement changer de contrôleur pour réaliser un suivi d'écoute efficace. ■



**LE MARDI 2 AVRIL 1996,
PARTICIPEZ AU PREMIER GRAND CONCOURS DE GÉOGRAPHIE :
LES GÉOPHILES DE SCIENCE & VIE JUNIOR**

QUI ? Tous les collégiens de France métropolitaine
QUOI ? Un jeu-concours sous forme de QCM
COMMENT ? Les professeurs de géographie inscrivent leurs classes

Plus de 10 000 cadeaux : des voyages en Grèce,
des croisières fluviales, des appareils photo, des Maglite, des cartes IGN,
des planisphères géants... et des abonnements à SCIENCE & VIE JUNIOR.

Clôture des inscriptions le 15 février 1996

 **HACHETTE**
Education



FESTIVAL INTERNATIONAL
DE GÉOGRAPHIE
SAINT-DIÈZ-LES-VOISSES



Représentation en
France de la
COMMISSION
EUROPÉENNE

avec le soutien de
l'Inspection Générale
du Ministère
de l'Éducation Nationale

Pour tout renseignement sur les inscriptions :
«Les GÉOPHILES de SCIENCE & VIE JUNIOR»,
5, rue Jean Grandel
95100 ARGENTEUIL
tél. (1) 39 98 06 33 fax- (1) 39 98 83 52

Pour tout autre renseignement : Zoé LEROY
«Les GÉOPHILES de SCIENCE & VIE JUNIOR»,
1, rue du Colonel Pierre Avia
75503 PARIS cedex 15
tél. (1) 46 48 48 30 fax- (1) 46 48 49 39

et bien sûr,
le 3615 GEOPHILES
(2,23 F/mn) **Pour se renseigner,
jouer et gagner des abonnements
à SCIENCE & VIE JUNIOR.**

La macrophoto

Le Polaroid Macro 5 SLR est destiné à ceux qui pratiquent régulièrement la macrophotographie dans leur activité professionnelle : ophtalmologues, dermatologues, chirurgiens, dentistes, etc. De nombreuses applications dans les domaines de l'industrie et de la recherche sont éga-

lement possibles. Très facile à utiliser, cet appareil réalise des photos instantanées en couleurs à cinq rapports de ré-

duction ou de grossissement : 0,2x (20 %), 0,4x (40 %), 1x (100 %), 2x (200 %)

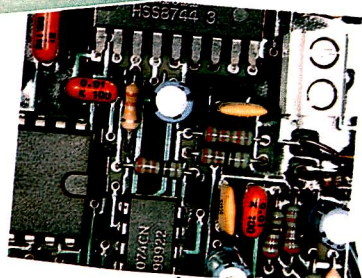


Le Macro 5 SLR recèle sous son étrange allure un vrai talent pour la macrophoto. Il dispose de cinq objectifs intégrés et d'une mise au point originale.

instantanée

et 3x (300 %). L'exposition est effectuée par un microprocesseur qui sélectionne le diaphragme et la vitesse d'obturation à chaque grossissement. Les deux flashes, situés à droite et à gauche de l'objectif, peuvent être utilisés séparément, ou déconnectés, et une troisième source lumineuse peut être ajoutée. Cinq objectifs longue focale, pré-régulés pour les différents rapports de prises de vue, sont intégrés dans l'appareil sur une tourelle. A chaque rapport de grossissement correspond un objectif et un système de mise au point à télé-mètre par faisceaux lumineux très original : deux spots lumineux sont projetés sur l'objet, et il faut les superposer en avançant ou en reculant l'appareil. Lorsqu'on sélectionne sur le dessus du boîtier l'un des rapports de grossissement, la rotation de la tourelle met en place l'objectif et le

télé-mètre à faisceaux lumineux correspondants. Le viseur collimaté et la visée reflex permettent un cadrage précis. Un dos dateur peut imprimer la date et l'heure de la prise de vue. Un panneau de commande à touches étanches regroupe les différentes fonctions. Le Macro 5 SLR utilise un nouveau film, le Polaroid type 990, équilibré pour la lumière du jour et le flash électronique, et présenté en pack de 10 vues. Il donne un excellent rendu des couleurs, en particulier pour les tons chair. Le film Grid possède une grille pré-imprimée de 192 carrés, adaptée à la surveillance de phénomènes évolutifs. Des filtres polarisants, réduisant les réflexions de lumière, et des filtres pour la fluorescence destinés aux examens externes en ophtalmologie sont prévus. L'alimentation est fournie par les batteries du pack-film et par quatre piles standard ou rechargeable de type AA logées dans la poignée gauche. La prise en main très aisée fait oublier le poids (2 kg) et l'aspect de cet appareil étonnant. Prix : **5 970 F.** J.-L. G.



Le nouveau film Polaroid type 990 (640 ISO) produit des images au format utile 7,36 x 9,14 mm. Le piqué et le rendu des couleurs sont excellents.

AUDIOVISUEL

Le tirage couleurs, c'est facile

La simplicité d'utilisation de l'analyseur couleurs Durst Labometer devrait convenir aux nombreux amateurs découragés par la complexité du tirage couleurs. Contrôlé par microprocesseur, il mesure la couleur et la densité, et fait office de compte-pose. Son système de corrections découle des tireuses professionnelles. Cette

technologie permet de corriger les couleurs complémentaires (jaune, magenta, cyan), mais aussi, directement, les primaires (rouge, vert, bleu). Pour enlever du jaune, il suffit d'afficher "retirer du jaune". De même pour la densité. Les corrections s'affichent sur un écran à cristaux liquides. En cas de changement de lampe, une fonction conserve les réglages. Prix : 5 500 F.



Karaoké sans disque ni cassette



Le Famisong est un karaoké coréen qui n'utilise ni disque compact ni cassette vidéo. Le cœur du Famisong est un synthétiseur numérique (de fabrication française) qui peut restituer le son d'un orchestre. Les mélodies sont mémorisées dans une cartouche mémoire stockant plus de 500 titres de variétés françaises, des chansons traditionnelles aux succès des années 80. Pour assurer la fonction karaoké, un générateur de caractères est inclus dans l'appareil. Il affiche les paroles sur un fond de couleur modifiable. Afin de guider l'"interprète",

le texte change de couleur au rythme de la mélodie. Le Famisong peut être raccordé à un amplificateur et à des enceintes hi-fi. Une unité de réverbération numérique améliore le timbre de voix du chanteur amateur. La tonalité est modifiable, jusqu'à cinq demi-tons au-dessus et au-dessous de la tonalité d'origine. Elle peut être adaptée à une voix masculine ou féminine, la variation étant alors d'une quinte au-dessus ou au-dessous. Le tempo est, lui aussi, variable, et la mélodie qui accompagne chaque chanson peut être arrêtée pour personnaliser l'interprétation. Enfin, pour réaliser des concours de chant, le Famisong est équipé d'un détecteur de synchronisme. Il est livré avec un micro en métal massif et une télécommande. Prix : 10 000 F. K. L.

Le son cinéma dans un casque

AKG propose le premier casque qui permet de restituer à domicile le son d'une salle de cinéma. Chaque oreillette du K 290 S est équipée de quatre diffuseurs (haut-parleurs de très petite taille). Ainsi canaux droit et gauche, mais aussi sons arrière et canal central, se trouvent parfaitement restitués. La sensation d'écoute est comparable à celle qu'on obtient à l'aide d'enceintes correctement disposées. Le boîtier d'adaptation, Switch Box, permet

de raccorder plusieurs casques sur un même amplificateur Surround.

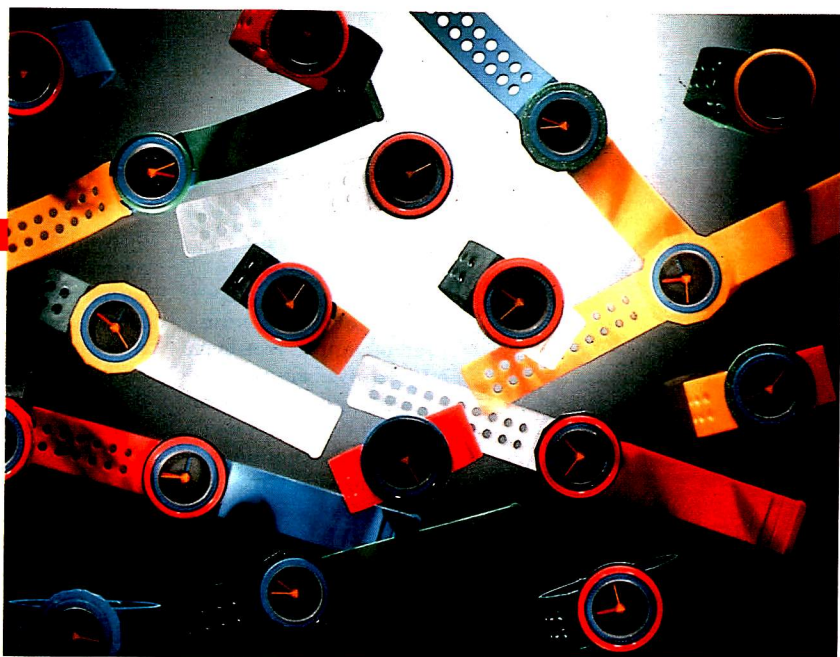
Prix : 1 490 F.
Switch Box : 790 F.



SPORTS ET LOISIRS

30 000 montres en une

La Click Clock est une montre composable fabriquée par la société suisse Crival. On peut l'assembler au gré de son humeur : près de 30 000 versions hautes en couleur sont réalisables avec un set de 40 pièces. Plus de 20 disques de formes et de couleurs différentes permettent de lui attribuer diverses fonctions, telles que tachymètre, lunette d'orientation, heures des grandes capitales. Elle devient montre de table lorsqu'on l'accroche à sa boîte de rangement. Pourvue d'un mouvement à quartz, elle est protégée par un verre minéral épais qui la rend étanche à 30 m. Prix : **550 F** le grand set, **260 F** le petit.



Le Kilimandjaro à pied

De plus en plus intégrés à l'équipement des salles de sport pour leurs qualités d'entraînement cardiovasculaire, les "steppers" (monte-escalier) sont généralement des appareils encombrants et inesthétiques. La société française Care lance le premier "stepper" pliant, le Kilimandjaro. Tout en rondeurs, monté sur de gros tubes, il est muni d'un "guidon" d'appui en forme de cornes de taureau, qui permet de varier les positions. Muni

de roulettes, il se replie en un instant. Deux pistons hydrauliques réglables permettent une "marche" sans à-coup. Un calculateur électronique donne la fréquence cardiaque, le temps de travail, le total des marches montées, la distance et la dépense calorifique. Poids : 23 kg. Prix : **1 694 F**.



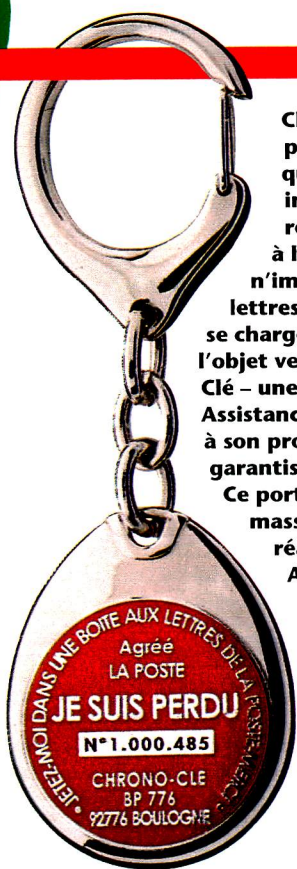
Hockey sur bitume

Le "street hockey" est en pleine expansion, et le matériel se perfectionne. Ainsi, les patins Enforcer de Rollerblade ont été conçus avec l'aide de professionnels de la glace. La coque en cuir cousu renforcée de Nylon balistique transmet l'énergie tout en enveloppant parfaitement le pied et la cheville. Le système d'aération du patin a été très étudié : la pointe est ajourée et le chausson est doublé d'un cuir traité contre l'humidité. La platine rigide, composée d'une seule pièce en Nylon renforcé de fibres de verre, et les renforts antirayures en métal placés sur les côtés et sur les talons procurent au patin une grande résistance aux chocs et à l'usure. Frein à système progressif. Pointures : du 38,5 au 47. Prix : environ **2 000 F**.



VIE PRATIQUE

J'ai encore perdu mes clés !



Chrono-Clé est un porte-clés numéroté qui, en cas de perte, invite toute personne retrouvant le trousseau à le déposer dans n'importe quelle boîte aux lettres de la Poste. Celle-ci se charge alors d'acheminer l'objet vers le service Chrono-Clé – une initiative d'Europ Assistance –, qui le restitue à son propriétaire en lui garantissant l'anonymat. Ce porte-clés en métal massif, nickelé et émaillé, réalisé par le bijoutier Arthus-Bertrand, est

disponible en plusieurs coloris, avec deux systèmes de fermeture (mousqueton et anneau brisé). Le numéro d'identification, gravé en creux au laser, est ineffaçable. D'autre part, le service garantit une assistance serrurerie vingt-quatre heures sur vingt-quatre et sept jours sur sept. Une carte, délivrée à chaque adhérent, porte le numéro d'identification du porte-clés et le numéro vert à contacter. Prix : **149 F**, comprenant deux années de service. Au bout de deux ans, l'abonnement annuel revient à **36 F**.

Chasse au gaspi

Le réservoir de chasse d'eau à double touche de Geberit prévient le gaspillage : la petite chasse utilise 3 ou 4,5 litres d'eau, la grande, 6 ou 9 litres. Deux touches de commande sont intégrées au couvercle.

Le réservoir peut être installé sur la quasi-totalité des cuvettes de W.-C. Il existe en une dizaine de coloris. Prix : environ **800 F**. K. L.

Les bouchons sautent

Metro Traffic Control est une société spécialisée dans les informations routières. Elle fournit des flashes à sept radios FM et propose un nouveau service aux possesseurs d'un radiotéléphone GSM abonnés au réseau SFR. Grâce à sa flottille de motos, qui sillonne en permanence Paris intra-muros et les grands axes de la région Ile-de-France, MTC diffuse des "points circulation" actualisés toutes les quinze minutes. Pour accéder à ce service, on compose le 555 sur son téléphone mobile. On peut interroger, à l'aide du clavier, une zone précise de la région Ile-de-France.



L. Lucastie

Ces informations devraient être prochainement répercutées sur le réseau Tam Tam. MTC envisage d'étendre ses services à d'autres zones géographiques. Dès cet hiver, les stations de ski les plus fréquentées en bénéficient. Et, dans le courant de l'année, de grandes villes de province, Lyon et Marseille entre autres, en seront équipées.



Le répondeur qui sait dire l'heure

L'Odea 35 est un répondeur numérique déjà remarqué pour sa forme et sa grande simplicité. Sur la dernière version, l'afficheur central a été doté d'un éclairage. Une voix synthétisée annonce le jour et l'heure de chaque message. L'horodatage est également affiché sur l'écran.

Lors de l'interrogation à distance, si aucun message n'a été enregistré depuis la dernière consultation, la communication n'est pas comptabilisée. L'Odea 35 dispose d'un code personnel à quatre chiffres. La mise en route et le changement des annonces peuvent se faire à distance. Prix : 790 F. K. L.

La pub télé en veilleuse

Le Modulason, proposé par Afitec, est un petit boîtier qui se connecte sur la fiche péritel du téléviseur. Equipé d'un compresseur de dynamique (la dynamique est le rapport du son le plus fort au son le plus faible), il régule automatiquement le niveau sonore. Le son des publicités est ramené au niveau de celui des émissions. En revanche, il est déconseillé pour écouter de la musique en raison de l'absence de dynamique qu'il provoque.

Prix : 390 F, dans les magasins spécialisés en hi-fi vidéo et dans certaines grandes surfaces.



Tatoo au poignet

The Beep est la première montre équipée d'une radiomessagerie. Elle utilise la norme Tatoo de France Telecom. Un bip discret avertit l'utilisateur qu'on cherche à le joindre, et l'écran affiche le numéro à rappeler. La Swatch The Beep dispose d'une mémoire de 12 messages de 16 signes chacun. Les numéros importants peuvent être protégés grâce à la fonction Protect, qui les mémorise sans possibilité d'effacement. La montre est accompagnée d'un porte-

clés qui contient une pile de recharge d'une durée de vie de 650 heures. Prix : 1 000 F.



● A collaboré à cette rubrique : Kooka Latombe.

Lumière et conduction

Lorsque la lumière éclaire un corps (notamment un semi-conducteur), l'énergie apportée libère des électrons sur la couche périphérique de ses atomes, facilitant ainsi le passage du courant à travers de ce corps. Un semi-conducteur, qu'on pourrait aussi bien appeler un semi-isolant, n'est, en fait, qu'un mauvais conducteur de l'électricité. En effet, le nombre d'électrons naturellement libres qu'il renferme est relativement limité, et l'électricité a donc du mal à le traverser. Pour résumer, on peut considérer le semi-conducteur comme une résistance de valeur élevée. Soumise à la lumière, cette résistance diminue. On obtient ainsi une résistance dont la valeur est liée à son éclaircissement : plus la lumière est vive, plus la résistance est faible.

UN PHÉNOMÈNE DÉCOUVERT PAR HASARD

Ce phénomène fut observé par hasard quand la connaissance de l'électricité en était à ses balbutiements. On avait remarqué que la valeur indiquée par certains voltmètres variait lorsque l'expérimentateur s'approchait de ces derniers pour les lire. D'autre part, la variation observée était d'autant plus importante que la lumière était vive et que, lors de la lecture, l'ombre de la personne était projetée sur le cadre mobile de l'appareil. De même, il fut rapidement établi que les voltmètres qui présentaient ce phénomène étaient les voltmètres équipés de contacts en sélénium. Or le sélénium est un semi-conducteur : on était en présence d'un effet photoélectrique.

Rapidement, ce phénomène fut expliqué, puis mis à profit pour la fabrication de cellules photosensibles. L'une des applications les plus connues de ce phénomène de la photoélectricité est le posemètre d'appareil photo. Une cellule commande le courant appliqué à un galvanomètre et la position de l'aiguille indique si le

temps de pose est correct.

Depuis la découverte de cet effet, les composants électroniques ont beaucoup évolué. Il est maintenant possible de se procurer une cellule photosensible pour quelques francs. Le modèle le plus courant est le LDR (*Light Depending Resistor*). Le principe de fonctionnement d'une cellule LDR est directement issu de la théo-

rie énoncée plus haut. Une rondelle de semi-conducteur est parcourue, sur sa surface, par deux électrodes parallèles formant des zigzags. Le contact électrique n'est établi entre ces deux électrodes que par l'intermédiaire du semi-conducteur. Dans l'obscurité totale, une forte résistance existe donc entre elles. En revanche, dès que la lumière augmen-

Une base de temps + une

Le matériel nécessaire

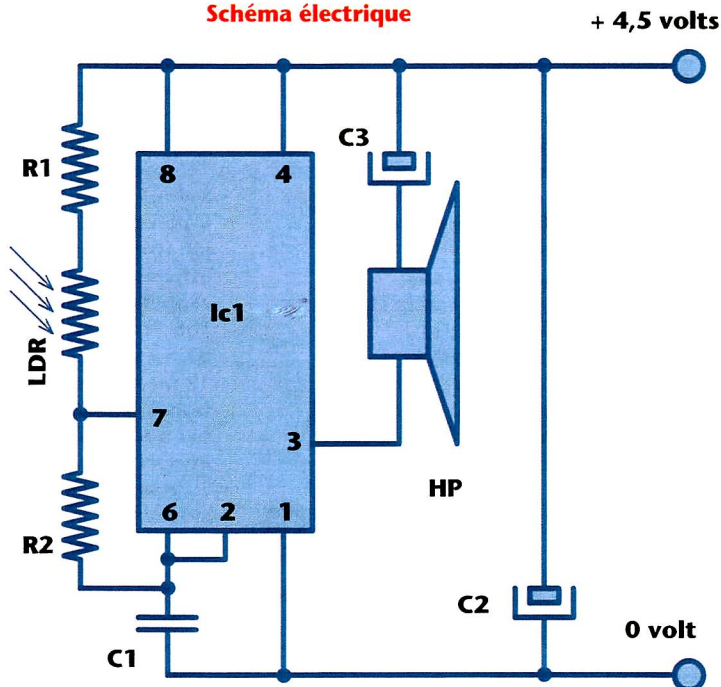
Ce petit montage est directement dérivé de la base de temps que nous avions proposée il y a deux mois. Cette fois-ci, seul le haut-parleur est conservé. Son cœur est, de nouveau, un circuit intégré du type NE 555. Un condensateur et une LDR constituent

les deux éléments de la base de temps. En raison du nombre extrêmement réduit des composants, ce montage convient parfaitement pour une initiation.

Respectez bien les polarités

Il faut cependant veiller à respecter le brochage

Schéma électrique



électrique

te, cette résistance diminue. Globalement, la variation de résistance d'un tel composant est directement proportionnelle à son éclaircissement.

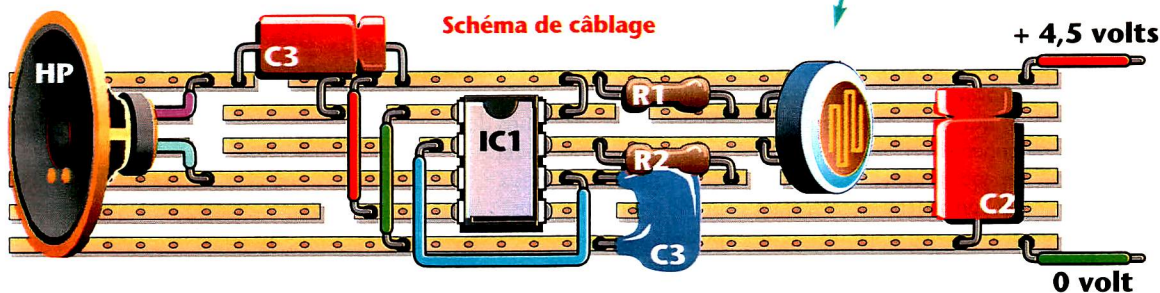
LA LUMIERE FUT, ET LA MUSIQUE AVEC !

Le montage que nous vous proposons ce mois-ci illustre ce phénomène : insérons une LDR dans la base de

temps que nous avons réalisée il y a deux mois (*Science & Vie* n° 939, p. 136). Nous avons vu que la fréquence qu'elle délivrait était fonction de la valeur des résistances utilisées pour son câblage. En remplaçant l'une de celles-ci par une LDR, nous obtiendrons un montage qui émet un son de plus en plus aigu au fur et à mesure que la lumière croît. Cela

permet bien de mettre en évidence la relation qui existe entre la lumière reçue par la cellule et sa variation de résistance. On pourra même trouver à ce montage une utilisation ludique en essayant, par exemple, de jouer *Au clair de la Lune* en occultant plus ou moins la LDR avec la main. ■

LDR = "un orgue à lumière"



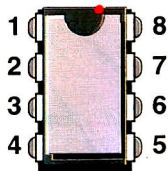
du NE 555 (une encoche dans son boîtier sert de repère) ainsi que la polarité des condensateurs chimiques. Sur ces derniers, un étranglement indique le pôle positif. La LDR, en revanche, comme toute résistance, ne possède pas de polarité particulière. De même, lors de la mise sous tension de cette réalisation, la polarité de la pile doit être scrupuleusement respectée. Toute inversion provoquerait la destruction immédiate, bien qu'invisible, du NE 555.

N'oubliez pas les coupures

Enfin, il faut prendre soin de bien couper l'ensemble des bandes conductrices de la plaquette de montage sous le circuit intégré,

ainsi qu'aux emplacements mentionnés sur le schéma. Cette opération peut être réalisée très simplement à l'aide d'un foret à métaux d'un diamètre de 5 mm, qu'il suffit de tourner, à la main et sans trop appuyer, sur le trou où doit se pratiquer la coupure de bande. Penser à éliminer tout copeau métallique.

Repère



Brochage du NE 555

NOMENCLATURE

R1 = 470 ohms (jaune, violet, brun, or)
R2 = 47 kilohms (jaune, violet, orange, or)
LDR = cellule photorésistive
C1 = 10 nanofarads
C2 = 100 microfarads 12 volts
C3 = 100 microfarads 12 volts
IC1 = NE 555
Haut-parleur diamètre 50 mm 50 ohms

OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

■ MAGNÉTIQUE FRANCE, 11 place de la Nation, 75011 Paris. Tél. : 43 79 39 88.
■ PENTASONIC, 10 boulevard Arago, 75013 Paris. Tél. : 43 36 26 05.
■ TSM, 15 rue des Onze-Arpen, 95130 Franconville. Tél. : 34 13 37 52.
■ URS MEYER ELECTRONIC, 2052, Fontainemelon, Suisse.
■ CONRAD ELECTRONIC, BP 78, 59003 Lille Cédex. Tél. : 20 12 88 88. Minitel : 3615 Conrad.

DISPONIBLES CHEZ LA PLUPART DES REVENDEURS RÉGIONAUX.

Ces mythes

Au V^e siècle av. J.-C., l'école philosophique et mathématique grecque est à son apogée : Platon, Thalès, Aristote, Epiménide, Pythagore, Zénon, Démocrite et bien d'autres sont à l'origine de tout ce qu'on appelle la pensée occidentale, devenue civilisation gréco-romaine. Une œuvre aussi puissante et aussi diverse comportait fatalement quelques branches plus discutables, dont les plus connues sont les sophismes et les syllogismes.

Ces paradoxes de la logique n'ont d'ailleurs pas fini d'être discutés, comme nous allons le voir plus loin. Rappelons simplement un syllogisme très classique, qui est le modèle même d'un raisonnement apparemment juste mais cependant parfaitement faux : «Un cheval bon marché est rare, or un cheval rare est cher, donc un cheval bon marché est cher.»

UN CHEVAL BORGNE EST RARE...

Nombre de pseudo-logiciens ont ergoté à perte de temps sur ces trois propositions, alors qu'un esprit sensé notera que l'adjectif rare est employé ici pour qualifier deux domaines différents et ne peut donc relier les prémisses à la conclusion : dans la première, rare concerne le prix ; dans la seconde, rare concerne l'animal. D'ailleurs, un cheval rare n'est pas forcément cher : un cheval borgne est rare, et il ne vaut pas un rond.

Mais, dans ce domaine des sophismes, syllogismes et autres paradoxes, on peut trouver plus difficile à résoudre, comme le montre l'exemple suivant, inspiré de Lennart Ekbom et survenu récemment dans un lycée de la banlieue du Havre. La scène se passe un vendredi en classe de seconde. Le professeur de mathématiques s'adresse à ses élèves :

«Votre attention au cours me semble un peu faible. Je ferai donc une interrogation écrite surprise un jour quelconque de la semaine prochaine. Veuillez à réviser soigneusement vos leçons durant le week-end, et retenez bien ces deux propositions que vous pouvez tenir pour absolument vraies :

1. Il y aura une interrogation écrite la semaine prochaine ; 2. Vous ne pouvez pas prévoir quel jour elle aura lieu.»

Les élèves, qui acceptent bien de réviser en vitesse la veille d'une composition, mais n'ont aucune envie de travailler le samedi et le dimanche, se regardent fort ennuyés et s'efforcent de deviner quel jour aura lieu cette fameuse colle. C'est alors que Julien, le plus intelligent des garçons de la classe, fait soudain remarquer : «Cela ne peut pas être vendredi prochain, car, en ce cas, jeudi soir on n'aurait toujours rien eu et on saurait donc que c'est pour le lendemain. Or le

prof a dit qu'on ne pouvait pas prévoir quel jour ce serait.»

Lucile, la plus intelligente des filles, enchaîne : «Et cela ne peut pas être jeudi non plus ! Réfléchissez : comme cela ne peut pas être vendredi, si mercredi soir on n'a pas encore subi l'examen, c'est qu'il est pour le lendemain. A ce moment, on saurait



qui nous abusent



pouvait en aucun cas prévoir le jour : mercredi est donc exclu. Même chose pour le mardi.»

«Autrement dit, conclut Julien, logiquement il ne reste que lundi.» «Juste, réplique Lucile, mais cela revient à dire qu'on connaît le jour, donc lundi est exclu aussi. En fin de compte, il ne peut la faire aucun jour de la semaine prochaine et il n'y aura pas du tout d'interrogation : on peut s'écarter tout le week-end.»

«Le hic, dit Stéphane, c'est que, là encore, le prof se retrouverait en contradiction, puisqu'il a bien précisé que l'épreuve aurait lieu, et justement la semaine prochaine.» Julien

et ses camarades allèrent trouver le professeur, à qui ils expliquèrent le fruit de leurs cogitations. Celui-ci les considéra tous avec une grande bienveillance : «Je suis content d'avoir attiré votre attention sur les problèmes de logique. Vous réfléchissez, c'est bien.» Et il s'éloigna.

L'ÉPREUVE N'AURA PAS LIEU

C'est alors que Loïc releva un autre aspect du dilemme : «S'il s'était contenté de dire qu'il y aurait une interrogation la semaine prochaine, il n'y aurait pas eu de problème. C'est en ajoutant qu'on ne pouvait en connaître le jour qu'il nous a embrouillés. Et puis, faites attention à une chose : il a dit que l'épreuve était imprévisible pour nous, alors qu'elle est parfaitement prévisible pour lui. De plus il a dit : "la semaine prochaine", mais il aurait aussi bien pu dire : "le mois prochain" ou "l'année prochaine", cela n'aurait rien changé à notre raisonnement. Dès l'instant qu'il a affirmé "jour imprévisible", pour

nous l'épreuve ne peut pas avoir lieu.»

Le week-end passé, ils se retrouvent tous au lycée, un peu inquiets quand même. Cependant, le lundi se termine sans qu'il y ait eu le moindre examen : soulagement. Le mardi aussi, les cours se déroulent normalement. Et, le mercredi, d'un air enjoué, le professeur leur dit de ranger les livres et de prendre une feuille de papier pour l'interrogation surprise annoncée le vendredi précédent.

Il avait donc dit vrai : l'épreuve a eu lieu, et personne n'en avait prévu le jour. Pourtant, le raisonnement des élèves semblait juste. Alors ? ■

Solution du n° 940

À notre grand regret, nous ne pouvons que confirmer ce que nous avons écrit à propos de la conjecture de Kollek : nul ne sait encore si elle vraie pour tous les entiers ou pour certains d'entre eux seulement. En revanche, le décompte des chiffres d'un entier quelconque finira toujours par aboutir à quelques nombres immuables : ces nombres ont au plus 20 chiffres si l'on tient compte des zéros, et ils forment donc un ensemble fini, alors que l'ensemble des entiers est infini. D'autre part, leurs chiffres de rang pair sont invariablement 0, 1, 2, ..., 9, ce qui introduit une restriction supplémentaire : il ne reste plus que dix chiffres variables, mais on peut prouver que ceux-ci restent contenus dans certains intervalles. En fin de compte, ces nombres, ayant au plus 20 chiffres, ne forment qu'un très petit ensemble. Il est donc fatal qu'on retombe infailliblement sur l'un d'eux.

quel jour il va avoir lieu, ce qui est encore contraire à la deuxième proposition. D'ailleurs, l'interrogation ne peut pas non plus se passer le mercredi, pour les mêmes raisons : comme on a déjà prouvé que ce ne pouvait être ni jeudi ni vendredi, si mardi soir on n'a rien eu, c'est donc que c'est pour le lendemain. Or il a bien spécifié qu'on ne

Quel jour sommes-nous ?

Déterminer l'heure et la date exactes est une des toutes premières tâches des astronomes. S'il est facile de compter les jours qui passent, en revanche, définir avec précision la longueur d'une année par le retour d'une saison est beaucoup plus délicat.

Nos lointains ancêtres se sont tournés vers les phases de la Lune. Il est facile de constater que, d'une phase de la Lune à la suivante, il y a environ 7 jours. Ce serait là l'origine de notre semaine.

Une lunaison (c'est-à-dire l'intervalle de temps compris entre deux nouvelles Lunes consécutives) dure 29 jours et demi. Beaucoup de civilisations ont donc établi un calendrier de 12 mois alternant 29 et 30 jours. Hélas, 12 lunaisons complètes ne font que 354 jours. La Terre met en réalité 365 jours un quart pour faire le tour du Soleil. Il

se produit donc un décalage régulier et important (11 jours) entre une année lunaire et une année solaire. Si bien que, au bout d'un certain temps, les saisons sont décalées par rapport aux mois.

Les Romains, s'étant aperçus de cela, intercalèrent des mois supplémentaires de temps à autre. Malgré tout, un écart important subsistait. Jules César fit une réforme pour caler le calendrier sur les saisons, et non sur la Lune, et instaura les années bissextiles. Mais la longueur de l'année retenue fut de 365,25 jours, ce qui n'était pas encore assez précis. Aussi, au bout de plusieurs siècles, un décalage de 10 jours s'était produit. Le pape Grégoire XIII,

en 1582, modifia le calendrier julien en décidant que les années centennaires ne seraient pas bissextiles (par exemple 1900), sauf celles qui sont divisibles par 400 (comme 1600,

2000...). Ainsi, naquit le calendrier grégorien, en vigueur de nos jours. Il comporte cependant encore une légère erreur et, en 4582, il faudra supprimer un jour !

ASTROPRACTIQUE

La Barlow

Les instruments astronomiques pour amateurs débutants sont, pour la plupart, livrés avec un accessoire appelé lentille de Barlow, du nom du physicien anglais qui l'inventa au début du XIX^e siècle. Cet accessoire se présente sous la forme d'un tube d'une dizaine de centimètres de long muni à une extrémité d'une optique divergente. La Barlow se place dans le porte-oculaire de l'instrument et reçoit, à l'autre extrémité, l'oculaire souhaité pour l'observation.

Le rôle de la lentille de Barlow est de doubler le grossissement de n'importe quel oculaire.

En réalité, l'optique divergente double la focale primaire de l'appareil. Comme le grossissement se calcule en divisant la focale de l'instrument par celle de l'oculaire, le résultat obtenu est bien celui précédemment énoncé. L'utilisation de cet accessoire semble séduisante, puisqu'elle

permet de disposer de deux fois plus de grossissements que d'oculaires, d'où une économie appréciable. Toutefois, il faut pondérer cela. En effet, pour que le résultat soit valable, il faut une Barlow de grande qualité.

Or, la plupart des Barlow de diamètre 24,5 mm destinées aux instruments d'initiation sont réalisées avec une simple

La lentille de Barlow double le grossissement de n'importe quel oculaire.

lentille, ce qui introduit des aberrations chromatiques et dégrade fortement l'image. Il est possible d'y remédier en faisant l'acquisition d'une Barlow achromatique, mais la qualité de l'image obtenue reste inférieure à celle donnée directement par un oculaire. En fait, c'est dans le diamètre standard de 31,75 mm que se trouvent des Barlow de qualité, équipées d'un triplet achromatique traité multicouche. L'investissement est certes plus conséquent mais le résultat obtenu est satisfaisant.



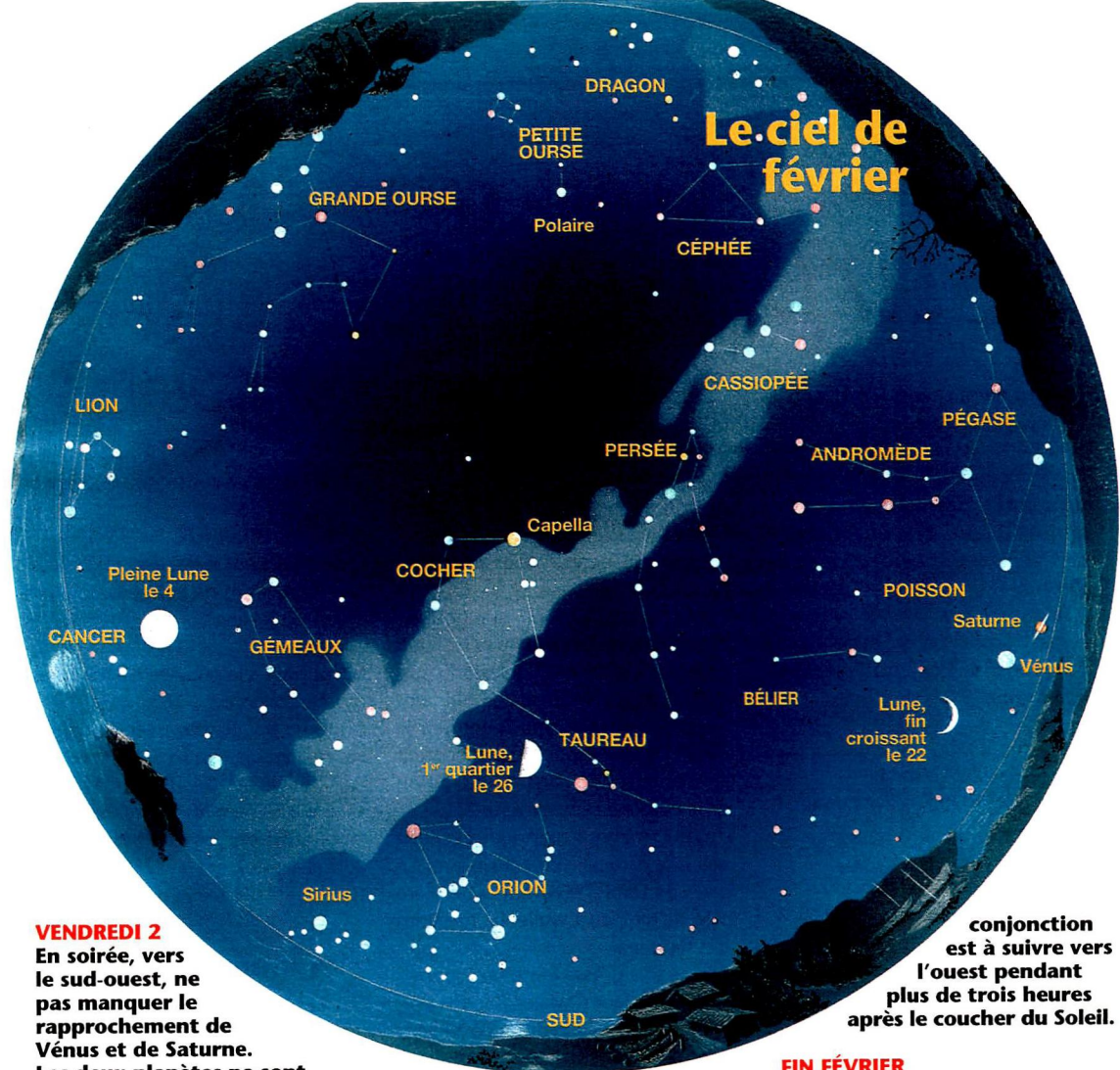


Illustration : M. Roux-Saget

VENDREDI 2

En soirée, vers le sud-ouest, ne pas manquer le rapprochement de Vénus et de Saturne. Les deux planètes ne sont séparées que par un degré et demi.

MERCREDI 7

Maximum de l'essaim des Alpha Taurides. Cet essaim est actif du 1^{er} au 21.

LUNDI 12

La Terre passe pour la troisième fois dans le plan des anneaux de Saturne. Désormais, les anneaux vont progressivement se "rouvrir".

MARDI 13

Maximum de l'essaim des Chi Capricornides. Cet essaim est actif de fin janvier à fin février. Les Chi Capricornides seraient apparentées à l'astéroïde Adonis.

VENDREDI 16

Conjonction serrée entre Mercure et Uranus,

avec un écart de $0,24^\circ$. A suivre le matin avant le lever du Soleil au sud-est.

SAMEDI 17

Conjonction du fin croissant de Lune (à un jour de la nouvelle Lune) avec Mercure.

LUNDI 19

La jeune Lune a rendez-vous avec Mars. A observer immédiatement après le coucher du Soleil sur l'horizon ouest.

JEUDI 22

Belle conjonction de la Lune avec Vénus. L'écart entre les deux astres est d'un quart de degré seulement. La

conjonction est à suivre vers l'ouest pendant plus de trois heures après le coucher du Soleil.

FIN FÉVRIER

C'est la bonne période pour observer la lumière zodiacale de une à deux heures après le coucher du soleil.

A ne pas manquer

DIMANCHE 11

Spectaculaire conjonction de Mercure et de Neptune. Les deux planètes, qui marquent pratiquement le début et la fin du système solaire, ne seront séparées que par 4,5 minutes d'arc ! Il s'agit de la conjonction la plus serrée de l'année. A observer tout juste avant le lever du Soleil sur l'horizon sud-est.

Mauvaises surprises



« J'attaque sa Dame. Il doit donc la bouger. Et alors... »

Halte ! Vous êtes engagé sur une voie bien dangereuse. Votre adversaire ne dispose-t-il pas lui-même d'une contre-attaque qui rendrait votre plan inopérant ? Combien de parties n'ont-elles pas été perdues par le joueur qui n'avait prévu qu'une réponse "forcée" ou qui avait négligé d'envisager un coup qu'il préjugait "impossible" ?

Sadler - Van Mil
Ile de Man 1995

- | | |
|---------------|-----------|
| 1. ♖f3 | g6 |
| 2. e4 | ♙g7 |
| 3. d4 | c6 (a) |
| 4. c4 | d5 |
| 5. e5 | ♙g4 |
| 6. ♖bd2 | e6 |
| 7. h3 | ♙xf3 |
| 8. ♖xf3 | ♖bd7 |
| 9. ♙d3 | ♖e7 |
| 10. 0-0 | 0-0 |
| 11. ♙g5 | h6 |
| 12. ♙e3 | dx c4 |
| 13. ♙xc4 | ♖b6 |
| 14. ♙d3 | ♖f5 |
| 15. ♙c1 | ♖d5(b) |
| 16. ♙d2 | ♖h7 |
| 17. a3 | ♙c8 |
| 18. ♙c2 (c) | ♙c7 |
| 19. b4 | ♙e7 (d) |
| 20. ♖h2 | ♖fxe3?(e) |
| 21. fxe3 | h5 |
| 22. e4 | ♙h6 (f) |
| 23. exd5!!(g) | ♙xd2 |
| 24. d6 (h) | ♙f4+ |
| 25. g3 | ♙d7 |
| 26. gxf4!!(i) | ♙c8 |
| 27. ♖g5+ | ♖h6 |
| 28. ♙g1 | f5 |
| 29. ♙c4 (j) | ♙ce8 |
| 30. ♙gc1!!(k) | a6 (l) |
| 31. a4 | h4 |
| 32. b5 | cx b5 |
| 33. ♙a2 | |

Les Noirs abandonnent (m)

La partie suivante offre un magnifique exemple d'un tel aveuglement.

a) Une défense résolument hypermoderne. Les Noirs laissent les Blancs s'installer au centre avant de contre-attaquer.

b) Les Noirs ont adopté une position défensive très resserrée, mais il est difficile d'y repérer des faiblesses.

c) Le Cavalier noir en d5, indélogeable, contrôlant parfaitement le centre, le seul espoir de percée pour les Blancs réside dans l'exploitation de la colonne semi-ouverte "c".

d) Le camp qui manque d'espace doit être particulièrement vigilant. Ce coup de Dame, enlevant la dernière case de repli du Cavalier f5, n'est pas très heureux.

e) Une très grosse faute positionnelle. Jugeant leur Cavalier "f" sans avenir, les Noirs décident de l'échanger contre le Fou blanc tout en mettant en place une petite combinaison. Mais, ce faisant, ils ouvrent la colonne "f" pour les Blancs et, surtout, ils donnent la possibilité de chasser par e3-e4 le Cavalier d5, clef de voûte de la position noire.

f) Voici donc l'idée du malheureux 20^e coup noir. Si, à présent, la Dame blanche fuit l'attaque du Fou h6, les Noirs vont pouvoir jouer 22. ... ♖e3, gagnant une qualité (une Tour contre un Cavalier). Mais...

g) La surprise que les Blancs avait préparée : ils vont donner leur Dame pour seulement deux pièces mineures (un Cavalier et un Fou), alors qu'elle en vaut théoriquement trois. Mais cette manœuvre va leur permettre une attaque irrésistible.

h) Cette "fourchette" du pion permettrait de regagner une Tour...

i) ... mais c'est le Fou que les Blancs préfèrent prendre, en ouvrant la co-

lonne "g" et en conservant le terrible pion passé d6.

j) Menace 30. ♙xe6.

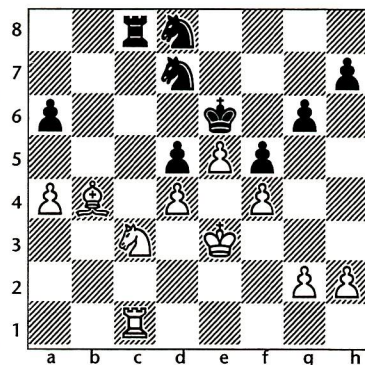
k) Les Noirs ont réussi à colmater leur aile-roi. Mais ils ne vont pas pouvoir s'opposer à l'invasion des Tours sur la colonne "c".

l) S'oppose à la poussée b4-b5... très momentanément.

m) Ils ne peuvent trouver de défense raisonnable contre la menace 33. ♙c7 suivi de 34. ♙h7 mat. Par exemple 33. ... ♙d8 34. ♙c7 ♙d8 35. ♖f7+ suivi de 36. ♖xd8 ou 33. ... ♖g7 34. ♙c7 et la Dame noire, clouée, est perdue.

A vous de jouer !

Les Noirs viennent de jouer ♙a-c8 ? "clouant" le Cavalier c3. Quelle mauvaise surprise les Blancs leur avaient-ils réservée ?



Solution du n° 940

1. ... ♙f5! attaque la Tour c8 et menace 2. ... ♙xf2+ suivi de 3. ... ♙xg2 mat. Les Blancs doivent parer le mat... mais abandonner leur Tour.

Achetez votre avion en kit !



Vous êtes un fana de l'aéronautique, mais vos finances ne vous permettent pas d'acquiescer l'avion de vos rêves ? Alors, si vous avez du temps libre, achetez un Balbuzard.

Cet élégant biplace vendu en kit, facile à monter, vous coûtera de 132 000 F HT non monté (hors motorisation et instrumentation) à 250 000 F HT (cellule + propulsion + moteur 0235 + instrumentation complète). L'appareil a une autonomie de 2 000 km avec 120 litres de carburant et atteint une vitesse de croisière de 380 km/h à 2 500 m d'altitude. Autant de records mondiaux : le Balbuzard consomme deux fois moins, va deux fois plus loin, est beaucoup plus rapide que les avions actuellement disponibles sur le marché mondial – monopole des firmes nord-américaines.

C'est que les aviateurs américains se sont un peu endormis sur leurs lauriers. Pourquoi auraient-ils cher-

Le Balbuzard bat tous les records mondiaux : de consommation, d'autonomie, de vitesse... Et pourtant, il n'est pas américain ; il est français.

ché à faire mieux alors qu'ils étaient seuls sur le marché du kit ?

Le Balbuzard a requis cinq ans de recherche-développement et plus de 2 000 heures de travail (CAO, maquette, essais en soufflerie, etc.). Conçu à l'aide des logiciels les plus performants, il présente une esthétique futuriste, une aérodynamique soignée et une ergonomie poussée, notamment au niveau du cockpit. Il a un train d'atterrissage rentrant (l'utilisation sur piste en herbe est possible) et une hélice tripale à pas variable. Le fuselage et la voilure sont constitués de matériaux composites. Après une pré-série de dix appareils, lancés à la fin de 1995, les

modèles de série du Balbuzard ont été fabriqués, et les premiers kits seront livrés au début du second trimestre de 1996. L'avion est destiné aux pilotes, amateurs ou professionnels, et aux écoles de pilotage.

L'entreprise corse AAT (Ameur Aviation Technologie) cherche, en France et à l'étranger, pour l'industrialiser et le commercialiser, un partenaire financier (société de capital risque) et un partenaire technique (groupe spécialisé en matériaux composites).

36 15

SCV

Les forums
de **Science & Vie** !
Les grands débats
de notre société.
Exprimez vos opinions.

Les chasseurs en embuscade



■ Notre enquête "Les chasseurs français hors la loi" (*Science & Vie* n° 937, p. 102) nous a valu un abondant courrier, essentiellement favorable, tant de chasseurs que de non-chasseurs. Ainsi, M. Arnaud Bapst, de Riec-sur-Belon (Finistère), nous félicite : « Bravo pour votre article ! Vous révélez ce que j'avais mis quinze ans à comprendre. »

M. Alain Tamisier, chercheur sur les oiseaux d'eau méditerranéens au Centre national de la recherche scientifique de Montpellier

(Hérault), se réjouit : « Toutes mes félicitations pour votre article. Enfin l'information circule. Merci pour la nature ! »

En revanche, certains lecteurs déplorent notre subjectivité. Il s'agissait pourtant d'une enquête sur les dysfonctionnements de la chasse, notamment à l'égard des lois, et non d'une remise en cause de la chasse elle-même. M. Jean Seinlary, président de la fédération des chasseurs de Gironde, nous reproche « un piètre amalgame de contre-vérités flagrantes allant toutes

dans le sens du dénigrement des chasseurs (...) [où] sont mis en opposition constante deux mondes, dont l'un serait parfait, celui, bien sûr, des

"naturalistes", et l'autre, porteur de tous les maux de la Terre, celui des chasseurs ».

M. Dominique Delannoy, rédacteur en chef de la *Sauvagine*, renchérit : « C'est oublier un peu vite le travail considérable de garderie mené par un corps sans cesse en activité. Il sanctionne tout manquement à l'éthique de la chasse. » Mais que penser, alors, des exactions impunies citées dans l'article ou dans le courrier que nous avons reçu ? Sans compter que la réforme du statut des gardes-chasse, signée par le ministre de l'Environnement, Corinne Le page, (*Journal officiel* du 7 décembre 1995), restreint encore l'indépendance de ce corps vis-à-vis des présidents des fédérations de chasse.

Loin de dénigrer systématiquement les chasseurs, nous relations même, dans notre enquête, certaines de leurs positions courageuses, comme celles prises par l'Association nationale pour une chasse écologiquement responsable (Ancer : Chabrouille, 24700 Saint-Barthélemy-Bellegarde. Tél. : 53 81 64 40).

Chiffres et lettres

■ Deux "coquilles" se sont glissées dans le n° 938 : la consommation d'engrais (p. 25) était en millions de tonnes (Mt) et non en tonnes (t). Dans le chapeau de l'article "Le goulag des baleines" (p. 60), il fallait lire "milliers" et non "milliards" de renards. D'autre part, la fin de l'article "Les dieux oubliés de San Agustin" (n° 939, p. 104) a sauté. La voici : «... devrait permettre d'en savoir plus sur cette civilisation mystérieuse.»

Les rochers qui surfent

■ Les rochers du désert de Racetrack, dans la vallée de la Mort (Californie), se déplacent tout seuls (*Science & Vie* n° 939, p. 12). Pour élucider cette énigme, que les géologues ne s'expliquent pas, M. Pascal Lecerf, de Limeil-Brévannes (Val-de-Marne), propose une hypothèse intéressante. « *L'ombre très allongée de la pierre* [sur notre photo] *indique que le cliché a été pris soit au lever, soit au coucher du soleil. Elle se trouve être presque perpendiculaire à la trace laissée par le cheminement* [de la pierre]. *On peut donc supposer que la course de l'astre est aussi perpendiculaire et selon une inclinaison favorisant le réchauffement plus important de la partie antérieure du bloc. La surface sur laquelle le caillou évolue ressemble à une sorte de vase argileuse, pouvant être imbibée d'eau, qui serait gelée la nuit. Le jour, la température s'élevant plus rapidement en avant, la terre se ramollit, devenant instable. La pierre, entraînée par son poids, glisse de quelques milli-*

mètres, un peu à la manière d'une planche de surf sur une vague. »

Pourquoi pas ? D'ailleurs, si notre photo présente une trace rectiligne, d'autres roches ont des trajectoires en zigzag. Car le vent peut avoir un effet semblable à celui du soleil, qui fait fondre la glace plus rapidement d'un côté que de l'autre et entraîne la "plongée" du rocher. Si le vent est chaud, la face exposée se réchauffe plus vite, et inversement si le vent est froid. Ce vent n'a nullement besoin d'être violent, puisqu'il ne pousse pas le rocher.

Des relevés effectués sur le site, où les trajectoires de rochers de tailles comparables sont parallèles dans leurs méandres, semblent confirmer l'influence du vent. En revanche, les trajectoires de rochers de tailles très différentes ne suivent pas cette règle, leur "sensibilité au vent" étant variable.

Enfin, la trajectoire de l'ensemble des rochers est généralement nord-sud, ce qui semble confirmer que la fonte de la glace, provoquée par la lumière solaire, est bien la cause première de ce déplacement.



■ M. Jean Mouton, de Versailles (Yvelines), un spécialiste de botanique tropicale qui a passé quinze ans en Afrique centrale, répond à notre interrogation sur l'efficacité de la marche des femmes africaines (*Science & Vie* n° 935, p. 19) : « *S'il faut bouger la tête, le regard doit suivre une ligne horizontale. Si l'on porte une charge sur la tête, le port d'un coussin ou d'une couronne torique d'un diamètre adapté à chaque crâne est obligatoire. Elle est faite d'une torsade de plantes. Elle stabilise et répartit le poids, la charge ne touchant que le sommet du crâne. [Il faut] mettre les deux pieds parallèles dans le sens de la marche, et non pas tournés plus ou moins vers l'extérieur (comme les Blancs); avancer les pieds un à un en les posant à plat, et surtout pas avec le talon; avancer simultanément en avant la hanche, l'épaule et le bras correspondant*

au pied avançant. Il en résulte une sorte de "chaloupage" et de rotation cyclique du tronc qui a pour effet d'allonger le pas d'environ 20 cm; tenir la colonne vertébrale bien droite et avoir pour cela un port de tête bien droit (la scoliose est inconnue). Le résultat est une marche rapide (10 km/h au lieu de 7 km/h), souple, ondulante, non fatigante et silencieuse. »

M. Christian Balen, de Nairobi (Kenya), propose d'autres hypothèses : « *Les femmes africaines marchent pieds nus : la charge est donc parfaitement dans l'axe du corps... De plus, elles ont, notamment les Kikuyus, un dos particulièrement cambré, un fessier intéressant [de sorte qu'] un effet de ressort se produit. (...) Leur habillement est des plus lâches, leur nourriture contient peu de viande. (...) Les fibres musculaires sont longues, ce qui explique aussi les bons résultats des athlètes kenyans. »*



Petit cours de marche à l'africaine

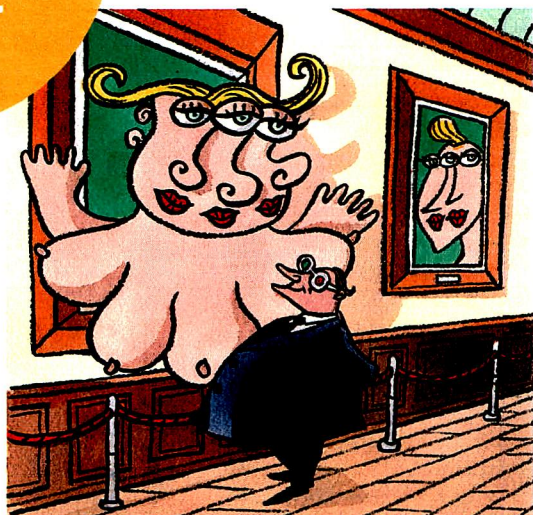
36 15
scv

Les forums
de Science & Vie !

Les grands débats
de notre société.

Exprimez vos
opinions.

Quand la télé a du relief...



■ A la suite de notre article "2001, l'odyssée du cinéma" (*Science & Vie* n° 939, p. 112), M. René Gardette, de Lyon (Rhône), raconte : « Je me souviens d'avoir vu au cinéma, en 1937 ou 1938, une projection expérimentale en relief (on ne disait pas encore en 3D), celui-ci étant constitué par des images superposées, l'une en vert, l'autre en rouge. »

Effectivement, c'est dans les années vingt qu'ont eu lieu les premiers essais de cinéma stéréoscopique. Deux films en noir et blanc étaient projetés par deux projecteurs synchronisés, respectivement équipés d'un filtre vert et d'un filtre rouge. L'un des deux films portait les images destinées à l'œil gauche, l'autre, celles réservées à l'œil droit. Pour réaliser la "sélection", le spectateur utilisait des lunettes munies d'un verre vert et d'un verre rouge.

« Aux alentours des années 1965-1970, il y eut deux longs métrages américains en

couleur et en relief. (...) Ces films étaient vus au travers de lunettes équipées de verres polarisants. » Ce procédé respectait les couleurs. Les

plans de polarisation des verres étaient croisés. Le verre droit ne laissait passer que l'image du projecteur droit, et vice versa.

Ayant acheté des cassettes vidéo 3D fournies avec des lunettes à verres colorés, M. Gardette a « eu la curiosité de regarder la télé avec ces lunettes. Et, ô surprise, certaines scènes paraissaient en 3D. » Si l'on regarde une image plane à travers des verres colorés – bleu et rouge, par exemple –, les teintes bleues paraissent plus lumineuses à un œil, et les rouges, à l'autre. On constate un phénomène semblable sur une image en noir et blanc. En effet, la sensibilité des yeux au bleu et au rouge est différente

pour les faibles éclaircissements. Des écarts apparaissent sur les gris. Chaque œil perçoit une vision différente, mais les perspectives des images restent cependant cohérentes ; aussi, le cerveau suppose que les yeux n'en font qu'à leur tête, et il compense les aberrations de vision par ce qu'il suppose être le relief exact.

Pour vous en convaincre, collez un morceau de papier sur l'un des verres de vos lunettes, afin d'occulter un œil. Aucune possibilité, semble-t-il, de voir une image en relief, puisque la vision binoculaire est supprimée. Et pourtant, si ! Regardez votre téléviseur : l'image vous paraîtra comporter plusieurs plans.

ARN : l'œuf et la poule

■ M. Denis Laniez, de Montreuil-sous-Bois (Seine-Saint-Denis), nous demande : « Dans votre article faisant le point sur les manipulations génétiques (*Science & Vie* n° 937, p. 71), vous expliquez comment, à partir d'un brin d'ARN messager, le ribosome se charge de synthétiser les protéines qui y sont codées. Un problème me turlupine (...). D'où vient ce ribosome ? De quoi est-il fait ? »

Les ribosomes sont fabriqués dans le nucléole du noyau de la cellule. Puis ils se répartissent dans le cytoplasme, où ils rapprochent les trois partenaires de la synthèse protéique : l'ARN messa-

ger en cours de traduction, les ARN de transfert qui apportent les acides aminés "appelés" pour former la protéine, et la chaîne protéique en cours de fabrication.

Les ribosomes sont constitués par un nombre défini de petites protéines et de molécules d'ARN. « Comment celles-ci ont-elles été synthétisées, si ce n'est à l'aide d'un ribosome ? » Les premiers ribosomes sont hérités principalement de l'ovule maternel, avant d'être, comme toute la machinerie cellulaire, dupliqués lors des divisions et des différenciations cellulaires. Mais « comment a été créé le premier ribosome ? » Là

commence la vraie difficulté, l'origine du code génétique ; qui, comme le dit le Pr Philippe Kourilsky (directeur de l'unité 277 de l'Institut Pasteur), est une tautologie : « Des gènes codent pour des protéines qui servent à exprimer et à dupliquer les gènes. »

L'ARN, étant le support originel de l'information et ce qui permet sa mise en activité, est à la fois l'œuf et la poule. Fait étrange : aucune des petites protéines constitutives du ribosome ne joue un rôle essentiel dans sa fonction. Argument supplémentaire pour penser que les protéines sont arrivées secondairement dans le ribosome.

Scalaire ou angélique?

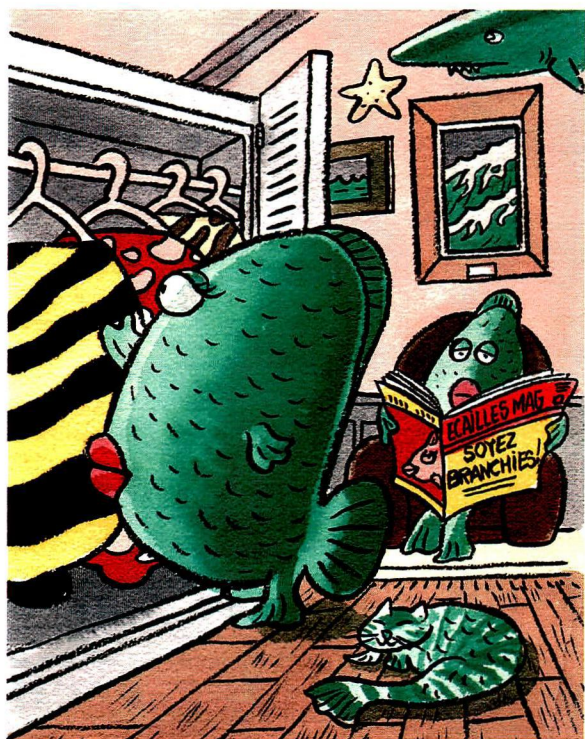
■ M. François Lejaille, de Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle), nous signale que la photo illustrant l'article "Les rayures du scalaire" (*Science & Vie* n° 938, p. 14) n'est pas celle d'un scalaire, « poisson d'eau douce originaire d'Amérique du Sud », mais celle d'un *Pomacanthus imperator*, « poisson des récifs coralliens ».

C'est exact, et c'est bien ce poisson d'eau de mer qui fait l'objet des recherches relatées. Il se trouve que le nom anglais de ce poisson, *angelfish*, est traduit dans deux dictionnaires anglais-français (Hachette-Oxford et Robert & Collins) par "scalaire", alors que, dans des livres

sur les poissons, les *Pomacanthus* sont baptisés "poissons-anges" ou "angéliques". Ne peut-on plus se fier aux dictionnaires?

M. Franck François, de Toulouse (Haute-Garonne), précise que, chez le *Pomacanthus imperator* juvénile, « la robe est blanc, bleu et noir, avec des rayures circulaires, et devient bleu, jaune et blanc dans sa phase adulte, avec des rayures horizontales ».

Lorsque nous écrivions : « Le scalaire garde, tout au long de sa vie, son apparence de jeune premier », nous faisons allusion à l'écartement et à la largeur des bandes de couleur de ce poisson, qui restent toujours les mêmes. ■



Le pneu en pleine dépression

■ Dans notre réponse à la "question du mois" du n° 938 (« Comment se fait-il qu'un pneu gonflé à une pression de 2 kg/cm² puisse exercer sur le sol une pression bien supérieure? »), nous avons omis d'introduire notre explication (juste, au demeurant) par cette remarque : « Il ne le peut pas, bien entendu. »

3615 SCV

La question du mois

Chaque mois, la meilleure question posée sur notre serveur minitel 3615 SCV est récompensée par un abonnement d'un an à *Science & Vie*. Voici celle de janvier, posée par "KIRK" :

« Pouvez-vous m'expliquer pourquoi on affirme que l'on consomme plus de carburant au volant d'un véhicule dont les phares sont allumés? La vitesse de rotation de l'alternateur n'est-elle pas proportionnelle au régime moteur plutôt qu'à la quantité d'énergie réclamée par les différents organes électriques? »

Si, que les phares soient allumés ou non, l'alternateur tourne effectivement à la même vitesse, en revanche, le couple qu'il faut lui appliquer pour l'entraîner diffère. Lorsque les phares sont éteints, l'alternateur tourne quasiment librement. Lorsqu'ils sont allumés, l'énergie électrique qu'il leur fournit entraîne un effet de freinage de l'alternateur. Le moteur doit lui appliquer une force pour compenser ce freinage : il consomme donc un peu plus.

La science autrement

Livres

Claude Allègre

LA DÉFAITE DE PLATON

OU LA SCIENCE DU XX^e SIÈCLE

Fayard, 502 p., 150 F.

Comment faire face à « l'absurde condition de l'homme » ? Par « le mouvement », répond Claude Allègre, professeur à l'université Paris VII et à l'Institut de physique du globe de Paris. "Mouvement", un autre mot pour dire "progrès". L'auteur reprend ici le flambeau des scientifiques enthousiastes du début du siècle. Il se défend pour-

tant de tomber dans le "scientisme triomphant", car, aujourd'hui, annonce-t-il, la situation est très différente. D'une part, la science a été confisquée par les chercheurs, « repliés dans leur propre dis-

cipline ». D'autre part, elle s'est coupée du grand public, aussi bien que des élites.

Il y a – au moins – deux façons d'analyser la science. Soit elle est une source potentielle de troubles en elle-même, difficiles à éviter même si l'on fait très attention. Soit elle est néfaste par l'utilisation qu'on en fait. Notre auteur se place, bien sûr, dans cette seconde hypothèse. Tout l'intérêt du livre est dans le diagnostic qu'il porte sur la situation actuelle.

La Défaite de Platon ou la Science du

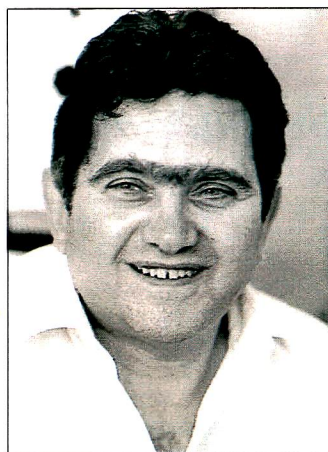
XX^e siècle est donc un ouvrage engagé : militant pour la divulgation des connaissances scientifiques qu'il embrasse de façon générale sur un siècle ; défendant l'éducation scientifique comme moyen d'élévation individuelle et collective. La référence au philosophe grec Platon est plus surprenante. Claude Allègre semble plutôt avoir en tête ses héritiers (l'école platonicienne) dont l'outil – et l'illusion principale – était les mathématiques. De là à parler de défaite, il n'y a qu'un pas.

Science & Vie : « Pourquoi la science s'est-elle coupée du grand public ? »

Claude Allègre : « C'est sans aucun doute à cause de la manière dont les sciences sont enseignées. L'objectif aujourd'hui est de sélectionner au lieu d'épanouir. Comment voulez-vous aimer plus tard ce qui vous a mis à l'écart étant jeune ? D'une façon générale, on peut dire que la science ne sert plus à cultiver au sens plein du terme. On peut dès lors parler d'une séparation dommageable de la société entre ceux qui "savent" mais se replient sur eux-mêmes, et ceux qui sont exclus du savoir et ne peuvent donc en tirer aucun profit. »

S & V : « Etes-vous inquiet pour l'avenir de la science ? »

C. A. : « La science va continuer à se développer très vite. Les retombées technologiques qui en découleront seront les clés de la compétitivité économique. Cela créera des déséquilibres considérables. Si l'Europe ne s'organise pas mieux, elle ne bénéficiera pas de son excellente recherche. Nous ne manquons pas d'idées, mais les



L. Monier

Claude Allègre

brevets et les développements se font ailleurs, aux Etats-Unis ou au Japon notamment. »

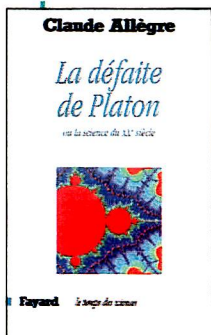
S & V : « Pourquoi avez-vous intitulé votre livre *la Défaite de Platon* ? »

C. A. : « Il fait référence à une certaine vision du monde, que la science, me semble-t-il, a invalidée. Pour Platon et ceux qui le suivent, nous avons une idée du monde dans la tête, des vérités *a priori*, et nous cherchons à faire coller la réalité avec ces idées. Je pense, bien au contraire, que la compréhension du monde passe obligatoirement par la confrontation avec le réel, c'est-à-dire par l'expérimentation et l'observation. Ce n'est pas le monde qui doit plier mais bien nos idées. La puissance et l'extraordinaire développement de la science ce dernier siècle n'ont pas cessé de donner tort à Platon. »

S & V : « Ne craignez-vous pas les dérives de certaines pratiques scientifiques ? »

C. A. : « La peur éthique réelle ne doit pas être exagérée. Les scientifiques sont très conscients des dérapages possibles. Les garde-fous en biologie sont bien plus importants qu'on ne le pense, bien meilleurs, par exemple, qu'en ce qui concerne le nucléaire militaire, sur lequel les scientifiques n'ont aucun contrôle. »

Propos recueillis par Jean-François Robredo



■ Les enjeux de la génétique

Catherine Allais

GÉNÉTIQUE ET ÉTHIQUE

Hachette, coll. "Qui ? Quand ? Quoi ?", 80 p., 19 F.

« Comment ? Combien ? Où ? » faudrait-il ajouter, car tels sont les six points qui structurent les titres de cette nouvelle collection. *Génétique et Éthique* est l'un de ces condensés au rapport "qualité-prix" imbattable, signé par une journaliste scientifique reconnue, docteur en biologie.

Née au XIX^e siècle grâce aux petits pois de Mendel et aux travaux de plusieurs savants, la génétique a rajeuni il y a vingt-cinq ans, lorsque la découverte des enzymes de restriction, véritables "ciseaux" moléculaires, a permis la manipulation du vivant.

Depuis, nombre de tabous ont été transgressés. En 1994, le clonage d'un embryon humain suscite un émoi profond et justifie, à lui seul, le doublage de la génétique par son mentor désormais inséparable, l'éthique.

Hier, l'hérédité était l'égérie commode de l'eugénisme, c'est-à-dire l'"amélioration" de l'espèce humaine. Ainsi, en 1924, les Etats-Unis votaient une loi contre

l'immigration du Sud et de l'Est de l'Europe, « sous prétexte qu'on y trouve un grand nombre de faibles d'esprit héréditaires et d'inadaptés sociaux génétiques ». Aujourd'hui, la génétique permet de prédire les maladies, de démasquer un violeur ou un assassin, d'établir des liens familiaux...

Elle est aussi la proie d'enjeux colossaux, notamment à travers des

programmes du type "génomique humaine", qui visent à identifier nos quelque 100 000 gènes. Toutefois, « l'efficacité de la thérapie génique n'est pas encore démontrée ». L'éthique, pour sa part, doit veiller à ce qu'on ne modifie pas les gènes – héréditaires – des cellules sexuelles. « Pour combien de temps encore ? » interroge Catherine Allais.

Marie-Laure Moinet

■ Astronomie pour les petits

SECRETS DES PLANÈTES

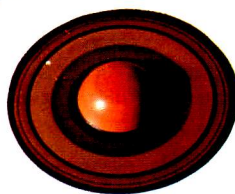
Gallimard jeunesse, coll. "Secrets", prix de lancement : 59 F jusqu'au 31 mars 1996 et 65 F après.



quettes de planètes permettant de comparer leurs tailles relatives et de les faire évoluer les unes par rapport aux autres. Un système de disque permet de simuler les rotations de la Lune et de la Terre.

Les principales complexités du fonctionnement du système solaire, sur lesquelles achoppent généralement les enfants

(et les plus grands), font l'objet d'un éclairage particulier. Par



Son format attractif et sa présentation ludique en font un bel outil d'initiation.



exemple, le fait que la Lune parvient à masquer le Soleil durant une éclipse bien qu'elle soit beaucoup plus petite que lui, ou encore l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport à son axe de révolution... Dommage de n'être pas allé plus loin en abordant, par exemple, les solstices et les équinoxes, à la suite du chapitre consacré aux saisons.

Isabelle Bourdial ■ ■ ■



■ Les tourments du père de la bombe

Michel Rival

ROBERT OPPENHEIMER

Flammarion, 291 p., 125 F.

Personnalité au destin hors du commun, Robert Oppenheimer est le héros rêvé d'une biographie. Père de la bombe atomique, accusé d'espionnage prosoviétique dans les années cinquante, physicien de premier ordre, c'est un personnage romanesque, doué d'une intelligence complexe et tourmentée.

Né en 1904 dans une famille juive aisée de New York, Oppenheimer montre très jeune de rares dispositions intellectuelles. Il fait ses classes dans les plus grands laboratoires européens des années vingt et trente. En cet âge d'or de la physique, il vit en direct la révolution de la mécanique quantique et l'éclosion de la physique nucléaire.

Se liant avec les plus grands savants, il apporte très vite ses propres contributions : c'est lui qui découvre l'"effet tunnel" quantique (utilisé aujourd'hui dans les microscopes du même nom). Le premier, il applique la physique quantique à l'étude des molécules, détermine les conditions d'existence des étoiles à neutrons et envisage les trous noirs. Entre autres !

De retour aux États-Unis, il y introduit cette physique nouvelle, fascinant étudiants et collègues par sa vivacité intellectuelle et son esprit de synthèse, même si on lui reproche des cours souvent incompréhensibles, quelque peu brouillons, et un tempérament par-

fois blessant. Sans indulgence pour ces travers, l'auteur rend pourtant attachant ce héros dégingandé, à l'allure raide, aux traits fins et émaciés. Ambigu, il est tout à la fois fragile et arrogant, gauche et brillant, solitaire et rassembleur, ultra-intellectuel et sensible aux souffrances et à la misère. Dans les années trente, il aidera de nombreuses organisations de gauche et sympathisera un temps avec le parti communiste américain, sans jamais y adhérer.

En 1942, c'est ce savant reconnu de tous qui est choisi pour diriger le laboratoire de Los Alamos, où sont élaborées les deux premières bombes atomiques, qui anéantiront Hiroshima et Nagasaki. Il devient un acteur majeur de l'une des plus terribles épopées techno-industrielles du siècle. « Brutalement exclu de sa tour d'ivoire, Oppenheimer s'est vu projeté dans un monde qui l'a sommé de faire preuve d'esprit de décision. Lui, l'homme raffiné et sensible, l'impeccable intellectuel dont le trait saillant était une grande vulnérabilité (...), a soudain dû assumer la responsabilité du projet le plus terrifiant de toute l'histoire humaine. » Et il s'en est parfaitement acquitté...

Après la guerre, Oppenheimer, figure emblématique du savant confronté à une écrasante responsabilité politique, comparait devant de nombreuses instances militaires. Ses positions sont complexes : il ne s'est pas opposé à l'utilisation de la bombe contre Hiroshima, mais il se dément – en vain – pour mettre sur pied un projet de contrôle international de l'énergie atomique. Il

s'oppose à la bombe H (à fusion d'hydrogène), mais il est favorable au développement de l'arsenal atomique des bombes A (à fission).

Devenu président du très presti-

gieux institut des études avancées de Princeton, il est accusé, en 1953, en pleine hystérie maccarthyste, d'espionnage au profit de l'Union soviétique. Il est finalement reconnu "loyal", mais on lui retire son habilitation auprès de la Commission de l'énergie atomique, ce qui soulève l'indignation de la communauté scientifique internationale. Il en sera brisé jusqu'à sa mort, en 1967, même si sa gloire ne faiblit pas.

Un livre rigoureux et documenté, sensible et alerte, passionnant tant du point de vue scientifique qu'historique et humain.

Hélène Guillemot

■ Sciences humaines plus humaines

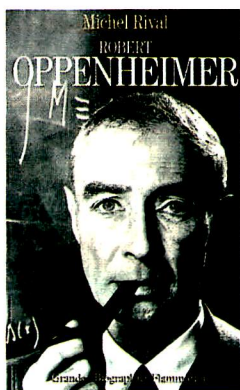
François Dosse

L'EMPIRE DU SENS

La Découverte, 432 p., 180 F.

François Dosse, agrégé d'histoire, maître de conférences et animateur à la revue *Espace-Temps*, s'est attelé à une immense enquête : retracer l'évolution des sciences humaines dans la seconde moitié du xx^e siècle, et montrer les « enjeux actuels de la recherche » dans ce domaine. L'empire du sens ne faillit pas à sa tâche. L'édifice est forcément complexe, car il est complet : il situe avec précision chaque axe de recherche ou chaque discipline dans son contexte historique, économique, politique et, bien sûr, social.

Il met en évidence un fait nouveau : la fin du cloisonnement dans lequel les sciences humaines s'étaient volontairement confinées. « Après avoir célébré la coupure du cordon ombilical qui les rattachait à la philosophie, les sciences humaines commencent à s'apercevoir



qu'elles peuvent avec fécondité revisiter la tradition philosophique », affirme l'auteur. Un nouveau paysage intellectuel semble se dessiner, plus humain et moins dogmatique. François Dosse y voit la patte des intellectuels issus de la génération de l'après 68, lesquels auraient, en fait, "digéré" le mouvement.

Un index permet au lecteur peu expérimenté de s'y retrouver dans cette jungle de notions, et d'identifier les différents courants des sciences humaines.

Sonia Feertchak

■ Recherche en maternité

Béatrice Pelligrini
L'ÈVE IMAGINAIRE
Payot, 230 p., 160 F.

La thèse de l'Eve africaine, selon laquelle tous les hommes modernes sont issus d'une seule population apparue quelque part en Afrique, il y a entre 100 000 et 200 000 ans, a fait une entrée tonitruante sur la scène de l'évolution humaine en 1987. La force de cette théorie réside dans sa pluridisciplinarité. Selon ses défenseurs, tous les éléments convergent : paléontologiques, archéologiques et génétiques. Or, pour Béatrice Pelligrini, sous une apparence de colosse, cette approche a des pieds d'argile. Si la pluridisciplinarité a des vertus, son défaut réside dans l'« attitude relativement fréquente qui

consiste à invoquer les résultats d'autres disciplines lorsque les limites d'interprétation liées au matériel utilisé sont atteintes ». L'auteur analyse, par exemple, le cas du généticien italien

Luigi Luca Cavalli-Sforza qui défend la théorie de l'Eve africaine pour des raisons archéologiques.

En fait, face aux attaques qu'elle a subies, l'Eve africaine est petit à petit devenue une hypothèse parmi

d'autres. En revanche, son succès auprès du grand public ne se dément pas. Pelligrini l'attribue à « deux pratiques très discutables ». D'abord, en incarnant notre origine génétique dans un personnage biblique, « la science s'approprie une part de la quête mystique de nos origines ». Ensuite, les chercheurs, en parant la nouvelle venue des atours de la pluridisciplinarité, lui ont conféré une aura d'inafaillibilité. « Il est vrai que les incertitudes se vendent beaucoup plus mal que les vérités hâtives. »

Une conclusion qu'on pourrait très bien généraliser à la communauté scientifique : combien de fois les chercheurs ne sont-ils pas tentés d'annoncer des triomphes prématurés, des certitudes encore branlantes, qu'ils sont ensuite obligés de nuancer !
Thierry Pilorge

■ Les acides gras au cœur de l'enquête

Frédéric Saldmann
OMÉGA 3

Ramsay Science & Fiction, 212 p., 99 F.

Oméga 3, c'est le nom générique d'une famille de « graisses qui nous veulent du bien » (voir *Science & Vie* n° 937) dont on commence à beaucoup parler. Toutes les études scientifiques le montrent : malgré leur alimentation très riche en graisses, les Esquimaux n'ont jamais de cholestérol, grâce à ces acides gras polyinsaturés un peu particuliers, que l'on trouve en abondance dans la chair des poissons gras. Ce sont également ces graisses qui protègent les Japonais ayant gardé une alimentation traditionnelle (riche en oméga 3) contre les maladies cardiovasculaires.

Ce sont encore elles qui, prescrites à des malades suite à un infarctus, diminuent considérablement le risque de récurrence. On les retrouve dans les membranes de nos cellules, en particulier dans celles du système



nerveux et du cerveau.

A partir de ces faits reconnus, le Dr Saldmann, cardiologue et nutritionniste, a écrit une véritable enquête scientifique. Cela commence, comme un roman policier, par une énigme : deux cardiologues décèdent subitement, foudroyés par une crise cardiaque, dans des circonstances étrangement similaires. Ces morts sont d'autant plus suspectes qu'elles se sont produites dans les deux régions du globe où le décès par accident cardio-vasculaire est un événement rarissime : à Godthåb, capitale du Groenland, et à Naha, capitale d'Okinawa, une petite île au sud du Japon. Le Dr Saldmann, alias Martin Solal, mène l'enquête. Elle le conduira, bien entendu, sur la piste des oméga 3.

Oméga 3, c'est aussi une histoire de cœur entre un « french paradox » et une « american executive woman » : il lui fera découvrir les casseroles d'anguilles et la lamproie à la bordelaise, elle le fera arrêter de fumer...

Une base scientifique solide, cuisinée à la sauce policière et agrémentée de savoureux jeux de mots : *Oméga 3* est une leçon de gastronomie intelligente. N'hésitez pas à dévorer ce livre, vous ressentirez une irrésistible envie de manger du poisson. Pour votre plus grand bien, et pour le malheur... des cardiologues !
Catherine Perrot



..... CD-Rom

■ Mars enfin sur Terre

MARS EXPLORER

Virtual Reality Laboratories, 299 F.

Il ne s'agit que d'une carte de Mars, agrémentée de quelques animations... Mais quelle carte ! Quatre niveaux de zoom, index des noms, recherche par coordonnées... Les images, qui appartiennent toutes, bien sûr, à la NASA, ont été reconstituées patiemment par ses laboratoires. S'il est vrai qu'il faut être passionné d'astronomie (et de la planète Mars !) pour goûter pleinement ce CD-Rom, qui peut résister à une balade dans des lieux aux noms inconnus, aux paysages surprenants et toujours détaillés ? Un monde fascinant, à la fois familier (volcans,

montagnes, calotte de glace...) et étrange (continents sans mers, rivières sans eau...).

L'envoûtement est tel que l'on se surprend vite à cliquer de tous côtés pour une promenade de toute beauté, au cours de vols "virtuels" en rasmottes simulés par les ordinateurs de la NASA.

On est à la fois en pleine science-fiction et dans un univers somme toute assez proche : cela se passe à "seulement" 70 millions de kilomètres de chez nous ! Comme si les héros de *Dune*, le fameux roman d'anticipation de Frank Herbert,



Les cartes de ce CD-Rom s'affichent, au choix, avec ou sans les noms des lieux "visités".

frappaient à notre porte. C'est le moment où la science, qu'on accuse parfois d'avoir "désenchanté" le monde, donne à voir – à admirer – un univers plus riche que celui issu de l'imagination humaine.

Gilles Moine

SCIENCE & VIE

Publié par Excelsior Publications SA

Capital social : 11 100 000 F

durée : 99 ans.

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

Tél. : 1 46 48 48 48. Fax. : 1 46 48 48 67.

Adresse télégraphique : Sienvie Paris.

Principaux associés :

Yveline Dupuy, Paul Dupuy.

DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : Paul

Dupuy. Directeur général : Jean-Pierre

Beauvalet. Directeur général-adjoint :

François Fahys. Directeur financier :

Jacques Béhar. Directeur marketing et

commercial : Marie-Hélène Arbus.

Directeurs marketing et commercial-

adjoints : Jean-Charles Guérault, Patrick-

Alexandre Sarradeil. Directeur des

études : Roger Goldberger. Directeur de

la fabrication : Pascal Rémy.

RÉDACTION

Rédacteur en chef : Jean-René Germain,

assisté de Marie-Anne Guffroy

(documentation) et Elisabeth Latsague

(secrétariat). Rédacteurs en chef-

adjoints : Jean-François Robredo, Didier

Dubrana, Gérard Morice, assisté de

Monique Vogt. Secrétaire général de la

rédaction : Norbert Régina. Secrétaires

de rédaction : Françoise Sergent, Nadine

Raguet, Agnès Marillier, Jean-Luc Glock.

Rédacteurs : Renaud de La Taille, Pierre

Rossion, Marie-Laure Moinet,

Henri-Pierre Penel, Isabelle Bourdial,

Thierry Pilorge, Alexandre Dorozynski,

Philippe Chambon. Conception graphique,

direction artistique : Gilles

Moine. Maquette : Lionel Crooson,

Elisabeth de Garrigues. Service photo :

Anne Levy. Correspondante à New

York : Sheila Kraft, PO Box 1860, Hem-

lock Farms Hawley PA, 18428 Etats-Unis.

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Michel Brassinne, Serge Brosselin,

Germain Chambost, Isabelle Delaleu,

Sonia Feertchak, Frédéric Guérin,

Hélène Guillemot, Roman Ikonicoff,

Pierre Poix, Marielle Vétiau.

RELATIONS EXTÉRIEURES

Michèle Hilling, Blandine Devriendt.

PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdéco, 23 rue Bau-

din, BP 311, 92303 Levallois-Perret Cedex,

tél. : 1 41 34 82 08. Directeur commercial :

Gilles de Becdelièvre. Directrice

de la publicité : Véronique Moulin.

Directeur de clientèle : Laurent Auzie.

Chef de marques : Jérôme Garrido.

À NOS LECTEURS

Renseignements : Monique Vogt, tél. :

1 46 48 48 66. Commande d'anciens

numéros et de reliures : Chantal Poirier,

tél. : 1 46 48 47 18.

SERVICES COMMERCIAUX

Chef de produit marketing : Capucine

Jahan. Chef de produit ventes : Marie

Cribier. Téléphone vert : 05 43 42 08

(réservé aux dépositaires). Belgique

AMP, 1 rue de la Petite-Isle, 1070

Bruxelles. Abonnements et marketing

direct : Patrick-Alexandre Sarradeil.

ABONNEMENTS

Relations clientèles abonnés : service

abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-

Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 1 46 48

47 08 (à partir de 9 h). Tarifs : un an,

12 numéros, 253 F ; un an, 12 numéros

+ 4 hors-série, 328 F ; un an, 12 numéros

+ 6 cahiers, 413 F ; un an, 12 numéros

+ 4 hors-série + 6 cahiers, 488 F. Aux

Etats-Unis et au Canada : Periodica Inc.,

C.P. 444, Outremont, Québec, Canada

H2V 4R6. En Suisse : Naville, case postale

1211, Genève 1, Suisse. En Belgique :

Presse abonnements, 90 bd du Souverain,

1170 Bruxelles. Autres pays : nous

consulter.

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre

abonnement, envoyez-nous l'étiquette col-

lée sur votre dernier envoi. Changement

d'adresse : veuillez joindre à votre corres-

pondance 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 informa-

tions pourront faire l'objet d'un droit d'ac-

cès ou de rectification dans le cadre légal.

Les manuscrits non

insérés ne sont pas

rendus.

La rédaction ne reçoit

que sur rendez-vous.

Copyright 1989 Science

& Vie.



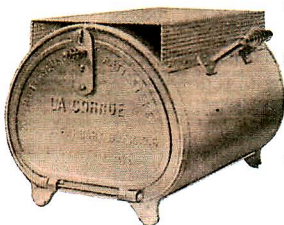
Il y a 70 ans

La rôtisseuse-pâtissière

Ce four, qui a fait l'objet de minutieuses études, peut être utilisé sur la flamme de n'importe quel combustible, même sur un feu de bois. L'appareil est constitué de

deux tôles séparées par un espace annulaire de 3 cm d'épaisseur ; chacune est doublée d'amiante. L'air

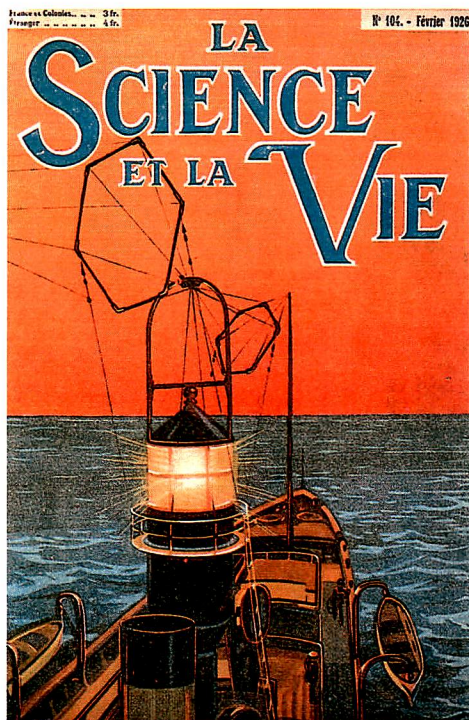
chauffé pénètre dans le four par le haut et s'échappe par le bas.



Février 1926

De nouveaux radiophares vont entrer en service : 5 de grand atterrissage, dont la longueur

d'onde hertzienne porte jusqu'à 370 km ; 25 de brume, d'une portée de 92 km ; 9 d'entrée de port, sur bateau-feu, émettant jusqu'à 37 km. Pour éliminer les harmoniques dues à l'alimentation par courant alternatif direct, un circuit oscillant entre lampes et antenne a été installé.

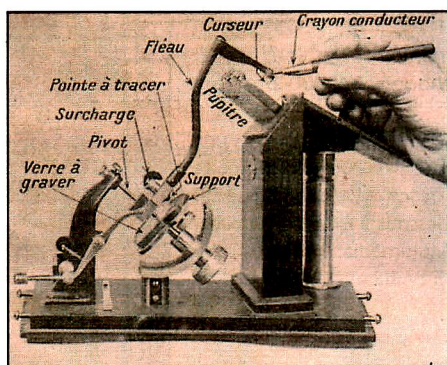
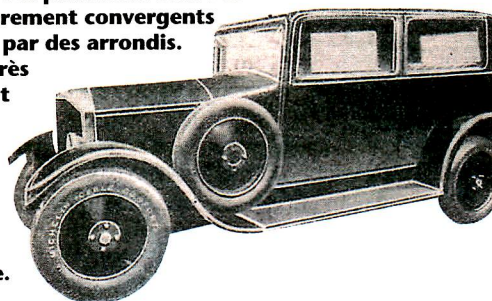


Photos X, tous droits réservés

Une automobile aux lignes originales

Versters et Neirinck ont créé et présenté au Salon de l'automobile de Bruxelles un conduite intérieure qui a grande vogue. Ses panneaux avant et arrière sont légèrement convergents et réunis au toit par des arrondis.

Une seule mais très large portière est prévue. Un rainurage sous les sièges avant permet de les faire coulisser pour faciliter l'accès à l'arrière.



Le pangrafic

Avec ce nouvel instrument, les opticiens peuvent graver cent lettres dans une surface de 1 millimètre carré. Une plaque de verre de 9 x 12 cm pourrait contenir trois romans ordinaires. Un dispositif optique donnant une image redressée de la pièce à ciseler grossie cinq fois permet à l'artiste de suivre précisément son travail.

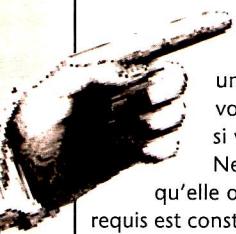
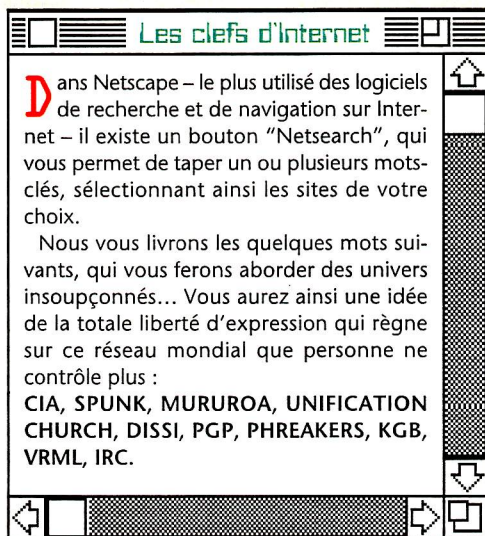
L'ultra-violet et l'industrie



Les utilisations du rayonnement ultra-violet sont très nombreuses : il blanchit les toiles de lin ou de coton, permet de vulcaniser à froid le caoutchouc, stérilise les liquides ou... ce vieux livre attaqué par les moisissures, etc.

Internet : les premiers pas

Internet n'est pas un univers inaccessible, réservé à ceux qui manipulent avec dextérité un ordinateur. La preuve : nous vous proposons de vous connecter sur le fameux réseau mondial, sans vous abonner ni même posséder un ordinateur ! Pour les amateurs plus expérimentés, nous proposons de mieux utiliser Netscape, la "boussole du Web". Mais une meilleure connaissance du vocabulaire spécifique de ce qu'on appelle la cyberculture s'impose. Notre lexique est là pour vous mettre le pied à l'étrier.



Avant de vous abonner à Internet pour six mois ou un an, il est préférable de voir si vous disposez du bon matériel et si votre passion naissante pour le Net justifie vraiment la dépense qu'elle occasionne. Le matériel de base requis est constitué d'un ordinateur Macintosh ou d'un PC (486 ou, mieux, Pentium) ; de 4 à

8 méga-octets de "mémoire vive" (ou, mieux, 16 Mo) ; et d'un modem 14 400 bps (ou, mieux, 28 800 bps).

La seule chose qui vous manque alors est une disquette d'accès à Internet. Pour obtenir cette disquette "spéciale *Science & Vie*", remplissez et postez le coupon ci-dessous à Excelsior Publications, Département Multimédia, 1 rue du Colonel Pierre-Avia, 75015 PARIS.

OUI, JE SOUHAITE RECEVOIR LA DISQUETTE D'ACCÈS À INTERNET :

Mon ordinateur est un PC ☐ un Macintosh ☐

Mon adresse est la suivante :

Prénom : Nom :

Rue :

Code postal : Ville :

Je joins au présent coupon un chèque d'un montant de 30 F à l'ordre d'Excelsior Publications.

(Facultatif) Pour information, nous souhaiterions connaître la vitesse de votre modem :

je dispose d'un modem 9 600 ☐ 14 400 ☐ 28 800 bps ☐

Oui ☐ ou non ☐ vous disposez d'un lecteur de CD-ROM.

Vous êtes oui ☐ ou non ☐ abonné(e) à *Science & Vie*.

Cochez toutes les cases répondant à vos choix.

Internet sans ordinateur, ou les CyberCafés

EN PROVINCE. AGDE, Internet 'Thé, 7 rue de la Poissonnerie, 34300. Tél. : 67 21 49 05.

BESANCON : Le Web, 3 rue Jean-Petit, 25000.

BORDEAUX : Cyberstation, 23-25 cours Pasteur, 33000. Tél. : 56 01 15 15.

GRENOBLE : Le CyberForum, 11 rue Hébert (tramway Verdun), 38000. Tél. : 76 15 37 37.

LYON : Connectik Café, 19 quai Saint-Antoine, 69002.

MARSEILLE : Hors Limites, 35 rue de la Paix, 13001. Tél. : 91 33 15 50.

Cyb.Estami.Net, 41 rue Jobin, 13003.

MONTPELLIER : Cyberzinc, 4 rue Bonneir-d'Alco, 34000. Tél. : 67 60 40 02.

NICE : La Douche-Internet Couleur Café, 34 cours Saleya, 06300.

RENNES : O'Brasil Cybercafé, 38 rue Saint-Georges, 35000. Tél. : 99 36 49 30.

STRASBOURG : Best Coffee Shop, 10 quai des Pêcheurs, 67000. Tél. : 88 35 50 70.

TOULOUSE : DiagonalCafé, 37 place des Carmes, 31000. Tél. : 61 55 57 59.

A PARIS. Consultez avec profit <http://www.queilm.fr/>, qui recense toutes les adresses des cybercafés parisiens et constitue l'un des meilleurs sites français de réflexion sur Internet.



Passer du Web au dialogue

Internet ce sont aussi les forums, ou "newsgroups" : des lieux de discussions. Certains sont accessibles par le Web. Par l'adresse suivante : <http://www.loria.fr/news>, vous aurez une liste de forums en français.

Un exemple parmi cinquante : si vous ajoutez après "news" le suffixe **/fr.bio.biolo**, vous accéderez aux discussions ayant trait à la biologie moléculaire.



Cyberlexique

Exercice : «IMHO, FYI, un phreaker ne s'habille toujours pas en cyberpunk en entrant sur un Web en 3D, style VRML, pour cliquer sur des hackers en vadrouille. Ceux-là sont souvent totalement 404 ou ne répondant ASAP qu'RTFM à tes questions, très FAQ c'est possible. Il faut les pousser à respecter un tant soit peu la Netiquette, je crois.»

3D : qui est vu sur l'écran en trois dimensions, en volume.

404 : un service Web inaccessible affiche à l'écran «error 404 - URL not found». D'où la plaisanterie américaine «C'est un 404», c'est-à-dire une personne vraiment injoinable (cela ne s'invente pas !).

ASAP : *as soon as possible* (dès que possible).

Cracker : pirate ou saboteur des réseaux, pénétrant les ordinateurs mal protégés et y détruisant les fichiers informatiques. Parfois simple comportement ludique pour le plaisir de percer les "blindages" anti-

intrusion. A ne pas confondre avec les hackers, les cypherpunks et les phreakers !

Cyber- : préfixe désignant tout ce qui concerne la vie sur les réseaux. Exemples : cyberspace, cyberculture, cybernaute, cybercafé, etc.

Cyberpunk : rebelle des réseaux, défendant une totale liberté sur ceux-ci, associée à une résistance au "système".

Cypherpunk : cyberpunk qui prône la création de zones de communication hypercryptées afin de ne pas être surveillé par le pouvoir et ses polices.

FYI : *for your information* (pour votre information).

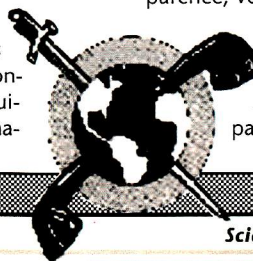
Hacker : expert en pénétration de réseaux ou, plus généralement, en informatique. Contrairement aux crackers (saboteurs), les hackers prônent une éthique fondée sur les points suivants : l'accès aux ordina-

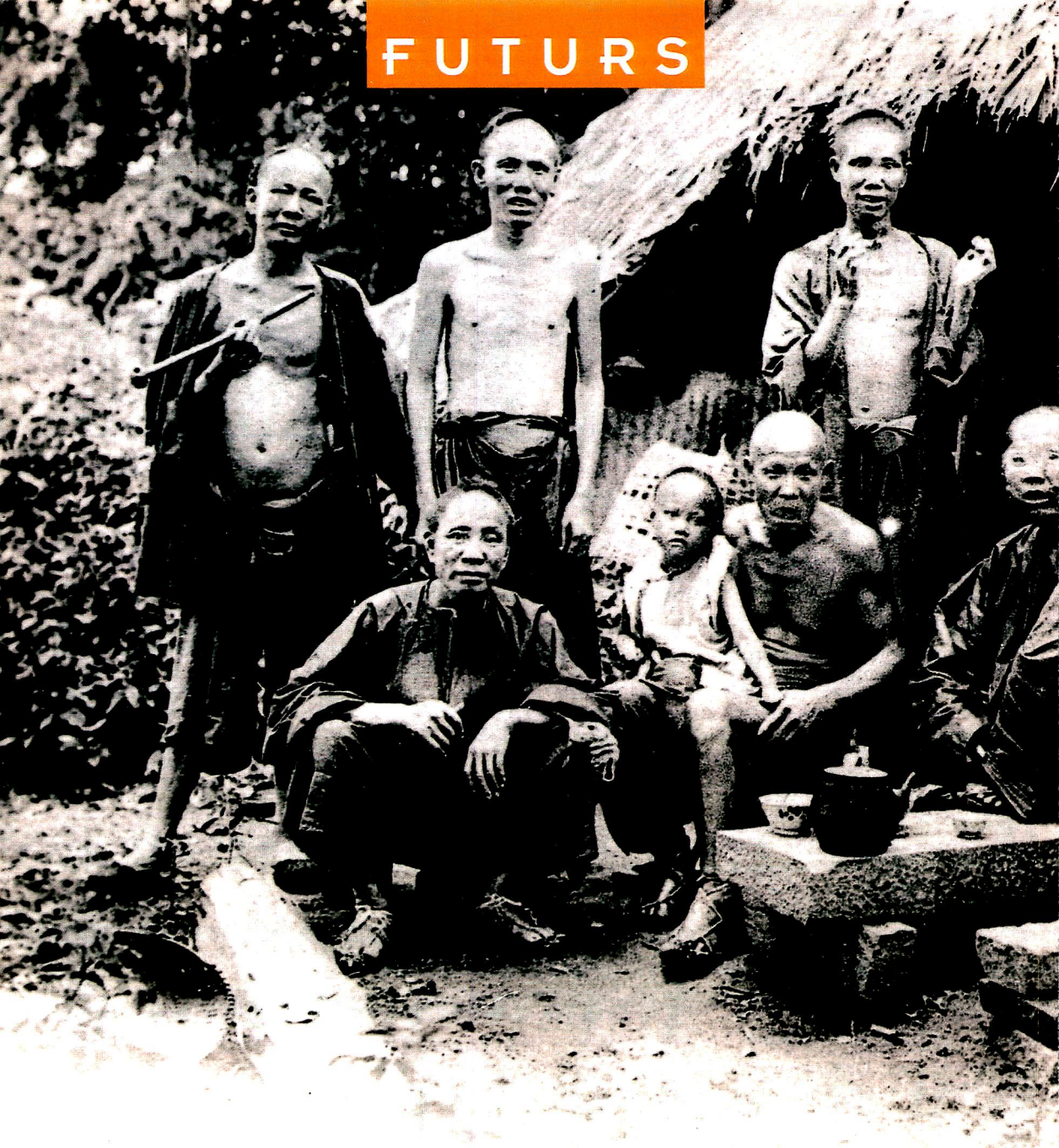
teurs doit être illimité et total, l'information doit être gratuite, on ne fait pas confiance aux autorités, on juge un hacker sur ce qu'il est capable de faire, et sur aucun autre critère ("race", âge, diplôme, profession), les ordinateurs peuvent améliorer notre vie, l'art et la beauté peuvent aussi venir de l'informatique.

IMHO : *in my humble opinion* (à mon humble avis).

RTFM : *read the fucking manual* (pour répondre à un interlocuteur paresseux : «lis ton foutu manuel, tu comprendras !»).

VRML : langage de programmation permettant de se promener virtuellement (après avoir choisi une apparence, voire un visage) dans un espace tri-dimensionnel où les personnages de rencontre sont, eux-aussi, guidés par d'autres utilisateurs.





LA PLANÈTE DE

■ La surexploitation des terres cultivables et des ressources à nourrir les trois milliards d'hommes supplémentaires que

COMMENT va-t-on nourrir la CHINE ?

L'expansion des villes,
des routes et des usines au Sud
de la Chine grignote les terres
les plus fertiles, aux dépens
des cultures de céréales. Pour
certains experts, le spectre
de la famine (ici, à Canton, en
1906) plane au-dessus du pays.



LA FAIM

en eau laisse-t-elle un espoir d'arriver
comptera la planète d'ici trente ans ?

PAR MARIE-LAURE MOINET

800 millions de personnes ont faim, estime l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) dans son dernier rapport annuel, publié en octobre dernier. On comptera probablement plus de 1 milliard de sous-alimentés d'ici à une génération, à en croire Vision 2020, une vaste étude prospective en cours menée par l'IFPRI (1).

Touchée, en août 1995, par des inondations catastrophiques qui ont laissé sans abri 500 000 personnes, la Corée du Nord connaît un début de famine et aura besoin d'une aide alimentaire jusqu'au printemps prochain. Les guerres civiles et les catastrophes climatiques (sécheresse au Maroc et en Afrique australe, sécheresse et inondations en Chine, inondations au Cambodge et au Bangladesh, etc.) ont accru, l'année dernière, les besoins d'importations céréalières.

Selon le scénario le plus optimiste de Vision 2020, le déficit en céréales (riz, blé, maïs, sorgho, orge...) des pays en voie de développement va tripler d'ici à 2020, pour atteindre 244 millions de tonnes, soit largement plus que les 200 millions de tonnes qui s'échangent aujourd'hui sur le marché mondial (solvable...).

LE DÉFICIT ALIMENTAIRE EST INÉLUCTABLE

Ce déficit apparaît inéluctable, même si l'on maintient la production à son niveau actuel. Or, elle est en baisse. Pour Gordon Conway, recteur de l'université du Sussex (Grande-Bretagne), le déficit alimentaire sera donc encore bien plus important : 700 millions de tonnes de céréales – sur la base de 3 000 calories par jour pour chaque habitant, la moyenne actuelle des pays riches étant de 3 500 calories (2). C'est l'Afrique subsaharienne et

Coll. Soazty/Explorer

(1) L'IFPRI (International Food Policy Research Institute) est l'un des 17 centres internationaux de recherche du Groupe consultatif pour la recherche agricole (CGIAR).

(2) *Une Agriculture durable pour la sécurité alimentaire mondiale*, éd. Cirad.

■ ■ ■ l'Asie du Sud qui connaîtront la situation la plus alarmante : le déficit alimentaire y atteindrait respectivement 214 et 255 millions de tonnes de céréales (voir la carte ci-contre).

Comment satisfaire ces besoins futurs, alors que la pêche intensive

75 % des céréales sont consommées par les bêtes

voit ses captures plafonner à 90 millions de tonnes par an, et que le taux de croissance de l'agriculture mondiale ralentit ? De 3 % par an dans les années soixante, il est tombé à 2 % aujourd'hui et devrait être de 1,8 % d'ici à 2010. Au milieu des années quatre-vingts, la production agricole mondiale par habitant a même cessé de croître, pour la première fois depuis trois décennies.

Le taux d'accroissement démographique moyen étant de 1,5 % par an (taux régulièrement revu à la baisse), la Terre, en 2025, aura environ 8,3 milliards d'habitants ; 7 milliards d'entre eux vivront dans

les pays en voie de développement ⁽³⁾, dont 1,5 milliard en Chine (pour 1,2 aujourd'hui) et 1,3 milliard en Inde (pour 844 millions).

Mais le plus grand bouleversement aura lieu dans l'Afrique subsaharienne, où, selon l'hypothèse la plus haute, la population va plus que doubler en trente ans, passant de 600 millions d'habitants à 1,42 milliard. Le taux de croissance démographique (3 % par an, le record mondial) y est supérieur au taux de croissance de la production agricole (2 % par an), le plus faible du monde. La production vivrière par habitant y est même largement inférieure à ce qu'elle était en 1975, au début de la grande sécheresse du Sahel.

Comment nourrir ces populations ? Une nouvelle "révolution verte" est-elle possible ? On se souvient que, en 1964, celle-ci a sorti l'Inde de ses famines successives. Basée sur de nouvelles variétés de blé et de riz à haut rendement, sur l'utilisation d'engrais et sur l'irrigation de terres à potentiel élevé, elle exigeait surtout une forte détermination politique.

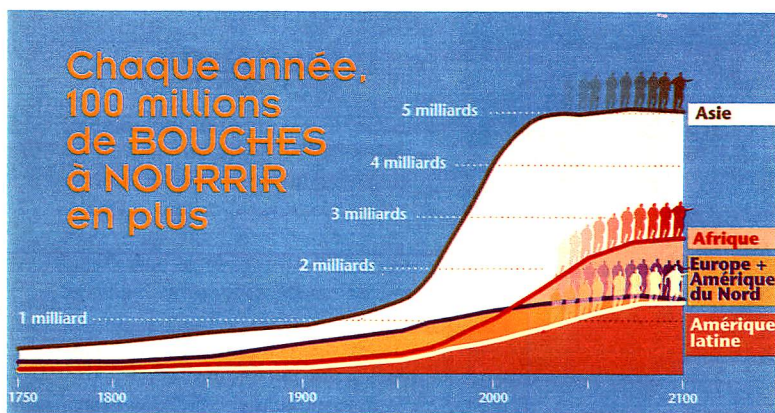
Rien de tel en Afrique, où la "révolution blanche", celle du coton, a

tout au plus accru les revenus de quelques pays exportateurs – au prix d'une consommation outrancière d'insecticides (la moitié de la production mondiale est dévorée par le coton). Résultat : les produits alimentaires constituent toujours un cinquième des importations africaines, et quinze pays, faute de revenus suffisants, auront probablement besoin, en 2020, de 60 à 80 millions de tonnes de céréales gratuites. Qui fournira cette aide alimentaire ?

L'OCCIDENTAL, ROI DU "GASPILLAGE"

Les stocks mondiaux de céréales sont aujourd'hui inférieurs à la réserve de sécurité, estimée à deux mois de consommation. La demande de céréales des pays développés a atteint son maximum : chaque Occidental consomme quelque 630 kg de céréales par an et 80 kg de viande. Absorbant 40 % de calories d'origine animale, l'Occidental est le modèle le plus "gaspilleur" (voir l'encadré ci-contre). Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les projections de la FAO prévoient que la production moyenne de céréales (riz compris) par habitant ne passera en Occident que de 690 à 720 kg d'ici à 2010.

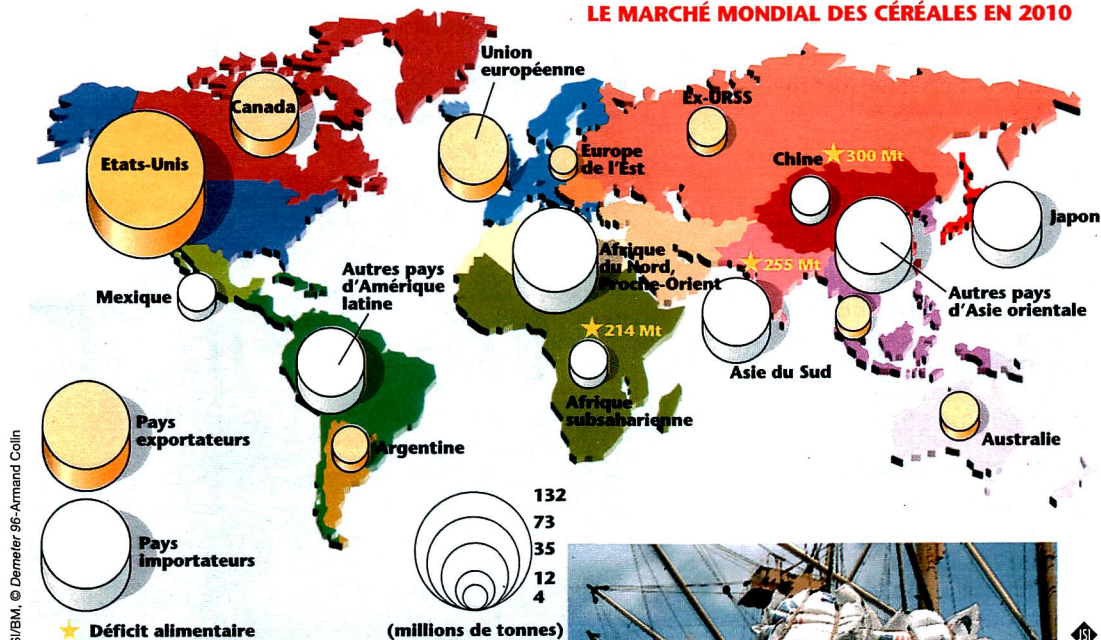
La relative stagnation de cette même production (de 210 à 230 kg) dans les pays en voie de développement est plus inquiétante. D'autant plus qu'une part croissante des céréales sera consommée par les animaux. Car – c'est une règle – l'urbanisation et l'augmentation du revenu (en Inde et en Chine, un citoyen est de trois à quatre fois plus riche qu'un rural) entraînent un accroissement de la consommation de viande, ce qui stimule son importation ou l'essor des élevages industriels ("ateliers" de porcs, de volailles). Dans les pays riches, les animaux consomment 75 % des céréales produites,



La population mondiale connaît son plus fort taux de croissance en Afrique subsaharienne : elle passera de 600 millions de personnes aujourd'hui à plus de 1,2 milliard en 2025. C'est également là que la malnutrition est la plus fréquente (elle touche une personne sur trois). Mais, dans l'absolu, le plus grand nombre de gens mal nourris vit en Asie, (en milieu rural, chez les "paysans sans terre"), continent qui reste de loin le plus peuplé.

(3) *Population et Sociétés*, août 1995, Institut national d'études démographiques.

LE MARCHÉ MONDIAL DES CÉRÉALES EN 2010



Qui va veiller au GRAIN ?

Les importations de céréales des pays en développement devraient passer de 90 Mt en 1990 à 210 Mt en 2010. Mais leur augmentation ne suffira pas à combler le déficit prévu en Afrique subsaharienne, en Chine ou en Asie du Sud. L'aide alimentaire (ci-contre, en Somalie), aujourd'hui de 10 Mt, devrait alors s'élever à 80 Mt. Une goutte d'eau, face aux besoins...



Steele-Perkins/Magnum

contre moins de 25 % dans les pays à faibles revenus. La production de ces céréales dites "secondaires" (blé fourrager, maïs, sorgho...) va passer, selon la FAO, de 154 millions de tonnes aujourd'hui à 327 millions d'ici à quinze ans. L'Indonésie défriche actuellement 600 000 hectares de forêt pour cultiver, à faible rendement, du soja destiné à nourrir des poulets.

TROUVER DE NOUVELLES TERRES ARABLES

Car, partout, la terre cultivable se fait rare. En Asie, au Proche-Orient, en Afrique du Nord, il n'y a pas (ou guère) de nouvelles terres à conquérir. Sur la "réserve" de 1,8 milliard d'hectares recensés par les experts dans les pays en voie de développement (Chine non ■■■■

LES CALORIES INÉGALES

Dans les pays riches, on consomme en moyenne 3 500 calories par jour, contre 2 000 dans les pays pauvres. Mais l'écart est encore plus grand si l'on prend en compte l'origine de ces calories. Il faut de 5 à 8 kg de nourriture équilibrée pour permettre à un porc de fournir 1 kg de tissu musculaire, soit environ 180 g de protéines. « En France, pour 1 calorie finale consommée, il faut compter un peu plus de 9 calories initiales », explique Louis Malassisi, président d'Agropolis-Museum, un musée de Montpellier consacré à l'approche culturelle de l'alimentation à travers l'histoire et le monde.

Cette perte de rendement reflète les différentes transformations : de calories végétales en calories animales (7 pour 1), de calories agricoles en calories industrielles, de calories industrielles en calories dans l'assiette du consommateur.

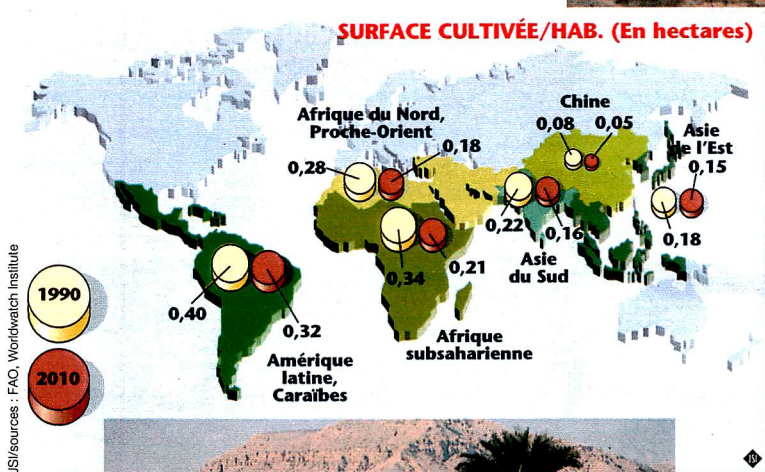
Fort heureusement, il y a autant de modèles de consommation alimentaire que de types de société, et les pays, lorsqu'ils se développent, n'adoptent pas tous le modèle occidental. En Egypte, par exemple, la ration calorique atteint 3 300 calories par jour, sans dépasser 18 kg de viande et 360 kg de céréales par an – probablement grâce au régime méditerranéen, qui inclut fruits, légumes et oléagineux. Le riz reste l'aliment essentiel de 3 milliards de personnes dans le monde. Mais 30 % des captures de la pêche sont aujourd'hui détournées de la consommation humaine directe au profit de l'élevage (aquaculture comprise) et de l'industrie.

comprise), 92 % se trouvent en Afrique subsaharienne et dans la zone Amérique latine-Caraïbes. Ce sont, pour l'essentiel, des forêts, des espaces protégés (tels que les parcs nationaux), des régions à relief ou à nature de sol difficiles. L'Afrique subsaharienne pourra tabler, d'ici à 2010, sur 42 millions d'hectares de terres arables supplémentaires, et l'Amérique latine, sur 27 millions. Mais, là comme partout, la superficie exploitée par habitant diminuera. En Asie, de 0,18 ha en 1990, elle passera à 0,15 ha en 2010 et à 0,09 en 2025 !

ATTENTION, FRAGILE !

La Chine, qui compte 20 % de la population mondiale et dispose de seulement 7 % des terres arables, voit ses terres les plus fertiles, sur la bande côtière, sollicitées par les villes (elles comptent déjà plus de 350 millions de citadins), les routes, les industries. Plus de 15 millions d'hectares cultivables ont été convertis à d'autres usages durant les trente dernières années. La demande chinoise de céréales pourrait devenir explosive, soutenue par une consommation moyenne de viande qui atteindra 40 kg par an et par personne en l'an 2000. Lester Brown, directeur du Worldwatch Institute, à Washington (*), lance un cri d'alarme. Non seulement la terre agricole se raréfie, mais elle perd son potentiel !

De fait, une proportion importante des terres cultivées est fragile : terres arides ou semi-arides, en forte pente, à sol pauvre, pierreux... Une fragilité aggravée par la déforestation, le surpâturage, et les monocultures qui artificialisent le sol et le laissent à nu une partie de l'année. En Afrique subsaharienne, la sous-utilisation des engrais (de 4 à 12 kg par hectare et par an) épuise les éléments nutritifs des sols. Ailleurs, les systèmes de culture ne protègent plus la terre : les quantités de sols annuellement perdus dans les zones vallonnées du Nord de la Thaïlande passent de moins



La TERRE, peau de chagrin

Partout dans le monde, la surface cultivable diminue. En Egypte (photo ci-dessus), l'agriculture subtropicale irriguée, l'une des plus intensives qui soit, ne peut plus s'étendre dans les régions désertiques bordant la vallée du Nil. De plus, les zones les plus fertiles y fondent chaque année de 10 000 ha, au profit des villes, des routes, etc. Ailleurs, la déforestation est une réponse à court terme. En Haïti, 98 % de l'île était boisée en 1942, contre 2 % seulement aujourd'hui. Un artiste (Raymond Dorelans, photo ci-contre) a peint le paradis perdu...

de 50 tonnes par hectare en système traditionnel (riz inondé et palmier à sucre) à 350 tonnes par hectare pour les nouvelles cultures de rente (choux, asperges vertes, maïs, soja, vergers...) (†).

TANT VA LA CRUCHE À L'EAU...

En zone irriguée, comme l'eau est peu payée, parfois gratuite – voire subventionnée –, elle est gaspillée : 60 % de celle-ci ne sert qu'à engorger les sols ou bien s'évapore, faisant remonter les sels minéraux à la surface (salinisation). Ce fléau

affecte le quart des terres irriguées.

Où trouver l'eau nécessaire ? Il en faut 50 000 litres pour un quintal de blé, 200 000 litres pour un quintal de riz. Mais, employée pour de multiples usages (agriculture, industrie, vie ménagère), elle se fait rare et chère. En Inde, les disponibilités en eau sont passées de 5 000 m³ par habitant et par an en 1955 à environ 2 500 m³ en 1990, et elles devraient tomber à 1 500 m³ en 2025. L'irrigation est,

(*) *Who Will Feed China ?* Lester Brown, éd. Norton.

(†) Guy Trebil, revue *Tiers monde*, n° 134.



J. C. Francolas/Gamma

à l'échelle mondiale, la première activité consommatrice d'eau, aux conséquences parfois dramatiques. La mer d'Aral, en Asie centrale, s'est rétrécie de près de moitié à la suite de l'irrigation irresponsable des monocultures de coton établies dans les années soixante. Depuis cette catastrophe, on tente d'enrayer la chute des rendements du coton en augmentant les doses d'engrais. En vain. On accentue seulement la pollution des nappes souterraines. Le fleuve Jaune, en Chine, s'est asséché cette année à 600 km de son embouchure !

L'utilisation des eaux souterraines "fossiles" atteint, elle aussi, des proportions dramatiques. En Jordanie, au rythme d'exploitation actuel, elles risquent d'être épuisées dans quarante ans. Et la nappe

pe aquifère sous les grandes plaines céréalières du Midwest, aux Etats-Unis, pourrait ne durer que vingt ans... En Inde, les paysans creusent des puits de plus en plus profonds : la nappe phréatique baisse, car l'eau de ruissellement s'infiltre de moins en moins, glissant sans stagner sur les pentes déboisées, les sols appauvris en matière organique et les surfaces bétonnées.

L'extension des zones irriguées va se ralentir, faute de crédits, car les meilleurs sites ont été exploités. Mais elle concernera, sécurité alimentaire oblige, 23 millions d'hectares supplémentaires d'ici à 2010. Les nuisances qui accompagnent l'intensification des cultures ont donc encore de beaux jours devant elles. En quinze ans, la consommation de pesticides a déjà été

multipliée par 19 en Thaïlande.

Les deux tiers de l'azote apporté au riz irrigué ne sont pas utilisés par la plante. Pourtant, la consommation moyenne d'engrais par hecta-

Des zones fertiles sont sacrifiées aux villes

re dans les nouveaux pays industrialisés (Thaïlande, Taïwan, Corée du Sud, Malaisie, Indonésie, Philippines) a rejoint celle des pays développés, de même que... la pollution par les nitrates. En Thaïlande, les lisiers des élevages industriels eutrophisent les cours d'eau, où la jacinthe d'eau prolifère, gênant la



navigation. La déforestation y a atteint un seuil critique, tout comme au Vietnam, au Népal, à Haïti, en Ethiopie et au Brésil.

La faim : un problème de répartition des revenus

Une seule solution : la recherche. Mais, face à ces sombres perspectives, la tâche des chercheurs est complexe. Il ne s'agit plus de livrer clefs en main des variétés de plantes à haut rendement... avec un mode d'emploi que le paysan n'a pas forcément

les moyens d'appliquer. La simple diffusion de l'information – par exemple, les techniques d'avertissement agricole – suffit à réduire l'utilisation des pesticides. La télédétection, elle, pourrait aider à trancher entre des données divergentes. Ainsi, la surface cultivable au Burkina Faso est-elle de 8,9 millions d'hectares (estimation FAO) ou de 4 millions (estimation Cirad) (*) ?

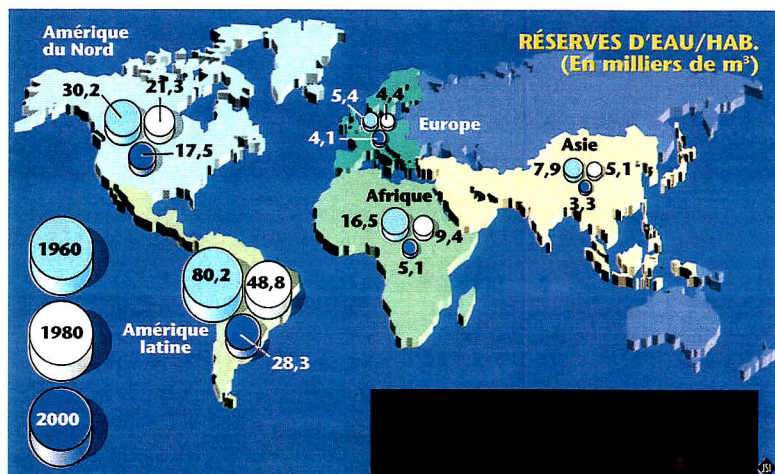
Les plantes "orphelines", espèces vivrières jusqu'ici négligées par la recherche et par les économistes, méritent aussi plus d'attention. Ce sont les céréales autres que le riz, le blé ou le maïs (mil, sorgho, quinoa...), les tubercules et les racines (manioc, igname, patate douce, banane plantain), les légumineuses (haricots, pois

L'ESPOIR DU

Le riz est la nourriture de base de plus de la moitié de la population mondiale. Cultivée de l'équateur jusqu'à la latitude de 50° nord, du niveau de la mer à 2 000 m d'altitude, cette plante vivrière domestiquée depuis des millénaires pousse les pieds dans l'eau. Les milliers de variétés cultivées appartiennent principalement à l'espèce *Oryza sativa*, présente sur toute la planète ; l'espèce *Oryza glaberrima* reste limitée au continent africain.

Les variétés traditionnelles sont de haute taille (1,50 m environ, et jusqu'à 6 m). Laissés aux caprices de la nature, le riz "pluvial" a des rendements variables : de 1 à 3 tonnes par hectare. On ne le récolte qu'une fois par an, car il est sensible à la variation de la longueur du jour. Les variétés, très recherchées en Occident, de riz parfumés, basmati du Pakistan et khao dok mali (fleur de jasmin) de Thaïlande, font partie des riz pluviaux. Les variétés les plus productives, sélectionnées dans la sous-espèce *japonica*, ont un rendement de 5 tonnes par hectare.

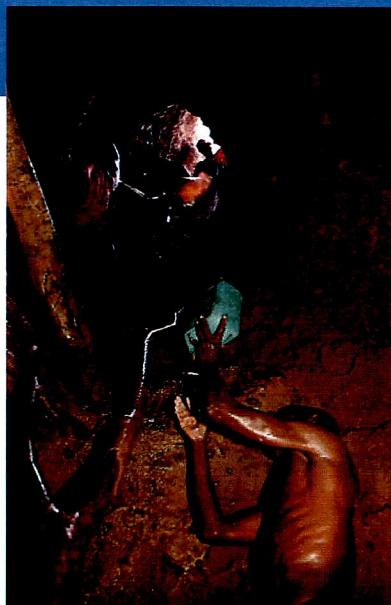
Pour pallier le manque de surface cultivable en



L'EAU aussi se fait RARE...

Surexploitation de la nappe phréatique, forages de plus en plus profonds, salinisation et pollution de l'eau...

Les ressources en eau diminuent, et la compétition s'accroît. Dans les pays pauvres, l'agriculture utilise 91 % de l'eau consommée, contre 5 % pour l'industrie et 4 % pour les ménages (ci-contre, un puits au Kenya). Dans les pays riches, ces valeurs sont respectivement de 39, 47 et 14 %.



JSI/source : FAO

P. Maitre/Cosmos

chiche, lentille). A eux seuls, les féculents constituent plus de 40 % de la ration calorique des Africains. Ces plantes orphelines, adaptées aux zones les plus pauvres, sont des réserves de biodiversité où l'on cherchera demain les gènes d'adaptation aux milieux hostiles (froid, sécheresse, submersion...). Les biologistes moléculaires fondent de grands espoirs sur la localisation des gènes intéressants, qui permettra de déter-

SUPER-RIZ

Asie, et pour mettre fin aux famines qui sévissaient en Inde, il fallait augmenter les rendements. Un institut d'amélioration du riz, l'IRRI (International Rice Research Institute), fut créé à Los Banos (Philippines) par les fondations Ford et Rockefeller. En 1964, l'IRRI a sélectionné des variétés *indica* (l'autre sous-espèce d'*Oryza sativa*) demi-naines (80 cm), non photosensibles et à haut rendement en culture irriguée : de 8 à 10 tonnes par hectare.

Depuis "IR 8", première arme de cette "révolution verte", le rendement n'a pas fait de bond ; les progrès ont plutôt porté sur la précocité (maturité rapide pour permettre plusieurs cultures par an), la résistance aux maladies, etc. La Chine, bientôt suivie par l'Inde, le Japon, les Etats-Unis et le Brésil, s'est donné une longueur d'avance en sélectionnant des riz hybrides, pour lesquels il faut cependant se procurer des semences à chaque semis (le riz, comme le blé, est une plante qui s'autoféconde, et l'intervention d'un sélectionneur est nécessaire pour créer des semences hybrides). Aussi le grand espoir est-il désormais le

"super-riz" de l'IRRI.

Partis d'un objectif précis – accroître le rendement de 25 % par rapport à celui du riz irrigué –, les chercheurs ont fourni les critères de la plante idéale à un ordinateur, qui a



Photos P. Avenurier/Gamma



A défaut de pouvoir s'étendre, les cultures doivent continuer à s'intensifier. Le pari des sélectionneurs de variétés de riz est de trouver la plante idéale : productive, résistante, mais moins gourmande en eau d'irrigation.

modélisé l'"idéotype" de rêve : une plante trapue, aux racines vigoureuses, aux larges feuilles, dotée de 8 à 10 tiges terminées en panicules (épis) longues, portant 200 grains plutôt que 100.

L'idée de génie du sélectionneur de l'IRRI, Gurdev Khush, fut d'aller chercher le géniteur chez les *japonica* plutôt que chez les *indica*. Après un millier de croisements, il a trouvé les parents du prodige dans le groupe des bulus (riz d'Indonésie). Le super-riz est là,

conforme au modèle mathématique, mais il a quelques défauts de jeunesse : sensibilité aux insectes et aux maladies, et surtout un problème de remplissage des grains, qui exigent trop de temps pour mûrir à la température basse des tropiques humides où l'on est censé le cultiver. Il ne sera donc pas tout de suite dans les champs.

L'IRRI a deux autres rêves. L'un est de transférer la capacité de reproduction asexuée (sans père, ou apomixie) de certaines espèces

(maïs, mil) aux meilleurs riz cultivés. L'autre est de donner au riz la faculté de "fabriquer" des mycorhizes, petites excroissances racinaires où se logent des bactéries capables de fixer l'azote de l'air, comme le font les légumineuses (pois, soja, haricots...).

Une véritable course contre la montre est engagée, car, pour parvenir à nourrir sa population, l'Asie devra produire 70 % de riz en plus sur la même surface cultivée d'ici à trente ans.

miner plus rapidement quelle plante il est bon de sélectionner (voir l'encadré ci-dessus).

UN PARI AMBITIEUX

Stabiliser les rendements, étendre les progrès dans les zones défavorisées, tout en respectant l'environnement, tel est le pari ambitieux de la "révolution doublement verte" à laquelle s'attellent les chercheurs (7). Elle se veut durable, et équitable, car nul

n'ignore que la faim est surtout un problème d'accès à la nourriture et de répartition des revenus. Enfin, le développement devra être source d'emplois dans ces pays où la population vivant de l'agriculture représente encore plus de 60 % des actifs (8).

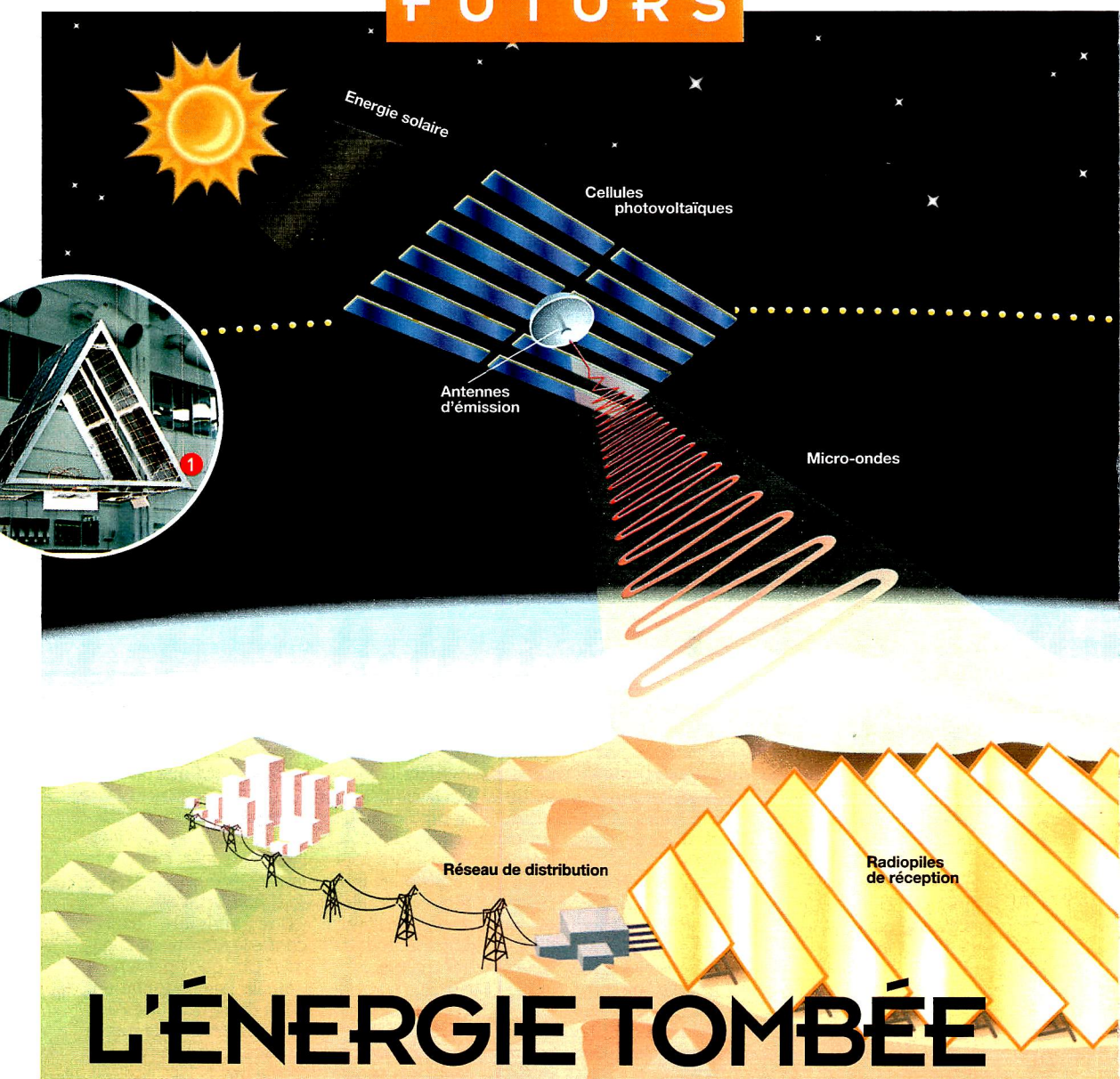
(6) Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.

(7) Thème d'un séminaire international organisé par le Cirad en novembre 1995.

(8) De 2 à 5 % seulement dans les pays riches.

POUR EN SAVOIR PLUS

- *La Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture*, 1995, FAO.
- *Agriculture mondiale, Horizon 2010*, éd. Polytechnica.
- *Demeter 96, Economies et Stratégies agricoles*, éd. Armand Colin.
- "Des lendemains sans faim ?" *Courrier de la planète* n° 29, éd. Solagral.
- *L'Etat de la planète 95-96*, éd. La Découverte.



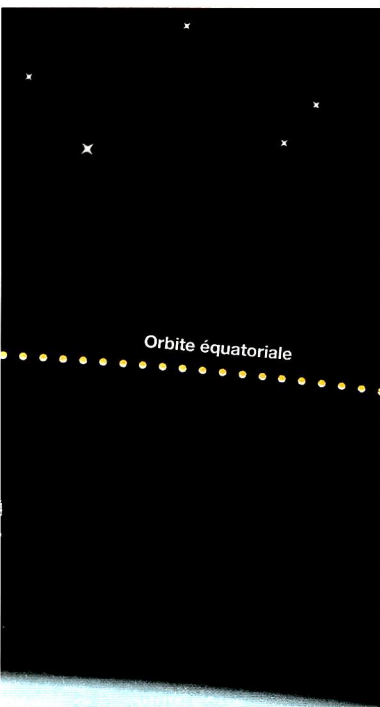
L'ÉNERGIE TOMBÉE DU CIEL

■ Produire plus d'énergie sans accroître la pollution : c'est le défi du prochain millénaire. Le Soleil dispense une énergie "propre" et inépuisable, mais comment la récupérer ? Les Japonais ont imaginé une centrale solaire en orbite !

Par Pierre Poix

La première maquette fonctionnelle illustrant le principe du transport d'énergie sans fil (TESF) vient d'être exposée au musée agricole Stella Matutina de la Réunion.

Le concept du TESF a vu le jour aux Etats-Unis dans les années soixante. On savait déjà utiliser les cellules photovoltaïques pour transformer l'énergie solaire en électricité, et l'on pensait lancer des centrales solaires dans l'espace pour récupérer l'énergie inépuisable du



Orbite équatoriale

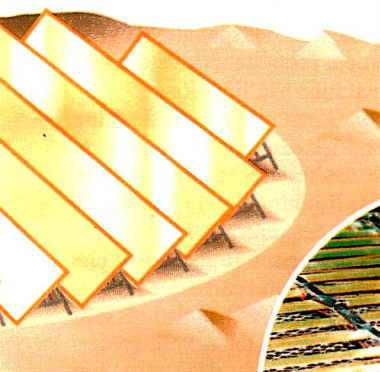
cro-ondes, dérivés eux-mêmes des radars. Car, si les ondes émises par un four à micro-ondes sont transformées en chaleur au sein des aliments, on peut aussi les convertir directement en électricité.

LA CENTRALE DE L'AN 2000

Américains et Russes s'intéressent à la question depuis plus de trente ans, mais ce sont les Japonais qui avancent le plus vite. Les chercheurs de l'Institute for Space and Astronautical Science (ISAS), à Sagami-hara, étudient le projet SPS 2000 (Space Power System),

Du SOLEIL sur le secteur

Captée par les cellules en silicium du panneau photovoltaïque ①, l'énergie solaire est amplifiée puis envoyée vers la Terre, sous forme de micro-ondes, par un réseau d'antennes. Au sol, la réception est assurée par des panneaux ② de radiopiles ③. Chaque radiopile est composée d'une antenne en H et d'une diode ④ qui transforme les micro-ondes en courant continu. Il ne reste plus qu'à acheminer cette électricité par le réseau de distribution.



JSI

Soleil. Il ne restait plus qu'à trouver le moyen de ramener cette énergie sur Terre.

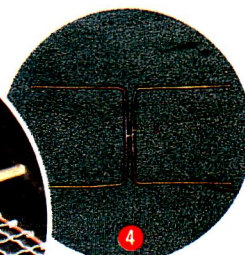
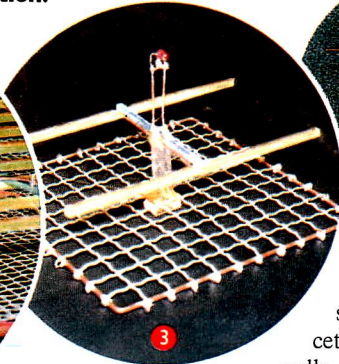
Pour cela, une solution consistait à passer par les ondes électromagnétiques. Utilisées depuis longtemps dans les domaines de la détection (radar) et de la communication, elles ont été employées, plus récemment, dans celui de la recherche (lasers) et aussi dans l'industrie, pour les fours à mi-

cro-ondes, qui prévoit de placer, en l'an 2000, une centrale solaire de 10 000 kW sur une orbite équatoriale située à 1 100 km d'altitude. SPS 2000 permettra de cerner les difficultés techniques qui pourraient apparaître lors de la réalisation des stations solaires spatiales de l'avenir.

Le panneau solaire, recouvert de cellules photovoltaïques souples en silicium polycristallin, fournit une puissance d'environ 15 W. Cette énergie est récupérée par un oscillateur et par un amplificateur de micro-ondes, qui transmettent un flux de 1 W (à une fréquence de 2,45 GHz) à un réseau d'antennes dirigées vers la Terre.

Au sol, la réception est assurée par des radiopiles, qui se composent d'une antenne pour détecter les micro-ondes et d'une diode pour les transformer en courant continu. L'énergie électrique ainsi obtenue est alors introduite dans un réseau de distribution comprenant une pompe à eau, un ventilateur de réfrigération et un système d'éclairage composé de 28 diodes LED.

Après avoir sélectionné la diode qui présentait le meilleur rapport qualité-prix (la NEC 1SS97), les chercheurs japonais ont opté pour une radiopile à une seule diode, et conçu une antenne originale, un double dipôle en cuivre en forme de H, afin d'augmenter la tension disponible.



Photos G. Pignolet

Pour familiariser le public avec cette technologie nouvelle, les chercheurs ont réalisé une maquette, exposée au Japon puis à la Réunion.

Cette petite île de l'océan Indien présente en effet de grandes similitudes avec le Japon : elle ne possède aucune ressource minière et doit importer le fuel et le charbon qui alimentent ses centrales électriques. D'autre part, sa structure géologique est si accidentée que

■ ■ ■ certaines régions sont totalement isolées : elles ne possèdent ni routes ni réseau électrique, et leurs habitants doivent se contenter de quelques panneaux solaires pour alimenter des batteries qui font tourner un équipement minimal.

PROBLÈMES DE SÉCURITÉ

Dès lors, pourquoi ne pas profiter de ces conditions naturelles pour conduire une expérimentation grandeur nature ? A la Réunion, le site de Grand Bassin, surplombé par des falaises à pic de plusieurs centaines de mètres, constitue un emplacement de choix. Il suffit d'acheminer une ligne électrique à moyenne tension jusqu'au bord du cirque et d'installer, à flanc de falaise, une antenne d'émission qui transmettra un faisceau de micro-ondes en direction du village, 700 m plus bas.

Cette transmission d'énergie ne pose pas de problème, puisque les télécommunications la pratiquent depuis longtemps. Mais il s'agit dans ce dernier cas de faibles densités d'énergie ; le transport de fortes puissances est infiniment plus délicat. Pour ce qui est de l'émission et de la réception, « il n'y aurait pas de difficulté si l'on pouvait focaliser énormément d'énergie en un point », précise le docteur Jean-Daniel Lan Sun Lunk, responsable du département de physique de l'université de la Réunion. « Mais, pour des raisons de sécurité, les densités de puissance autorisées doivent être faibles. »

Dans ce domaine, la réglementation française est draconienne : elle ne permet pas de dépasser 5 mW/cm^2 . Pas question d'émettre dans la nature un faisceau de micro-

ondes capable de rôtir un oiseau en vol ! Au centre de l'antenne de réception, la puissance dégagée doit obligatoirement être inférieure à celle d'un rayon de soleil.

Le problème majeur est celui de la taille des antennes : plus les puissances émises sont faibles, plus les antennes doivent être grandes. Et, même si la norme passait à 25 mW/cm^2 (soit le quart de la puissance solaire reçue au sol), il faudrait construire des antennes d'une dizaine de kilomètres de diamètre (!) pour récupérer une puissance de 5 000 MW (l'équivalent d'une centrale nucléaire).

QUEL IMPACT SUR LE SITE ?

Les conséquences pour le site sont considérables. D'où la nécessité d'une intégration totale. « Le fondu harmonieux des éléments d'une liaison TEF dans le cadre paysager constitue le point essentiel d'un tel projet », reconnaît Guy Pignolet, chargé de mission au Centre national d'études spatiales (CNES) et ardent promoteur de cette expérimentation à la Réunion.

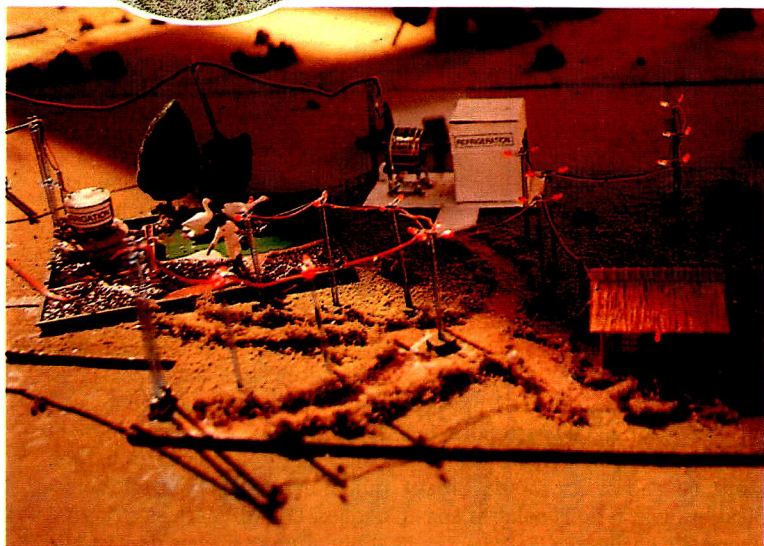
Pour l'instant, aucune décision n'est prise. Guy Mairesse, responsable des services techniques EDF de la Réunion, reste prudent : « L'idée des centrales solaires spatiales repose sur l'utilisation d'une énergie gratuite, parce que les rendements de telles installations sont extrêmement faibles. Pour préserver l'avenir, il faudrait anticiper une forte augmentation de la demande ; donc prévoir des antennes de réception surdimensionnées, c'est-à-dire réaliser un investissement beaucoup plus élevé, avec un impact sur l'environnement encore plus grand. »

Les Japonais ne se posent plus ce genre de question. S'apprêtant à lancer leur SPS 2000 à l'aube du prochain siècle, ils travaillent déjà au projet suivant, qui consistera à placer en orbite au-dessus de Tokyo, dans moins de cinquante ans, une centrale solaire destinée à alimenter en électricité la capitale. ■



Un TEST grandeur nature

La transmission d'énergie sans fil (ci-dessous, la maquette du procédé) pourrait être expérimentée à la Réunion. Le site de Grand Bassin (ci-contre) offre toutes les conditions requises, notamment une cascade permettant de refroidir les éléments de réception de l'antenne.



Photos P. Poix

Choisissez votre formule d'abonnement à SCIENCE & VIE

1ère FORMULE

NOUVEAU

PRELEVEMENT
Seulement 56,50 francs
par trimestre

LES 5 AVANTAGES DE
MON ABONNEMENT " LIBRE DUREE " :

1 Une formule économique

SCIENCE & VIE est livré chaque mois à mon domicile, à un prix inférieur au prix de vente en kiosque.

2 Un prix garanti

En m'abonnant, je suis préservé des augmentations de prix pendant au moins un an.

3 Un paiement échelonné

Chaque trimestre, 56,50 francs seulement sont automatiquement prélevés sur mon compte.

4 Je choisis la durée

A tout moment, je me réserve la liberté de résilier mon abonnement par simple lettre, et les prélèvements seront stoppés aussitôt.

5 J'en profite même en vacances

Je fais suivre mon abonnement à SCIENCE & VIE sur mon lieu de vacances, sans aucun frais supplémentaire.

2ème FORMULE

PAIEMENT UNIQUE
226 francs*
1 an - 12 numéros



NE TARDEZ PAS ET REMPLISSEZ AU PLUS VITE
LE BULLETIN CI-CONTRE

OUI

je m'abonne dès aujourd'hui
à SCIENCE & VIE :

1ère FORMULE
je ne paierai que

56,50 francs par trimestre, par
prélèvement sur mon compte bancaire
ou postal, et je remplis l'autorisation
de prélèvement ci-contre ainsi
que la grille adresse ci-dessous.

2ème FORMULE

Je remplis la grille ci-dessous
accompagnée de mon règlement par
chèque bancaire ou postal
à l'ordre de Science & Vie

ADRESSE DE RECEPTION
DE MON ABONNEMENT

NOM _____
PRENOM _____
ADRESSE _____
CODE POSTAL _____
VILLE _____

*Au lieu de 276 francs prix de vente au numéro
contenue dans le 1er numéro de SCIENCE & VIE, vous disposez d'un droit de priorité sur les
numéros suivants et vous pouvez vous procurer les autres numéros de SCIENCE & VIE à un
prix inférieur au prix de vente au numéro. Si vous ne souhaitez pas, il vous suffit de nous en
faire part dans un délai de 15 jours à compter de la date de réception de votre premier numéro.

BULLETIN D'ABONNEMENT A SCIENCE & VIE

à retourner à SCIENCE & VIE - 1, rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris Cedex 15

Autorisation de prélèvement

1 TITULAIRE DU COMPTE A DEBITER

NOM _____
PRENOM _____
ADRESSE _____
CODE POSTAL _____
VILLE _____

2 COMPTE A DEBITER

ETABLISSEMENT _____ codes _____ GUICHET _____
N° DU COMPTE _____ CLE RIB _____

J'autorise l'établissement teneur de mon compte à prélever
sur ce dernier le montant des avis de prélèvement trimestriels
présentés par SCIENCE & VIE. Je vous demande de faire
apparaître ces prélèvements sur mes extraits de compte
mensuels. Je m'interdis d'opérer à SCIENCE & VIE pour
tout ce qui concerne le fonctionnement de mon abonnement.

Nom et adresse de l'organisme créancier
SCIENCE & VIE - 1, rue du Colonel Pierre Avia
75503 Paris Cedex 15

N° national d'émetteur : 415137

Comment bien
remplir
votre
autorisation de
prélèvement

1 : Indiquez les nom,
prénom, et adresse
du débiteur

2 : Indiquez les
coordonnées de votre
relevé d'identité
bancaire ou postal

3 : Indiquez le nom
et l'adresse de votre
agence bancaire et
joignez votre R.I.B.

3 ETABLISSEMENT TENEUR DU COMPTE A DEBITER

ETABLISSEMENT _____
ADRESSE _____
CODE POSTAL _____
VILLE _____

DATE ET SIGNATURE OBLIGATOIRES :

OFFRE VALABLE
JUSQU'À FIN 1996 ET RÉSERVÉE
À LA FRANCE MÉTROPOLITAINE

OFFRE VALABLE UNIQUEMENT DANS LE CADRE D'UN PREMIER ABONNEMENT A SCIENCE & VIE

C'EST DÉJÀ DEMAIN!

par Philippe Chambon



Si Balzac avait transmis son œuvre sur disquette il nous aurait fallu l'ordinateur et le logiciel qui allaient avec pour la déchiffrer.

D. Vo Trung/Eurelios

INFORMATIQUE & SOCIÉTÉ

LE PAPIER

AU SECOURS DE NOS CONNAISSANCES

Le magazine allemand *Spektrum der Wissenschaft* révélait récemment que la liste des victimes de la guerre du Vietnam, conservée sur des bandes magnétiques "antédiluviennes", aurait pu être définitivement perdue si des informaticiens ne l'avaient pas transférée *in extremis* sur des disquettes plus modernes. Néanmoins, le même problème risque de se reproduire dans cinquante ans : ces disquettes ne seront-elles pas illisibles par les ordinateurs en 2050 ? Sans

compter qu'elles seront peut-être endommagées par le temps.

A l'heure où la durée de vie d'un logiciel n'excède pas quelques années, où certains possesseurs de micro-ordinateurs ne trouvent plus de pièces de

rechange un an après leur achat, où des générations entières d'ordinateurs sont déjà obsolètes six mois après leur arrivée sur le marché, on peut se demander sous quelle forme doivent être conservées nos connaissances. En

définitive, le papier ne serait-il pas le meilleur support pour transmettre l'information aux générations futures ? En tout cas, si l'informatique est retenue, il serait opportun de conserver, outre les disquettes, l'ordinateur utilisé.

Marines et golden boys : même combat

■ Etant donné les batailles économiques que les *as de la finance* se livrent chaque jour à Wall Street, ils pourraient avoir les qualités requises pour mener à bien les guerres de demain : en particulier la capacité de prendre des décisions au milieu d'un foisonnement d'informations contradictoires. En décembre dernier, l'état-major a donc confronté les officiers des marines à des simulations boursières et des *golden boys* à des simulations guerrières. Les militaires décideront si l'apprentissage du métier de *trader* est un bon entraînement pour leurs troupes.

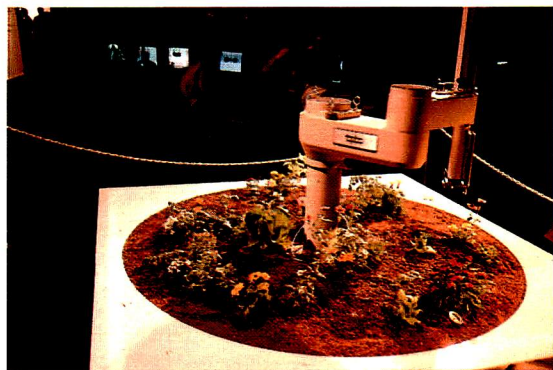
INTERNET

LE CYBERJARDIN

Sans doute parce qu'ils broyaient du noir, des informaticiens de l'Université Sud Californienne d'Ingénierie se sont mis au vert : ils ont inventé le cyberjardin.

Un bras robotisé, commandé uniquement *via* Internet, surplombe et entretient un jardin circulaire réel d'environ 2 mètres de diamètre, planté au sein de l'univer-

sité californienne. Imaginez que vous êtes abonné au "Téléjardinage" : sur l'écran de votre ordinateur, vous voyez apparaître une image du jardinet et, en cliquant sur telle ou telle parcelle, vous pouvez déplacer le robot, commander l'arrosage de vos tulipes ou les semences de vos pommes de terre. Attention ! Pour éviter que le téléjardin ne soit complètement immer-



P. Menzel/Cosmos

gé sous l'arrosage intensif de 50 cyberjardiniers, qui auraient eu la mauvaise idée de se connecter en

même temps, la quantité d'eau déversée est limitée à une cuillerée à café par personne. D'ailleurs, quand le site du cyberjardin californien sera saturé, d'autres espaces verts du même acabit pourraient voir le jour.

TÉLÉMÉDECINE

L'UBIQUITÉ MÉDICALE

■ Imaginons que vous êtes parisien, en vacances à Londres. Soudain, vous tombez malade. Votre médecin parisien, mis au courant, envoie votre dossier médical au praticien londonien que vous avez consulté. Celui-ci reçoit – en anglais – toutes les informations pertinentes concernant votre cas. Il se trouve que vous êtes atteint d'un mal que seul un spécialiste italien est capable de soigner. Celui-ci peut, à son tour, consulter votre dossier, en italien et en direct, tout en discutant avec son confrère anglais. Ce scénario sera bientôt réalisable grâce au projet GEHR, "Good European Health Record" (pour Bon dossier médical européen). Les informations médicales concernant les patients européens seront stockées et pourront être récupérées dans n'importe quelle langue par d'autres praticiens. Il suffira à ces derniers d'être équipés d'un ordinateur connecté au GERH. Des systèmes de verrouillage sont destinés à protéger la confidentialité des données. La démonstration du projet s'est terminée le 30 juin 1995 ; en attendant que les médecins s'équipent...



Labat/Jerrican

Prononciation visualisée

■ Les enfants qui ont des problèmes d'audition et d'élocution pourront apprendre à prononcer correctement les mots grâce à un processeur développé par Visible Sound, société anglaise d'informatique. Par exemple, un enfant prononce le mot "chat" dans le micro de l'ordinateur. Analysée et représentée à l'écran sous forme d'onde, cette prononciation est comparée visuellement à la version étalon de "chat" de l'ordinateur. L'enfant doit tenter de faire correspondre la représentation visuelle de sa prononciation avec celle de l'ordinateur. Ce système pourra aussi servir à perfectionner son accent dans une langue étrangère.

● A collaboré à cette rubrique :
Sonia Feertchak

Index 1995

par Monique Vogt et Pierre Parreaux

Science & Vie (mensuel) - Numéros 928 à 939

Science & Vie Hors série (trimestriel) - Numéros 190 à 193

Les Cahiers de Science & Vie (bimestriel) - Numéros 25 à 30

Science & Vie High Tech (bimestriel) - Numéros 13 à 18

Science & Vie Édition spéciale (trimestriel) - Numéros 3 à 6

SIGNIFICATION DES ABRÉVIATIONS

Les lettres figurant dans la colonne «Type» désignent :

A : un article ;

E : un écho paru dans l'une de nos quatre chroniques Recherche, Environnement, Technologie, Médecine ;

F : un texte du Forum, notre courrier des lecteurs ;

M : un texte concernant un «marché à saisir», c'est-à-dire une innovation à la recherche d'un fabricant ;

R : un texte d'une de nos rubriques Comment ça marche, Électronique amusante, Informatique amusante, Biologie amusante, Journal de l'astronome, Échecs & Maths et, depuis septembre : l'Expérience, Énigmes, Astronomie, Invention.

HS : un article paru dans Science & Vie Hors série ;

HT : un article paru dans Science & Vie High Tech ;

CS : un article paru dans les Cahiers de Science & Vie ;

NS : un article paru dans une Édition spéciale de Science & Vie.

THÈMES DES HORS SÉRIE, CAHIERS DE SCIENCE & VIE ET ÉDITIONS SPÉCIALES

SCIENCE & VIE HORS SÉRIE

n° 190 - mars : les neuf premiers mois de la vie ;

n° 191 - juin : Aviation 1995 ;

n° 192 - septembre : Un savant nommé P.-G. de Gennes ;

n° 193 - décembre : Attention virus.

CAHIERS DE SCIENCE & VIE - Les grandes expériences de la physique :

n° 25 - février : La mesure de la vitesse de la lumière ;

n° 26 - avril : La mesure de la force électrique

n° 27 - juin : Blaise Pascal et la pression atmosphérique ;

n° 28 - août : Benjamin Franklin et la foudre ;

n° 29 - octobre : James Joule, rapport entre travail et chaleur ;

n° 30 - décembre : Hertz et les ondes radio.

ÉDITIONS SPÉCIALES

n° 3 - mars : La grotte de la Combe d'Arc ;

n° 4 - juin : Vous et votre santé, bilan 1995 ;

n° 5 - septembre : L'Atlas 96 - bilan géographique

n° 6 - décembre : Ces découvertes qui changent le monde.

ORGANISATION DES INDEX

Les articles sont désignés non par leur titre exact, mais par un libellé plus explicite, qui commence toujours par un mot clé caractéristique. Chaque article figure dans l'un et l'autre de nos deux index successifs : alphabétique, puis thématique. Les thèmes sont eux-mêmes regroupés en grandes catégories. Les auteurs des articles ne sont cités qu'une fois, dans la liste alphabétique. Les échos et autres rubriques n'apparaissent que dans la liste thématique.

INDEX ALPHABÉTIQUE DES ARTICLES

A	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Adhésion (les mystères de l') & P.-G. de Gennes <i>par Elie Raphaël</i>	HS	192	54	Amazone : un long fleuve pas très tranquille	NS	5	44
Aéronavale française & porte-avions Ch.-de-G.	HS	191	79	Animaux & algues en conditions de vie extrêmes	A	929	50
Aéronavale US (2 nouveaux avions pour l') <i>par Jean-Louis Promé</i>	HS	191	97	<i>par Thierry Pilorgé</i>			
Aéroports de Paris (les) sont-ils saturés ? <i>par Jérôme Palmade</i>	HS	191	24	Anniversaires de l'année 95 : Hiroshima, Pasteur...	NS	6	96
Aile volante hypergéante Airbus <i>par Serge Brosse</i>	A	933	103	Antennes simples pour ondes courtes	HT	14	65
Airbus 340, premier très long courrier européen <i>par Hubert Levet</i>	HS	191	56	<i>par Marc Bourhis</i>			
Alexandrie antique retrouvée <i>par Catherine Chauveau</i>	A	931	63	Appareils photo étanches (tous temps & jetables) <i>par Jacques Marchois</i>	HT	14	72
Aliments du futur et réveil de l'an 2000 <i>par Marie-Laure Moine</i>	A	928	104	Ariane 5 : sera-t-elle prête à temps ? <i>par Philippe Henarjés</i>	A	928	74
Allergies & choc anaphylactique : plus fréquents <i>par Philippe Chambon</i>	A	932	64	Armes chimiques : après Tokyo (sarin), Paris ? <i>par Isabelle Bourdial</i>	A	932	32
				Armes high tech contre le terrorisme <i>par G. Chambost et R. de La Taille</i>	A	930	99
				Asie du Sud-Est (avions et missiles en) <i>par Henri Eyraud</i>	HS	191	142
				Atlas physique, économique, démographique 95	NS	5	1

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Australie : déforestation & désastre écologique <i>par Hoang Kieu-An</i>	A	937	100	CD-ROM (questions avant de créer un) <i>par Atta Oloumi</i>	HT	15	84
Autofocus : art de la mise au point assistée <i>par Jacques Marchois</i>	HT	13	74	CD-ROM, CD-I & photo-CD : choisir un lecteur <i>par Claude Duarnier</i>	HT	15	36
Avion (I') dans les crises internationales actuelles <i>par Pierre Menanteau</i>	HS	191	126	CD-ROM, CD-I, CD vidéo, console : quel avenir ? <i>par Claude Duarnier et Marc Bourhis</i>	HT	16	91
Avion de chasse X-31 supermanœuvrant <i>par Germain Chambost</i>	A	929	94	Cerveau (le) à la recherche de l'âme <i>par René Bernex</i>	NS	6	16
Avion de guet Hawkeye p/porte-avions Ch.-de-G. <i>par Jean-Louis Promé</i>	HS	191	90	Cerveau : Freud avait raison (dossier) <i>par Philippe Chambon et Christiane Holzhey</i>	A	933	68
Avions (téléphone & multimédia dans les) <i>par Frédérique Chapuis</i>	HT	16	94	Chaos et physique non linéaire <i>par Gérard Chevalier</i>	HS	192	138
Avions à aile libre : prototype de la Marine <i>par Germain Chambost</i>	A	939	122	Chasseurs français : un lobby hors la loi <i>par Stéphane Verdelet</i>	A	937	102
Avions de combat au futur antérieur <i>par Philippe Dumas</i>	HS	191	72	Chauvet (Jean-Marie, inventeur de la grotte) Chèvre saola au Vietnam : 5 millions d'années <i>par Pierre Rossion</i>	NS	3	1
Avions du futur (les super-) remis en cause <i>par Hubert Levet et Gérard Chevalier</i>	HS	191	35	Chômage (la vérité sur les chiffres du) (Enquête) <i>par Hélène Guillemot</i>	A	932	62
Avions high-tech : apport des sciences humaines <i>par Pierre Sparacco</i>	HS	191	43	Chronothérapie : médicaments à l'heure H <i>par Philippe Lambert</i>	A	939	96
B				Cinéma (miroirs & roues dentées, du labo au) Cinéma en couleurs & sortie de Jour de fête <i>par Florence Bellone</i>	CS	25	70
Baladeurs minidisc (5) au banc d'essai <i>par Henri-Pierre Penel</i>	HT	14	50	Climat (contrôle du) & icebergs détachés <i>par Hélène Guillemot</i>	HT	14	24
Baleines massacrées pour nourrir renards russes <i>par Emmanuelle Müller</i>	A	938	61	Climat : microclimats à Paris <i>par Isabelle Bourdial</i>	A	933	54
Ballons pour l'espace (systèmes gonflables) <i>par Pierre Poix</i>	A	931	44	Climat : soleil, air & eau (Balise) <i>par Sonia Feertchak</i>	A	939	46
Bateau "intelligent" à Bordeaux : le Nausicaa <i>par Fabrice Impériali</i>	A	937	120	Colombie : trésors de la civilisation San Agustin <i>par Jacqueline Ripart</i>	A	938	40
Bibliothèque nationale de France & informatique <i>par Alexandre Dorozynski</i>	A	930	32	Communication : un piège ? (Futurs) <i>par François Jeanne</i>	A	939	104
Bicyclette électrique MBK Ax-ion <i>par Jean-Luc Glock</i>	A	936	120	Compact Canon Prima Sol, à énergie solaire <i>par Christian Imbert</i>	A	936	148
Biotechnologies : accélérateur de l'évolution <i>par Philippe Chambon</i>	A	939	162	Consoles de jeux Sony, Goldstar & Sega <i>par Henri-Pierre Penel</i>	HT	14	66
Boson de Higgs recherché au CERN (photos) Brasserie (art de la) & vie de James Joule	A	937	86	Contraception masculine, RU486 & Pr Beaulieu <i>par Guitta Pessis-Pasternak</i>	A	938	120
Brouillard & sécurité routière <i>par Yann Werdefroy</i>	CS	29	1	Corps humain (photos et dessins du) Cosmétiques : crèmes solaires dangereuses ? <i>par Isabelle Bourdial</i>	A	928	56
Bruit : statistiques, plaintes, effets, coûts (Balise) <i>par Sonia Feertchak</i>	A	937	40	Cosmonautes cobayes en URSS en 1967 <i>par Jean-Michel Bader</i>	NS	4	99
Bureau des longitudes : la guerre des mers <i>par Philippe Henarejos et Jean-Eudes Arlot</i>	A	938	110	Coulomb (balance de) : mesure force électrique Courrier électronique (adoptez le) <i>par Rémi Sussan</i>	A	934	127
C				Cristaux liquides : P.-G. de Gennes années 70 <i>par Claudine Williams</i>	CS	26	1
Câble & réseaux câblés : l'heure de vérité <i>par Jean-Marc Requin</i>	HT	18	34	Crocodiles : 22 espèces menacées <i>par Christine Poletto et Pierre-Michel Forget</i>	HT	17	94
Calculatrice prodige Texas Instruments TI-92 <i>par Renaud de La Taille</i>	A	938	116	Cybercombat (le temps du) (Futurs) <i>par Henri-Pierre Penel</i>	HS	192	20
Caméscopes : prise de vue macroscopique Caméscopes : quel format choisir ? <i>par Christian Imbert</i>	HT	16	16	Cyclone Luis aux Antilles (récit de la genèse du) <i>par Isabelle Bourdial</i>	A	928	30
Cancer (le gène ATM du) <i>par Alexandre Dorozynski</i>	HT	15	48	D			
Cancer : F. Mitterrand & PB 100 du Pr Beljanski <i>par Pierre Rossion</i>	A	936	82	Déchets France-Espagne : le corridor pyrénéen <i>par Isabelle Bourdial</i>	A	937	155
Cancer des agriculteurs & pesticides (enquête) <i>par Didier Dubrana et Isabelle Bourdial</i>	A	933	33	Découvertes (les grandes) médicales <i>par Béatrice Bantman et Michèle Biety</i>	A	938	42
Cancérogènes (les 6 virus) chez l'homme <i>par Caroline Denesvre</i>	A	933	85	Découvertes scientifiques de l'année Démographie : un monde déséquilibré Dépression (stimulation magnétique contre la) <i>par Pierre Rossion</i>	NS	4	22
Cassette DAT (la) n'est pas morte <i>par Henri-Pierre Penel</i>	HS	193	113	Dessins animés français & image de synthèse <i>par Atta Oloumi</i>	NS	6	28
Cassettes vidéo (conservation des) <i>par Pier-Yves Menkhoff</i>	HT	16	42	Développer soi-même en noir & blanc <i>par Alex Kovaleff</i>	NS	5	86
Catastrophes naturelles hors de prix <i>par Antoine Bailly</i>	HT	18	48	Diamant : fin du monopole, secrets, outil (dossier) <i>par Alexandre Dorozynski et Norbert Régina</i>	A	937	57
Caucase : la forteresse imprenable <i>par Jean-René Germain</i>	A	937	42	Dirigeables russes discolides gros porteurs <i>par Pierre Chailier</i>	HT	18	44
CB pour autoradio-K7 stéréo (banc d'essai) <i>par Pierre Boula</i>	A	929	64	Disque contre cassette <i>par Roger Bellone</i>	HT	17	78
CD+ musical : moitié CD-ROM, moitié CD audio <i>par Marc Bourhis</i>	HT	16	36		A	938	79
CD-I (interactivité pour tous) & famille CD <i>par Frédéric Lorenzini</i>	A	929	114		A	934	102
CD-ROM & CD-I contre réseaux de programmes <i>par Bénédicte Delesalle</i>	HT	14	92		HT	15	17

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Dolby numérique à 5 canaux (pentaphonie) par Florence Bonelle	HT	15	66	Greenpeace : plate-forme Shell & essais nucl. par Didier Dubrana	A	937	98
Drogue (explosion de) en ex-URSS par Sonia Feertchak	A	937	160	Grippe (virus de la) : des millions de morts par Jacques Sibaud	HS	193	76
Drogue (la) détruit l'environnement (Repères) par Sonia Feertchak	A	932	30	Grothendieck (Alexandre) : mathématicien ermite par Romain Ikonicoff	A	935	53
Drones : moyens aériens non pilotés par Pierre Menanteau	HS	191	120	Grotte Chauvet : aux sources du sacré par Thierry Pilorge	A	930	49
E				Grotte d'Arcy-sur-Cure : 27000 ans par C. Chauveau, T. Pilorge et D. Dubrana	NS	3	70
Eau (l') à prix d'or (enquête) par Didier Dubrana	A	928	89	Grotte de Buchy (enquête sur les morts de la) par Pierre Rossion	A	936	42
Échographie : une réforme s'impose par Isabelle Bourdial	A	932	117	Grotte de la Combe d'Arc : l'album photo GSM : le téléphone portable à moindre coût par Frédérique Chapuis	NS	3	35
Écologie virale (règles de l') par Michel de Pracontal	HS	193	80		HT	18	82
Effets spéciaux sur micro-ordinateur par Stephan Faudeux	HT	17	46	H			
Électrique (mesure de la force) par Coulomb	CS	26	1	Habitat rural : influence des sols & des climats	NS	5	40
Embryologie : les 9 premiers mois de la vie	HS	190	1	Hélicoptères de l'an 2000 Tigre & NH-90 par Jérôme Palmade	HS	191	103
Empoisonnement par corps agonisant & chimie par Jean-Luc Siegel	A	938	76	Hertz (Heinrich) & l'existence des ondes radio	CS	30	1
Enceintes cinéma au banc d'essai par Jérôme Lefèvre	HT	17	30	Hi-fi (salon 95) : intégration du son et de la vidéo par Paule Sully	HT	14	34
Enceintes hi-fi : comment choisir par Alain Belz	HT	14	40	Hi-fi + télévision = son cinéma	HT	17	26
Endurance : quand l'homme dépasse ses limites par Jean-Michel Bader	A	929	70	Hi-fi : bien installer sa chaîne par Marc Bourhis	HT	14	54
Énergie : hydrates de méthane sous-marins par Alexandre Dorozynski	A	931	71	Hi-fi : chaîne monobloc ou en éléments distincts? par François Longo et Fanny Têtu	HT	15	69
Énergie : hydrogène produit par "photosynthèse" par Pierre Rossion	A	938	54	Hi-fi : comment tester & régler sa chaîne par Alain Belz	HT	14	58
Erreurs, escroqueries médicales, trafic d'organes par Gérard Badou	NS	4	145	Hi-fi : l'ère numérique par Marc Bourhis	HT	13	60
Espionnage spatial : satellites d'alerte par Serge Brosselin	A	936	78	Hi-fi triphonique : 10 enceintes au banc d'essai par J. Lefèvre et J.-P. Pennaneac'h	HT	18	56
Essence propre (le casse-tête de l') par Laurence Nahon	A	937	122	Hiroshima, bombe A, guerre, ravages (dossier) par Hélène Guillemot et Philippe Chambon	A	935	77
États-Unis : guerre des tarifs aériens par Jean-Pierre Nana	HS	191	15	Homéopathie : le retour des fausses preuves par Pierre Rossion	A	929	60
Étoiles (mort des) et explosion d'une supernova par Philippe Hénarjés	A	933	38	Hôpital et système hospitalier français par Gérard Badou	NS	4	133
Événements scientifiques de l'année	NS	6	4	Hormonaux (mise en place des systèmes) par Raja Brauner	HS	190	74
Événements technologiques de l'année	NS	6	74	Huile (dispersion d'une goutte d') & B. Franklin par Michel de Pracontal	HS	192	80
Extraterrestre de Roswell : imposture	A	938	104	I			
Extraterrestres : la grande arnaque (aff. Roswell) par Pierre Lagrange	A	935	88	Imagerie médicale : anatomie du cerveau par Philippe Chambon	A	933	78
F				Imagina 95 : image de synthèse & réalité virtuelle par Jacques de Schryver	HT	13	92
Feu : il y a 400 000 ans, déjà (l'Événement)	A	934	1	Immunisation : vaccin à l'ADN par Catherine Tastemain	A	933	66
Flash (réussir ses photos au) par Jacques Marchois	HT	14	76	Infiniment petit (brève histoire de l') par Thierry Pilorgé	HS	193	4
Fleuves, réseaux fluviaux et inondations par Claude J. Allegre	HS	192	156	Insectes (vol des) (photos) par Thierry Pilorgé	A	931	78
Franklin (Benjamin) réussit à vaincre la foudre	CS	28	1	Intelligence et hérédité (dossier) par Gérard Messadié	A	928	47
Frottement (les lois du) & P.-G. de Gennes par Duncan Dowson	HS	192	74	Internet : de plus en plus incontrôlable par Henri-Pierre Penel	A	933	114
Futuroscope de Poitiers : odyssée du cinéma par Henri-Pierre Penel et François Perri	A	939	113	Invention (l'esprit d') & P.-G. de Gennes par Hubert Gié	HS	192	65
G				Jardinage, pesticides & pollution par Isabelle Bourdial	A	933	88
Gaz halon (extincteurs) dangereux & très français par Loïc Chauveau	A	935	118	Jeu : testez vos connaissances par Thierry Pilorge	A	935	128
Génie génétique, manipulations du vivant (Point) par Philippe Chambon et Pierre Rossion	A	937	71	Jeux vidéo : console ou PC ? par Atta Oloumi	HT	18	38
Gennes (P.-G. de) : la science et la jeunesse par Alice Rolland	HS	192	167	Joule (James) : rapport entre travail & chaleur Jumelles électroniques à tout faire par Stéphane Faudeux	CS	29	1
Gennes (Pierre-Gilles de) : n° hors série par Michel de Pracontal	HS	192	4	Jupiter (aurores polaires de) & télescope Hubble par Philippe Lambert	A	932	128
Géophysique : état de la Terre & découvertes 95	NS	5	6	L			
Gouttes (la physique des) & P.-G. de Gennes par Gérard Chevalier	HS	192	42	Labo photo (créez votre) par Alex Kovaleff	HT	13	84
Grains (des) de sable qui aiment l'ordre par Dov Levine	HS	192	86				
Graisses & santé : pas toutes le même effet par Marie-Laure Moine	A	932	69				

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Laboratoires CDC d'Atlanta contre les virus <i>par Michel de Pracontal</i>	HS	193	86	Montage vidéo numérique Draco (station de) <i>par Henri-Pierre Penel et Jean-Luc Glock</i>	A	937	128
Laboratoires photo en France (banc d'essai) <i>par Catherine Rebois</i>	HT	16	66	Moteur 2 temps australien Orbital p/automobile <i>par Renaud de La Taille</i>	A	936	106
Langues parlées en France (déchiffrement) <i>par Thierry Pilorge</i>	A	929	26	Moteur hybride : turbine à gaz/moteur électrique <i>par Serge Brosse</i>	A	930	110
Laser (du maser au) <i>par Bernard Cagnac</i>	HS	192	103	Moyen format 6X6 (pourquoi utiliser le) <i>par Catherine Rebois</i>	HT	17	70
Laser : comment la lumière écrit et lit un disque <i>par Renaud de La Taille</i>	HT	15	26	Multimédia au Pôle Universitaire L. de Vinci <i>par Jean-Marc Requin</i>	HT	17	86
Lumière (mesure de la vitesse) au XIXe siècle	CS	25	1	Musées de France (laboratoire de recherche des) <i>par Thierry Pilorge</i>	A	936	90
Lumière (voyager plus vite que la) <i>par Philippe Hénarejos</i>	A	937	52	Musique midi à la portée de tous <i>par F. Bellone, V. Piredda et C. Pierre-Beausse</i>	HT	18	65
Lumière : G. Jones nie l'existence des photons <i>par Hélène Guillemot</i>	A	928	28				
Lune (supercanon JVL pour aller de la terre à la) <i>par Renaud de La Taille</i>	A	929	45	N			
M				Naissance (moment de la) & théorie du chaos <i>par Roman Ikonoff</i>	A	938	69
Magnétophone : disque ou cassette <i>par Jacques Marchais et Kooka Latombe</i>	HT	15	33	Néolithique (destructeurs des dolmens au) <i>par Catherine Chauveau</i>	A	937	92
Magnétophones numériques DCC (banc d'essai) <i>par Henri-Pierre Penel</i>	HT	13	66	Neurones : 5000 à la seconde (gestation) <i>par Philippe Evrard</i>	HS	190	88
Magnétoscopes à son hi-fi Nicam <i>par Henri-Pierre Penel et Jean-Marie Bret</i>	HT	18	24	Nobel 1995: la vie (cahier photos) <i>par Jean-Marc Requin</i>	A	939	78
Magnétoscopes stéréophoniques (micros) <i>par Christian Imbert et Christian Dormard</i>	HT	17	34	Noir & blanc : le renouveau des films & papiers <i>par Christian Imbert</i>	HT	13	86
Maison chauffante (énigme) : comme une pile <i>par Pierre Rossion</i>	A	934	84	Nombres premiers : comment les créer <i>par Renaud de La Taille</i>	A	932	58
Maladies d'aujourd'hui <i>par B. Bantman, M. Bietry et M. Didier</i>	NS	4	32	Nucléaire : essais à Mururoa avant simulation <i>par Germain Chambost</i>	A	935	36
Maladies infectieuses (grands fléaux) <i>par Michelle Bietry</i>	NS	4	8	Nucléaire : plutonium, le cycle infernal (Repères) <i>par Didier Dubrana</i>	A	934	36
Maladies virales (les) & leurs symptômes <i>par Marc Michel</i>	HS	193	96	Nucléaire à l'Est : l'Europe craint le pire <i>par Didier Dubrana</i>	A	928	82
Malvoyants : rééducation neurosensorielle <i>par Germain Chambost</i>	A	934	88	O			
Manuscrits de la Mer Morte enfin révélés <i>par Gérard Messadié</i>	A	933	58	Obésité (protéine leptine contre l') <i>par Pierre Rossion</i>	A	936	86
Marées : phénomène lunaire (Balise) <i>par Renaud de La Taille</i>	A	936	40	Obésité : le poids de l'hérédité <i>par Pierre Rossion</i>	A	929	56
Marine chinoise au XVe siècle, la plus avancée <i>par Alexandre Dorozynski</i>	A	936	94	Objectifs photo 24 x 36 : guide complet <i>par Tristan Tilly</i>	HT	16	54
Mars : disparition de l'eau & de la vie <i>par Philippe Hénarejos</i>	A	934	54	Ondes radio (les) révélées par Heinrich Hertz <i>par Germain Chambost</i>	CS	30	1
Mars, une seconde Terre qui a mal tourné	NS	5	134	Optiques (instruments) au XIXe siècle <i>par Germain Chambost</i>	CS	25	36
Matériaux (quand les) deviendront intelligents <i>par Vanina Pialot</i>	HS	192	160	Origine de la vie (A. Commeyras découvreur de l') <i>par Philippe Chambon</i>	A	935	58
Mathématiques (maîtrise des) : innée ou acquise ? <i>par Roman Ikonoff</i>	A	936	58	Origines de la vie : bactérie ou cellule ? <i>par Sophie Gourhan</i>	A	930	52
Matière molle (microscopes pour voir la) <i>par Ahmed Mourran et Pierre Nassoy</i>	HS	192	117	OVNI, ch. magnétique & hallucinations (dossier) <i>par Philippe Chambon</i>	A	932	81
Maya (déchiffrez l'écriture) <i>par Thierry Pilorge</i>	A	934	76	P			
Médecine (& médecine douce) : profession <i>par Gérard Badou</i>	NS	4	118	Parasite (le) & ses hôtes <i>par Patricia Chairopoulos</i>	HS	193	11
Médecine du futur <i>par Béatrice Bantman et Michele Bietry</i>	NS	4	87	Paratonnerre (B. Franklin, savant inventeur du) <i>par Germain Chambost</i>	CS	28	1
Météorologie & climat des régions (Balise) <i>par Renaud de La Taille</i>	A	935	35	Pascal (Blaise) & la pression atmosphérique <i>par Germain Chambost</i>	CS	27	1
Mètre et système métrique : décrété en 1795 <i>par Renaud de La Taille</i>	A	939	106	Pasteur : sa "pensée unique" a tout révolutionné <i>par François Dagognet</i>	A	937	112
Métros du XXe siècle à Paris <i>par Laurent d'Etrouble</i>	A	936	112	Peste en Inde : menace-t-elle l'Europe ? <i>par Pierre Rossion</i>	A	930	78
Mir/Atlantis, connexion russo-américaine <i>par Frédéric Guérin</i>	A	933	46	Photo numérique (limites de la) : Kodak DCS 460 <i>par Atta Oloumi</i>	HT	17	80
Missiles sol-air portables (la menace des) <i>par Jean-Louis Promé</i>	HS	191	110	Photo numérique : enfin abordable <i>par Lionel Berthomier et Yves Lapointe</i>	HT	16	76
Moelle épinière : restauration après lésion <i>par Claude Métier-di Nunzio</i>	A	928	40	Photo numérique haute définition Kodak/Nikon <i>par Roger Bellone</i>	A	928	112
Molécules antivirales & thérapie combinatoire <i>par Olivier Pleskoff</i>	HS	193	134	Photo sur la neige : les pièges <i>par Florence Bonelle</i>	HT	14	68
Monnaie électronique (Futurs) <i>par José-Alain Fralon</i>	A	938	152	Photo-interprétation (PIAO) : logiciel Ocapi <i>par Henri-Pierre Penel</i>	A	936	72
Monnaie électronique : carte porte-monnaie <i>par Henri-Pierre Penel</i>	A	932	126	Photographier les spectacles <i>par Florence Bellone</i>	HT	17	74
Montage vidéo : 4 systèmes au banc d'essai <i>par Stéphan Faudeux</i>	HT	14	16	Photos (reproduction des anciennes) <i>par Florence Bellone</i>	HT	15	76
				Photos au bord de la mer (réussir ses) <i>par Florence Bellone</i>	HT	16	48
				Photos tramées & pseudo-impressionisme <i>par Alex Kovaleff</i>	HT	14	82

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Pile électrique (histoire de la)	CS	26	88	Röntgen : découverte des rayons X en 1895	A	936	98
Pilotage aérien : les écoles de chasse	HS	191	71	par <i>Hélène Guillemot</i>			
par <i>Bernard Thouanel</i>				Rostand (Jean) : précurseur et contemporain	A	928	38
Pilote expert : interview de David M. North	HS	191	62	par <i>Denis Buican</i>			
par <i>Jean-Pierre Ickovics</i>				Russie : mort annoncée de la science	A	930	82
Placenta : un tuteur polyvalent	HS	190	114	par <i>Alexandre Dorozynski</i>			
par <i>Anne-Lise Delezoide</i>				S			
Planète extrasolaire (on a trouvé la première)	A	929	33	Sang (la genèse des cellules du)	HS	190	78
par <i>Philippe Hénaréjos</i>				Sang artificiel (gènes de crocodiles pour)	A	931	51
Planètes extrasolaires (Français sur la piste des)	A	937	47	par <i>Alexandre Dorozynski</i>			
par <i>Philippe Henarejos</i>				Santé (l'état de) des Français	NS	4	13
PNB contre mesure écolog. de richesse (Futurs)	A	939	158	par <i>Emmanuèle Peyret</i>			
par <i>Alexandre Dorozynski</i>				Satellite ISO infrarouge pour voir l'invisible	A	938	48
Poissons en mer Rouge (cahier photos)	A	934	93	par <i>Philippe Henarejos</i>			
par <i>Pierre Rossion</i> et <i>Thierry Pilorgé</i>				Satellites militaires & Europe spatiale	HS	191	133
Pollution automobile (Repères)	A	931	28	par <i>Jean-Louis Promé</i>			
par <i>Didier Dubrana</i>				Schengen : fiasco du réseau de contrôle inform.	A	935	106
Pollution de l'air en France (Repères)	A	933	30	par <i>Henri-Pierre Penel</i>			
par <i>Thierry Pilorgé</i>				Science (les pays qui font la) (Instantané)	A	930	30
Polymères : invention des blobs, P.-G. de Gennes	HS	192	30	par <i>Isabelle Bourdial</i>			
par <i>Liliane Léger</i>				Sécurité sociale : le prix de la santé	NS	4	157
Population française, recensement 1990 (Balise)	A	939	44	par <i>Gérard Badou</i>			
par <i>Sonya Feertchak</i>				Séismes : le réveil de la Provence	A	929	28
Poudres (mécanique des) : pratiques & théorie	HS	192	147	par <i>Didier Dubrana</i>			
par <i>Pierre Evesque</i>				Séismes : prévisions après Los Angeles & Kobe	A	930	44
Poumons (les) prennent de l'aire au 5e mois	HS	190	98	par <i>Hélène Guillemot</i>			
par <i>Patricia Chairopoulos</i>				Sexe : différenciation à partir du 3e mois	HS	190	61
Préhistorique (longue marche & vie de l'homme)	NS	3	1	par <i>Nicole Mulliez</i>			
Pression atmosphérique (la) & Blaise Pascal	CS	27	1	Sida : l'Afrique réagit	A	939	76
Projecteurs de diapositives	HT	13	78	par <i>Philippe Chambon</i>			
par <i>Jacques Marchois</i>				Sida : le virus ne dort jamais	A	930	72
QR				par <i>Philippe Chambon</i>			
Quark top : découverte de l'année	NS	6	22	Simulateurs de vol sur ordinateur	HT	16	84
par <i>Hélène Guillemot</i>				par <i>Atta Olouni</i>			
Radio (existence des ondes) révélée par Hertz	CS	30	1	Sondages : ce qu'ils nous cachent (enquête)	A	929	105
Radio numérique par satellite	HT	17	64	par <i>Hélène Guillemot</i>			
par <i>Nicolas Baron</i>				Sonde Galileo : visite en profondeur de Jupiter	A	939	55
Radio-amateur + PC & réception d'images	HT	18	88	par <i>Philippe Henarejos</i>			
par <i>Jean-Jacques Dauquaire</i>				Sonorisation d'amateurs pour soirées dansantes	HT	16	32
Radiomessagerie (la) veut séduire les foules	HT	15	90	par <i>Jean-Pierre Pennaneac'h</i>			
par <i>Frédérique Chapuis</i>				Sous-marin (petit) de recherche Remora 2000	A	935	121
Radiotéléphone GSM : la planète dans la poche	A	939	126	par <i>Isabelle Croizeau</i>			
par <i>Henri-Pierre Penel</i>				Sous-marin nucléaire reconverti p/archéologues	A	932	112
Rail/route : autoroute ferrov., Commutor, TGV fret	A	931	104	par <i>Renaud de La Taille</i>			
par <i>Laurent Bromberger</i>				Stabilisateurs d'image en photo & vidéo	A	931	120
Rayons gamma, énigme des flashes venus du ciel	A	931	37	par <i>Roger Bellone</i>			
par <i>Philippe Henarejos</i>				Station orbitale internationale Alpha & Europe	A	939	62
Rayons X (applications des) (cahier photos)	A	938	99	par <i>Frédéric Guérin</i>			
par <i>Hélène Guillemot</i>				Supercordes (relativité & mécanique quantique)	A	934	69
Recherche & candidats à l'élection présidentielle	A	931	30	par <i>Hélène Guillemot</i>			
par <i>Sylvestre Huet</i>				Supraconducteurs : P.-G. de Gennes années 60	HS	192	12
Reconnaissance vocale & castrat sur ordinateur	A	929	98	par <i>Alexis Martinet</i>			
par <i>Henri-Pierre Penel</i>				Supraconductivité : la théorie BCS	HS	192	96
Reflex Pentax Z-70, doublement programmé	HT	15	74	par <i>Michel Laguës</i>			
par <i>Roger Monceau</i>				SVM Multimédia, magazine du CD-ROM (l'Évén)	A	937	1
Reflex rétro : Canon Eos 50E contre Minolta 600	HT	18	72	T			
par <i>Tristan Tilly</i>				Téléphone (fax & minitel dans le)	HT	14	84
Reins : une histoire à épisode (gestation)	HS	190	106	par <i>Frédérique Chapuis</i>			
par <i>Marie-Claire Gubler</i>				Téléphone de poche de l'an 2000 (satellites pour)	HT	14	88
Relativité : Poincaré a précédé Einstein	A	931	114	par <i>Frédérique Chapuis</i>			
par <i>Renaud de La Taille</i>				Télescope hawaïen au sommet du volcan (photos)	A	935	98
Relief : photo, cinéma & télévision 3D	HT	17	50	par <i>Serge Brunier</i>			
par <i>Pier-Yves Menkhoff</i> et <i>Yves Lapointe</i>				Terre (histoire de la)	NS	5	26
Renormalisation (groupe de) & phénom. critiques	HS	192	110	Terre (la) au radar (cahier photos satellite ERS-1)	A	930	66
par <i>Edouard Brezin</i>				par <i>Hélène Guillemot</i>			
Repérage (systèmes de) par satellites GPS	A	933	122	Terre : atlas physique	NS	5	52
par <i>Henri-Pierre Penel</i>				Terre, planète menacée	NS	5	76
Réplication virale (les 3 temps de la)	HS	193	90	Textiles techniques, matériaux de l'extrême	A	931	94
par <i>Pierre Sonigo</i>				par <i>Patrice Leblanc</i>			
Reproduction animale & humaine dans l'espace	A	935	45	Thérapie génique : rendre des virus utiles	HS	193	140
par <i>Pierre Rossion</i>				par <i>Thomas Valère</i>			
Rétrovirus : homologie avec certains gènes	HS	193	57	Thermodynamique : amortisseur colloïdal	A	939	70
par <i>Jean-Jacques Kupiec</i>				par <i>Renaud de La Taille</i>			
Rivalités mondiales (Atlas 96)	NS	5	104	Titanic : l'acier de la coque était trop fragile	A	933	108
Robot Syrano de reconnaissance militaire & civile	A	934	116	par <i>Renaud de La Taille</i>			
par <i>Germain Chambost</i>							

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Titrage des films vidéo <i>par Christian Faudeux</i>	HT	16	24	UVZ			
Torches vidéo (21) au banc d'essai <i>par Stephan Faudeux</i>	HT	18	30	Univers (L. Nottale élucide les mystères de l')	A	936	47
Torsion (appareils de mesure à) au XIXe siècle	CS	26	80	<i>par Jean-François Robredo</i>			
Train Maglev japonais à lévitation magnétique <i>par Laurent Bromberger</i>	A	929	88	Vaccins (les nouveaux)	HS	193	128
Transport aérien en France (politique du) <i>par Arnaud Romain</i>	HS	191	5	<i>par Vanina Pialot</i>			
Travail & chaleur (mesure du rapport) : J. Joule	CS	29	1	Variation (la) : l'intelligence des virus <i>par Pierre Sonigo</i>	HS	193	49
Trou noir : adoptez un bébé trou noir ! <i>par Walter Dridger et Gilles Moine</i>	A	934	64	Vénus dévastée par la lave (cahier photos) <i>par Jean-François Robredo</i>	A	932	92
Trous noirs : et s'ils n'existaient pas ? <i>par Renaud de La Taille</i>	A	928	22	Vestiges : flâneries de vacances en Gaule <i>par Catherine Chauveau</i>	A	935	66
Truffe chinoise (invasion de la) : l'amaque <i>par Guy Fourré</i>	A	935	124	VHS (le) devient numérique <i>par Marc Bourhis</i>	HT	15	30
TV (la) sur votre ordinateur (carte tuner) <i>par Claude Duarnet</i>	HT	17	91	Vidéo-CD de haute définition : quel standard ? <i>par Roger Monceau</i>	HT	14	22
TV 16/9 améliorée : astuces <i>par Jean-Marie Bret</i>	HT	17	44	Vidéo-CD sur PC : carte de décompr. MPEG-1 <i>par Claude Duarnet</i>	HT	18	92
TV : écran plat géant à micropointes <i>par Henri-Pierre Penel</i>	A	930	117	Vidéodisque numérique de haute capacité <i>par Roger Bellone</i>	HT	13	52
TV : réception satellite en voyage <i>par Claude Duarnet</i>	HT	16	20	Vidéo-projecteurs (4) mono-objectif, banc d'essai <i>par P.-Yves Menkhoff et Henri-Pierre Penel</i>	HT	15	42
TV à péage : le casse-tête des décrypteurs <i>par Frédérique Chapuis</i>	HT	13	32	Vidéo-projecteurs (écrans du futur) <i>par Atta Oloumi</i>	HT	17	41
TV en relief : visualisation en volume <i>par Henri-Pierre Penel</i>	A	928	68	Vie (origines de la) & nuages interstellaires <i>par Sylvestre Huet</i>	A	932	45
TV et son en réseau dans la maison <i>par Jean-Pierre Pennaneac'h</i>	HT	17	60	Vieillesse, projet Chronos & gènes de la longévité <i>par Pierre Rossion</i>	A	931	54
TV interactive : TV de services <i>par Bénédicte Delesalle</i>	HT	15	52	Vin romain : reconstitution de crus antiques <i>par Marc Mennessier</i>	A	932	76
TV numérique (1995, année de la) <i>par Florence Bellone</i>	HT	13	48	Virtuel (les vertiges du) <i>par Philippe Chambon</i>	A	936	156
TV numérique de l'an 2005 <i>par Marc Bourhis</i>	HT	13	44	Virus : histoire, formes, transmission, défense... <i>par Pierre Rossion et Catherine Tastemain</i>	HS	193	1
TV par satellite (installations pour capter la)	HT	13	18	Virus : la fin de l'homme ? (dossier) <i>par Henri-Pierre Penel et Yann Werdefroy</i>	A	934	40
TV par satellite : réception par mauvais temps <i>par Elie Monceau</i>	HT	13	24	Voiture électrique (feu vert pour la) <i>par Henri-Pierre Penel et Yann Werdefroy</i>	A	934	119
TV par satellite : le guide des récepteurs <i>par Paule Sully</i>	HT	13	38	Volcans : poche de magma sous l'Auvergne <i>par Hélène Guillemot</i>	A	932	52
TV par satellite : programmes en langue française <i>par Florence Bellone</i>	HT	13	28	Voltige aérienne : l'école française au 1er plan <i>par Gérard Chevalier</i>	HS	191	150
				Zéro absolu & nouveaux états de la matière <i>par Claude Cohen-Tannoudji</i>	HS	192	127

INDEX THÉMATIQUE

des articles, échos, marchés à saisir, rubriques, forums

UNIVERS, TERRE, HOMME

Astronomie / Astrophysique / Astronautique	p. 160
Terre / Océan / Géologie / Cartographie.....	p. 160
Environnement / Écologie / Énergie / Climat	p. 160
Archéo / Paléonto / Anthro / Ethnologie.....	p. 161
Botanique / Zoologie / Éthologie.....	p. 162
Agriculture / Élevage / Pêche / Alimentation.....	p. 162
Biologie moléc. / Génétique / Sexualité / Éthique.	p. 162
Santé / Médecine / Physiologie / Cerveau	p. 163

HISTOIRE, SOCIÉTÉ, ESPRIT

Histoire / Histoire des sciences	p. 163
Sciences humaines / Société / Économie.....	p. 164
Éducation / Formation / Recherche / Science.....	p. 164
Jeux / Mathématiques.....	p. 164

Langage / Communication / Journalisme	p. 164
Mythes / Blurbs / Curiosités	p. 164

PHYSIQUE, CHIMIE, TECHNOLOGIE

Physique / Chimie	p. 165
Inventions / Techniques / Industrie / Construction	p. 165
Aviation / Armement / Défense	p. 166
Automobile / Cycles / Routes.....	p. 166
Autres moyens de transport.....	p. 166
Loisirs / Sports / Instruments de mesure	p. 166
Électronique / Informatique	p. 166
Audiovisuel / Télécommunications	p. 167
Photo / Ciné / Optique	p. 167
Son	p. 167
Télécommunications / Réseaux.....	p. 167
Télévision / Vidéo / Multimédia.....	p. 167

UNIVERS, TERRE, HOMME

ASTRONOMIE / ASTROPHYSIQUE / ASTRONAUTIQUE

Ariane 5 : fourniture américaine du perchlorate	E	939	33
Ariane 5 : sera-t-elle prête à temps ?	A	928	74
Astéroïdes jumeaux : Ida & Dactyl	E	934	14
Astrolabe du XXe siècle (Journal de l'astronomie)	R	935	158
Ballons pour l'espace (systèmes gonflables)	A	931	44
Big bang & religion	F	934	167
Big bang (l'absurdité du)	F	929	149
Big bang (localisation du)	F	937	145
Ceinture de Kuiper : au-delà de Pluton	E	937	10
Ciel d'été & voie lactée (Journal de l'astronomie)	R	934	158
Collisions cosmiques (Hubble observateur de)	E	930	6
Comète (Hale-Bopp, une nouvelle) du siècle ?	E	939	21
Constellation de la Vierge (Journal de l'astronomie)	R	931	146
Cosmonautes cobayes en URSS en 1967	A	932	98
Eclipses de lune et de soleil	R	937	138
Espionnage spatial : satellites d'alerte	A	936	78
Étoiles (mort des) et explosion d'une supernova	A	933	38
Étoiles filantes : l'essai du Lion	R	938	136
Filtres optiques (Journal de l'astronomie)	R	933	150
Galaxie (jeune) peuplée de vieilles étoiles	E	938	7
Galaxie en exil (découverte d'une)	E	928	7
Galaxie Markarian & naissance d'étoiles géantes	E	934	10
Galaxie NGC 253 (flambée d'étoiles dans la)	E	931	8
Hélios, satellite d'observation militaire	A	936	67
Jupiter (aurores polaires de) & télescope Hubble	A	930	39
Landsat 5 : photos de France en vraies couleurs	E	928	61
Lune (supercanon JVL pour aller de la terre à la)	A	929	45
Lune : robots pilotés depuis un parc d'attractions	E	938	158
Lunes d'automne	R	936	130
Lunettes astronomiques 1995 (Journal de l'astr.)	R	929	142
Marées : phénomène lunatique (Balise)	A	936	40
Mars : disparition de l'eau & de la vie	A	934	54
Mars : la Nasa ne perd pas espoir	E	935	6
Mars, une seconde Terre qui a mal tourné	NS	5	134
Masse manquante de l'univers	F	938	141
Matière de l'univers (le mica, observatoire de la)	E	936	19
Météorite martienne ALH84001	E	933	8
Météorite tueuse de dinosaures, cratère Yucatan	E	937	16
Mir/Atlantis, connexion russo-américaine	A	933	46
Mir/Discovery, rencontre russo-américaine	E	930	8
Naines rouges non vues par le télescope Hubble	E	931	8
Navette (super-) : concours de la Nasa	E	934	19
Occultations (observation des) (Journal de l'astr.)	R	930	144
Planète extrasolaire (on a trouvé la première)	A	929	33
Planète extrasolaire autour de l'étoile β -Pictoris	E	936	12
Planètes (rotation des), Popper & Copernic	F	930	151
Planètes extrasolaires (Français sur la piste des)	A	937	47
Pluton & Charon : planète double (Journ. de l'astr.)	R	932	158
Rayons gamma, énigme des flashes venus du ciel	A	931	37
Reproduction animale & humaine dans l'espace	A	935	45
Reproduction des hommes dans l'espace (suite)	F	937	144
Satellite ERS-1 : la Terre au radar (cahier photos)	A	930	66
Satellite Inmarsat & téléphone portable Saturn	E	933	126
Satellite ISO infrarouge pour voir l'invisible	A	938	48
Satellite Landsat & surveillance de l'Amazonie	E	931	19
Satellites et balises de détresse (l'Événement)	E	929	1
Satellites GPS (système de repérage par)	A	933	122
Satellites militaires & Europe spatiale	HS	191	133
Satellites pour téléphone de poche de l'an 2000	HT	14	88
Saturne ("traces de doigt" sur l'anneau de)	E	931	9
Saturne (l'année) (Journal de l'astronomie)	R	928	142
Soleil (naissance d'un) observée par Hubble	E	935	8
Sonde Galileo : visite en profondeur de Jupiter	A	939	55
Station orbitale internationale Alpha & Europe	A	939	62
Télescope hawaïen au sommet du volcan (photos)	A	935	98
Télescope VLT chilien (construction retardée du)	E	933	8
Titan, satellite de Saturne : continents & océans	E	932	12
Trou noir : adoptez un bébé trou noir !	A	934	64
Trou noir ou pas, ça ne change rien	F	933	159
Trous noirs : et s'ils n'existaient pas ?	A	928	22
Univers (âge de l') & univers multiples	F	934	167

Univers (dimensions de l')	F	933	157
Univers (L. Nottale élucide les mystères de l')	A	936	47
Univers (tout bouge dans l')	F	935	165
Univers : l'origine des éléments chimiques	E	932	7
Vénus (la splendeur de)	R	939	140
Vénus : activité sismique & volcanique	E	930	9
Vénus dévastée par la lave (cahier photos)	A	932	92
Vie (origines de la) & nuages interstellaires	A	932	45

TERRE / OCÉAN / GÉOLOGIE / CARTOGRAPHIE

Algue Caulerpa taxifolia	E	929	24
Algues nourries avec du fer contre effet de serre	E	936	25
Aquaculture : élevage d'ormeaux dans la Manche	E	933	98
Aquaculture : la France 4e producteur d'algues	E	937	26
Atlantique : le moho, cicatrice crôte/manteau	E	938	6
Atlas physique, économique, démographique 95	NS	5	1
Courants marins & canards en plastique	E	928	5
Cyclone Luis aux Antilles (récit de la genèse du)	A	938	42
Diamant : fin du monopole, secrets, outil (dossier)	A	938	79
Eau de mer en bouteille à Saint-Malo	E	939	25
Effet de serre : océans, pompes à CO2	E	934	22
Énergie : hydrates de méthane sous-marins	A	931	71
Faune marine exterminée par plantes terrestres	E	934	23
France (la) en vraies couleurs vue de Landsat 5	E	928	61
Géophysique : état de la Terre & découvertes 95	NS	5	6
Lions de mer menacés par trafiquants de drogue	E	933	24
Marées : phénomène lunatique (Balise)	A	936	40
Météorite tueuse de dinosaures, cratère Yucatan	E	937	16
Noyau terrestre en cristal de fer	E	933	6
Océans (réchauffement des), poissons tropicaux	E	938	20
Plankton transformant le CO2 en alcool	E	937	24
Plate-forme norvégienne de 472 m de haut	E	934	108
Plates-formes pétrolières désaffectées	E	934	32
Rochers qui marchent en Californie	E	939	12
Sédiments marins : préleveur de précision Chess	E	933	96
Séismes : le réveil de la Provence	A	929	28
Séismes : prévisions après Los Angeles & Kobe	A	930	44
Sous-marin (petit) de recherche Remora 2000	A	935	121
Sous-marin nucléaire reconverti p/archéologues	A	932	112
Tectonique des plaques : rupture Inde-Australie	E	937	12
Terre (histoire de la)	NS	5	26
Terre (la) au radar (cahier photos satellite ERS-1)	A	930	66
Terre (la) pas vraiment ronde : niveau des mers	E	928	4
Terre (rotation de la) freinée par les marées	F	934	166
Terre : atlas physique	NS	5	52
Tunnel sous la Manche & tectonique des plaques	F	928	149
Vers (des) sous-marins bâtisseurs de cheminées	E	937	12
Virus marin LVP (pseudo) dans les radiolaires	E	928	6
Volcan colombien Galeras crachant de l'or	E	933	12
Volcans : poche de magma sous l'Auvergne	A	932	52

ENVIRONNEMENT / ÉCOLOGIE / ÉNERGIE / CLIMAT

Algue Caulerpa taxifolia : la filière cuivre, suite	E	929	24
Algues nourries avec du fer contre effet de serre	E	936	25
Amazonie : un long fleuve pas très tranquille	NS	5	44
Amazonie : surveillance par satellite Landsat	E	931	19
Arbres : croissance accrue par ondes radio	E	931	19
Australie : déforestation & désastre écologique	A	937	100
Autodiagnostic des émissions de gaz automobile	E	937	31
Azote (pins & recyclage du cycle de l')	E	939	30
Bactéries stomacales (baleine) contre la pollution	E	934	24
Baleines massacrées pour nourrir renards russes	A	938	61
Barrage sur le Danube & équilibre écologique	E	928	19
Biodiversité : richesse animale française en péril	E	931	24
Bioénergie : plankton transforme CO2 en alcool	E	937	24
Biotechnologies & transport postal des bactéries	E	934	32
Bouteille plastique en PET compactable Évian	E	931	27
Bruit : statistiques, plaintes, effets, coûts (Balise)	A	937	40
Castors (activité des) & écosystème	E	933	26
Catastrophes naturelles hors de prix	A	937	42
Centrale électrique vagabonde : coulée !	E	937	21

	Type	N°	Page
Centrale thermique propre au charbon, Gardanne	E	936	29
Cerfs : yeux luisants p/les empêcher de traverser	E	930	26
CFC (ultrasons pour détruire les)	E	935	28
CFC russes (contrebande des) aux États-Unis	E	939	30
Chasseurs français : un lobby hors la loi	A	937	102
Chauffage (économie & radiateurs)	F	930	151
Chiens de prairie (disparition des) en Amérique	E	936	24
Chouette raticide dans les palmerais de Malaisie	E	935	31
Climat (contrôle du) & icebergs détachés	A	933	54
Climat (réchauffement du) & poissons tropicaux	E	938	20
Climat : brise-glace pour étude de l'Arctique	E	930	20
Climat : microclimats à Paris	A	939	46
Climat : soleil, air & eau (Balise)	A	938	40
Climat dans 100 ans (prévision du) (Futurs)	E	938	160
Climat, archéologie & analyse de dents d'animaux	E	939	8
Cyclone Luis aux Antilles (récit de la genèse du)	A	938	42
Dauphins (pollutions marines, PCB & mort des)	E	936	23
Déchets & taxes (interview de M. Le Doré, Onyx)	E	931	26
Déchets France-Espagne : le corridor pyrénéen	A	930	58
Déchets nucléaires en Chine : le casse-tête	E	932	27
Diesels plus propres avec additif & filtre	E	935	114
Drogue (la) détruit l'environnement (Repères)	A	932	30
Eau (l') à prix d'or (enquête)	A	928	89
Écologie mais pas écologisme à Science & Vie	F	932	164
Écologie ou environnement ?	F	928	148
EDF mise en cause par le rapport Souviron	E	929	18
Effet de serre & Académie des sciences (l'Évén.)	E	928	1
Effet de serre & débat sur le réchauffement	E	931	22
Effet de serre (l') ralentit la croissance des arbres	E	936	22
Effet de serre (les effets de l')	E	930	22
Effet de serre : océans, pompes à CO2	E	934	22
Effet de serre : prolifération de fleurs polaires	E	928	15
Énergie : autobus à hythane à Montréal	E	933	95
Énergie : autobus électriques californiens	E	935	113
Énergie : feu vert pour la voiture électrique	A	934	119
Énergie : hydrates de méthane sous-marins	A	931	71
Énergie : hydrogène produit par "photosynthèse"	A	938	54
Énergie solaire : cellules imitant la photosynthèse	E	935	22
Essence propre (le casse-tête de l')	A	932	122
Fleuves, réseaux fluviaux & inondations	HS	192	156
Forêt (les Français et la) : sondage	E	935	31
Forêt (république Guyana offre sa) à la recherche	E	938	21
Forêt au Maroc menacée par culture de cannabis	E	929	21
Forêt de la Grèce ancienne disparue	E	935	24
Forêt décimée : à Rome, 121 pays : vœux pieux	E	932	22
Franklin (Benjamin) réussit à vaincre la foudre	CS	28	1
Gaz halon (extincteurs) dangereux & très français	A	935	118
Greenpeace : plate-forme Shell & essais nucl.	A	937	98
Grillons du métro (pour la protection des)	E	934	26
Indiens suruis (parasite du café ennemi des)	E	936	26
Inondations & remembrement (l'Événement)	E	930	1
Insecticides : distillation globale autour du globe	E	939	26
Jardinage, pesticides & pollution	A	933	88
Lepage (Corinne) : interview de Mme le Ministre	E	934	30
Ligne THT France-Espagne : permis EDF annulé	E	930	23
Lignes haute-tension (le design à l'assaut des)	E	935	115
Lions de mer menacés par trafiquants de drogue	E	933	24
Loups, contrôleurs de la croissance des sapins	E	933	12
Madagascar : écotourisme (interview A. Ralison)	E	932	26
Marée noire en Russie : rupture d'un oléoduc	E	928	20
Météorologie & climat des régions (Balise)	A	935	35
Mont Saint-Michel (le) sauvé des sables	E	932	20
Montagne : étude Dennison (menace humaine)	E	932	25
Moquette (label vert GUT pour)	E	935	25
Nucléaire & cancer : enquête épidémiol. (dossier)	A	939	86
Nucléaire & EDF : le prix de la vérité (suite)	F	938	142
Nucléaire & sécurité : programme Phébus	E	929	19
Nucléaire : courant coupé sur sous-marin russe	E	938	24
Nucléaire : essais à Mururoa avant simulation	A	935	36
Nucléaire : fin ou reprise des essais (l'Événemnt)	E	933	1
Nucléaire : plutonium, le cycle infernal (Repères)	A	934	36
Nucléaire : réacteur bulgare défectueux	E	939	24
Nucléaire : réparation de sous-marin russe coulé	E	935	23
Nucléaire : retour critiqué des déchets au Japon	E	930	28
Nucléaire : Tchernobyl, interview du directeur	E	933	28
Nucléaire à l'Est : l'Europe craint le pire	A	928	82
Odeurs (carte des mauvaises) du métro	E	932	102

	Type	N°	Page
Oiseaux mazoutés (machine à laver pour)	F	929	24
Oxydes d'azote : réacteurs d'avion plus propres	E	929	79
Ozone (générateurs d') pour habitation	F	932	165
Papier : consommation par personne	E	932	104
Pesticides : inconvénients du glyphosate (suite)	F	936	134
Plate-forme (démantèlement) : interview de Shell	E	935	30
Plates-formes pétrolières désaffectées	E	934	32
Pollution automobile (Repères)	A	931	28
Pollution de l'air en France (Repères)	A	933	30
Pollution des sols : carte des sites pollués	E	929	20
Pompes à chaleur sans CFC	E	934	110
Pot catalytique : photo de la réaction chimique	E	933	20
Pot catalytique Energic à hydruure de métal	E	937	21
Prix Média Environnement (photo) : G. Renson	E	936	27
Recyclage (le) manque de plastiques	E	938	30
Recyclage après tri des bouteilles en plastique	E	932	111
Recyclage des déchets des sports d'hiver	E	929	82
Recyclage du fumier de volaille par Rolls-Royce	E	928	16
Recyclage du papier : désencrage enzymatique	E	931	88
Sapins de Noël détecteurs de pollution (PCB)	E	930	24
Solaire (automobile) : World Solar Challenge	E	930	94
Solaire : la plus grande surface photovoltaïque	E	938	22
Télétravail contre pollution (Futurs)	E	938	160
Terre, planète menacée	NS	5	76
TGV en Champagne, modification du microclimat	E	933	29
Tigre (derniers refuges du)	E	930	21
Volcans : le Pinatubo pollue l'atmosphère	E	932	24

ARCHÉO / PALÉONTO / ANTHROPO / ETHNOLOGIE

Afrique : marche des femmes & effet de pendule	E	935	19
Afrique : outils modernes de 75 000 ans	E	935	12
Alexandrie antique retrouvée	A	931	63
Ancêtres de l'homme (la multiplication des)	E	937	6
Arbres préhistoriques : pins d'Australie	E	929	6
Australopithèque Ramidus : 4,5 millions d'années	E	931	10
Boomerang de 200 siècles en Pologne	E	932	8
Caucase : la forteresse imprenable	A	929	64
Chauvet (Jean-Marie, inventeur de la grotte)	NS	3	1
Chevaux d'Amérique (exhumation des premiers)	E	929	11
Chèvre saola au Vietnam : 5 millions d'années	A	932	62
Climat et archéologie	E	939	8
Colombie : trésors de la civilisation San Agustín	A	939	104
Dinosaure en Utah : ADN extrait d'un os	E	929	9
Dinosaure sauropode : record de poids	E	930	10
Dinosaures (extinction des) : théorie mitigée	E	930	10
Dinosaures : nids collectifs & œufs douteux	E	939	18
Égypte : 97e pyramide dégagée à Saqqarah	E	934	12
Égypte : tombes des fils de Ramsès II à Louxor	E	934	12
Ère glaciaire (variations de température de l')	E	938	12
Ethnie russe inchangée en mille ans : les Nenets	E	929	8
Évolution (l') en direct par programme informatiq.	E	933	10
Évolution de l'homme (arrêt de l') (l'Événement)	E	935	1
Faune marine exterminée par plantes terrestres	E	934	23
Fau : il y a 400 000 ans, déjà (l'Événement)	A	934	1
Gauchers du Moyen Âge & droitiers solutréens	E	938	15
Grenouille sauteuse (Prosalirusbitis, première)	E	938	11
Grotte Chauvet (authenticité de la)	F	932	165
Grotte Chauvet : aux sources du sacré	A	930	49
Grotte Chauvet : les plus vieilles peintures	E	935	7
Grotte d'Arcy-sur-Cure : 27000 ans	NS	3	70
Grotte de Boussac : découverte de squelettes	E	934	8
Grotte de Cosquer (le phallus de la)	E	938	8
Grotte de la Combe d'Arc : l'album photo	NS	3	35
Grottes & sens du sacré de nos ancêtres	F	934	166
Grottes préhistoriques à Bornéo	E	935	14
Guyane : travaux EDF & sites archéologiques	E	936	14
Homme (l') a failli disparaître comme le dinosaure	E	932	11
Homo erectus : à pied sur la glace (suite)	F	935	165
Homo erectus en Ile de Flores (Indonésie)	E	931	10
Indiens suruis (parasite du café ennemi des)	E	936	26
Mammouth en Sibérie & niches écologiques	E	938	16
Manuscrits de la Mer Morte enfin révélés	A	933	58
Maya (déchiffrez l'écriture)	A	934	76
Mayas (les) victimes de la sécheresse	E	935	10
Mayas : lavements pour l'extase des chamans	E	938	11
Nécropoles du Mésolithique en Charente-Marit.	E	938	14

Type	N°	Page
Néolithique (destructeurs des dolmens au)	A 937	92
Origines de la vie : bactérie ou cellule ?	A 930	52
Peintures préhistoriques : nature des pigments	E 939	7
Phare d'Alexandrie : vestiges retrouvés	E 929	16
Préhistorique (longue marche & vie de l'homme)	NS 3	1
Races (la science enterre les)	F 932	167
Singes (platyrhiniens) d'Amérique made in Africa	E 934	8
Site de la Côa (Portugal) : immersion annoncée	E 934	16
Site préhistorique portugais menacé par barrage	E 931	20
Sordes pilosus (le) n'était pas poilu	E 928	6
Sous-marin nucléaire reconverti p/archéologues	A 932	112
Terre (histoire de la)	NS 5	26
Trésor de Troyes : pièces de monnaie	E 932	8
Tyrannosaurus rex détrôné par Giganotosaurus	E 939	18
Vertébrés (conodonte et évolution des)	E 934	6
Vestiges : flâneries de vacances en Gaule	A 935	66
Vin romain : reconstitution de crus antiques	A 932	76

BOTANIQUE / ZOOLOGIE / ÉTHOLOGIE

Ambrosio, herbe responsable d'allergies en Isère	E 938	24
Animaux & algues en conditions de vie extrêmes	A 929	50
Araignée (toile d') sur mesure suivant la proie	E 937	8
Arbres (groupes d') à même biorhythme électrique	E 934	23
Arbres : croissance accrue par ondes radio	E 931	19
Arbres préhistoriques : pins d'Australie	E 929	6
Bactéries stomacales (baleine) contre la pollution	E 934	24
Baleine : conserves dénoncées par l'ADN (Japon)	E 928	14
Baleines massacrées pour nourrir renards russes	A 938	61
Bison blanc (naissance d'un) & gènes disparus	E 928	17
Castors (activité des) & écosystème	E 933	26
Chasseurs français : un lobby hors la loi	A 937	102
Chauves-souris & lampes à mercure ou à sodium	E 937	26
Chenille du papillon (lutte biologique contre la)	E 933	22
Chèvre saola au Vietnam : 5 millions d'années	A 932	62
Chevreuil : particularités de reproduction	E 931	14
Chiens de prairie (disparition des) en Amérique	E 936	24
Chouette ratée dans les palmerais de Malaisie	E 935	31
Cigognes noires (protection des)	E 929	22
Crocodiles : 22 espèces menacées	A 928	30
Crotale : sonnette détectrice de proies	E 932	11
Escargot sans phallus : autofécondé & fragile	E 932	10
Fleurs bleues & biotechnologie	E 931	18
Fruits, éthylène et champignons frugivores	E 930	24
Grillons du métro (pour la protection des)	E 934	26
Herbe (hormone de décroissance pour)	E 935	25
Homards américains : l'été en eau douce	E 930	23
Iguane dans les appartements américains	E 937	20
Insectes (vol des) (photos)	A 931	78
Kangourous gris australiens (invasion des)	E 937	22
Lézard de Fernando (prédateur mystérieux du)	E 933	21
Loups, contrôleurs de la croissance des sapins	E 933	12
Mouettes tridactyles fidèles à leur partenaire	E 939	28
Ours : fourrure isolante et conductrice des UV	E 935	18
Ours dans les Pyrénées (protection des)	E 934	28
Ours des Pyrénées : naissance d'un oursin	E 938	25
Parasite (le) & ses hôtes	HS 193	11
Pieuvre géante-baleine échouée, Floride 1896	E 933	10
Poissons en mer Rouge (cahier photos)	A 934	93
Poissons-perroquets bavards & bruyants	E 934	14
Sciences naturelles contre biologie moléc. (suite)	F 933	157
Séduction (moyens de) des animaux	E 930	7
Singes : proposition de statut humain	E 928	8
Singes anthropoïdes : déclaration des droits	E 932	21
Vers (des) sous-marins bâtisseurs de cheminées	E 937	12

AGRICULTURE / ÉLEVAGE / PÊCHE / ALIMENTATION

Alcoolisme & enfants (boisson Cola Lips)	E 939	12
Alimentation : les mécanismes du goût	E 931	90
Alimentation des bébés : effets de mode	E 935	18
Aliments (jet de lumière contre moisissure des)	E 932	111
Aliments du futur et réveil de l'an 2000	A 928	104
Aquaculture : élevage d'ormeaux dans la Manche	E 933	98
Aquaculture : la France 4e producteur d'algues	E 937	26
Azote (pins & recyclage du cycle de l')	E 939	30
Bâtiment vert intelligent pour élevage porcine	E 929	87

Type	N°	Page
Blé cuit en dix minutes (Ebly, de l'INRA)	E 929	86
Blé résistant aux pucerons	E 939	28
Bouteille Oasis avec filtre à ultraviolets	E 934	114
Brasserie (art de la) & vie de James Joule	CS 29	1
Chenille du papillon (lutte biologique contre la)	E 933	22
Cucurbitacées (origine des)	F 930	150
Eau de mer en bouteille à Saint-Malo	E 939	25
Fruits, éthylène et champignons frugivores	E 930	24
Graisses & santé : pas toutes le même effet	A 932	69
Irradiation des aliments agréée par l'OMS	E 929	23
Lait fermenté LC1 & santé : publicité illégale	E 930	9
Luzerne & protéines alimentaires	E 931	87
Pesticides & cancer des agriculteurs (enquête)	A 933	85
Riz basmati européen : bientôt ?	E 932	14
RMN pour vérifier la fraîcheur de la viande	E 939	34
Robot de cueillette des oranges et mandarines	E 935	112
Stérilité : l'alimentation en question (l'Événement)	E 939	1
Sucre bienfaiteur de la flore intestinale	E 933	101
TGV en Champagne, modification du microclimat	E 933	29
Thons (les) migrent-ils ?	E 928	18
Truffe chinoise (invasion de la) : l'arnaque	A 935	124
Vin & paradoxe épidémiologique français	E 930	18
Vin : procédé "Flash Décente" pour le raisin	E 931	87
Vin romain : reconstitution de crus antiques	A 932	76

BIOLOGIE MOLÉC. / GÉNÉTIQUE / SEXUALITÉ / ÉTHIQUE

ADN (un peigne pour démêler l')	E 935	7
ADN extrait d'un os de dinosaure en Utah	E 929	9
Bactérie endormie dans une abeille	E 934	18
Bactéries : même combat pour plantes & animaux	E 936	18
Biologie moléculaire contre Sciences nat. (suite)	F 933	157
Biologie moléculaire, vagues & insultes (suite)	F 931	152
Biotechnologie : accélérateur de l'évolution	A 939	162
Biotechnologie : création de fleurs bleues	E 931	18
Bison blanc (naissance d'un) & gènes disparus	E 928	17
Cafards (système immunitaire des)	E 935	16
Cancer & mort cellulaire programmée (apoptose)	E 933	14
Cancer (le gène ATM du)	A 936	82
Cellules cherchent équilibre (l'Expérience)	R 938	132
Contraception masculine, RU486 & Pr Beaulieu	A 928	56
Découvertes (les grandes) médicales	NS 4	22
Écologie virale (règles de l')	HS 193	80
Embryologie : les 9 premiers mois de la vie	HS 190	1
Enzymes à tout faire (l'Expérience)	R 936	126
Escargot sans phallus : autofécondé & fragile	E 932	10
Évolution de l'homme (arrêt de l') (l'Événement)	E 935	1
Fécondation in vitro : danger de la congélation ?	E 931	13
Fécondation sans spermatozoïdes (spermatides)	E 937	36
Gène du crime aux États-Unis (l'Événement)	E 938	1
Gènes (commerce) : l'Europe dit non (l'Événement)	E 931	1
Génie génétique, manipulations du vivant (Point)	A 937	71
Génome humain : logiciels IntelliGenetics	E 931	88
Génomiques complets (déchiffrement de) de bactéries	E 936	16
Homéopathie (Biologie amusante)	R 931	144
Hormonaux (mise en place des systèmes)	HS 190	74
Immunisation : vaccin à l'ADN	A 933	66
Infiniment petit (brève histoire de l')	HS 193	4
Intelligence et hérédité (dossier)	A 928	47
Microbiologie (naissance de la) (Biologie amus.)	R 928	140
Molécules (modéliser les) (Biologie amusante)	R 929	140
Molécules antivirales & thérapie combinatoire	HS 193	134
Mouche (une) avec quatorze yeux	E 932	6
Mouches (gène "w" de l'homosexualité des)	E 935	10
Neurones : 5000 à la seconde (gestation)	HS 190	88
Obésité : le poids de l'hérédité	A 929	56
Odeurs, sexualité et histocompatibilité humaine	E 935	16
Origine de la vie & chercheur français (suite)	F 939	147
Origine de la vie (A. Commeyras découvreur)	A 935	58
Origines de la vie : bactérie ou cellule ?	A 930	52
Oxygène (les dangers de l') (Biologie amusante)	R 930	142
Parasite (le) & ses hôtes	HS 193	11
Photosynthèse & structure d'une enzyme	E 929	14
Photosynthèse (molécule de la) (Biologie amus.)	R 933	148
Pile (construire une) avec une pomme (Biol. am.)	R 932	156
Races (la science enterre les)	F 932	167
Races humaines (la science ne connaît pas les)	F 930	150

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Réplication virale (les 3 temps de la)	HS	193	90	Goût (les mécanismes du)	E	931	90
Reproduction animale & humaine dans l'espace	A	935	45	Graisses & santé : pas toutes le même effet	A	932	69
Reproduction des hommes dans l'espace (suite)	F	937	144	Grippe (virus de la) : des millions de morts	HS	193	76
Reproduction humaine : semi-parthénogenèse	E	939	14	Grossesse : les 9 premiers mois de la vie	HS	190	1
Rétrovirus : homologie avec certains gènes	HS	193	57	Hépatite C : alerte à l'épidémie en France	E	939	41
Sang (la genèse des cellules du)	HS	190	78	Homéopathie (suite) : réactions des lecteurs	F	933	156
Sang artificiel (gènes de crocodiles pour)	A	931	51	Homéopathie : le retour des fausses preuves	A	929	60
Sexe : différenciation à partir du 3e mois	HS	190	61	Homéopathie : scepticisme des médecins (suite)	F	931	154
Sociobiologie : nos maîtres les oiseaux ?	E	938	17	Hôpital et système hospitalier français	NS	4	133
Tubuline (protéine des tubules) modifiée	E	931	14	Imagerie médicale : anatomie du cerveau	A	933	78
Variation (la) : l'intelligence des virus	HS	193	49	Ionisation de l'air (bienfaits & inconnues de l')	F	929	150
Veillesse, projet Chronos & gènes de la longévité	A	931	54	Irradiés volontairement (enfants), USA 1951	E	930	12
Veillessement programmé (suite)	F	935	165	Maladies d'aujourd'hui	NS	4	32
Vinaigre de l'acide acétique (Biologie amusante)	R	934	156	Maladies infectieuses (grands fléaux)	NS	4	8
Virus & animaux domestiques	F	937	144	Maladies virales (les) & leurs symptômes	HS	193	96
Virus : histoire, formes, transmission, défense...	HS	193	1	Malvoyants : rééducation neurosensorielle	A	934	88
Virus : la fin de l'homme ? (dossier)	A	934	40	Mathématiques (maîtrise des) : innée ou acquise	A	936	58
Virus marin LVP (pseudo) dans les radiolaires	E	928	6	Médecine (& médecine douce) : profession	NS	4	118
Vitamines (découverte des) (Biologie amusante)	R	935	156	Médecine du futur	NS	4	87
				Mémoire : apprendre en dormant (suite)	F	935	165
				Mémoire : le glutamate neurotransmetteur	E	931	12
				Moelle épinière : restauration après lésion	A	928	40
				Mort subite du nourrisson : prévention anglaise	E	930	15
				Naissance (moment de la) & théorie du chaos	A	938	69
				Obésité (protéine leptine contre l')	A	936	86
				Obésité : le poids de l'hérédité	A	929	56
				Os (collé Norian SRS pour fractures des)	E	933	7
				Ozone (générateurs d') pour habitation	F	932	165
				Parkinson (maladie de) : électrode dans cerveau	E	939	40
				Peste en Inde : menace-t-elle l'Europe ?	A	930	78
				Phlébite en avion (syndrome de la classe écon.)	F	928	151
				Placenta : un tuteur polyvalent	HS	190	114
				Poumons (les) prennent de l'aire au 5e mois	HS	190	98
				Préservatif en polyuréthane	E	931	84
				Rayons X (applications des) (cahier photos)	A	938	99
				Reins : une histoire à épisode (gestation)	HS	190	106
				Rembourrage anti-escarre primé à Genève	E	933	94
				Santé (l'état de) des Français	NS	4	13
				Santé (le prix de la) & Sécurité sociale	NS	4	157
				Sida & sang chaud : décontaminer le malade ?	F	932	164
				Sida : cortisone contre VIH	E	932	16
				Sida : l'Afrique réagit	A	939	76
				Sida : l'efficacité des cocktails	E	938	37
				Sida : la salive est protégée contre le virus	E	931	7
				Sida : le virus ne dort jamais	A	930	72
				Sida du singe (contamination d'hommes par le)	E	930	16
				Sommeil & mémorisation des expériences	E	930	12
				Stérilité : l'alimentation en question (l'Événement)	E	939	1
				Syndrome du Golfe (empoisonnement de l'eau)	E	929	12
				Tabac (limites de consommation)	F	930	152
				Tabac : statistiques fausses sur la fumée passive	E	930	16
				Taille moyenne des Français (en croissance)	E	931	14
				Thérapie génique : rendre des virus utiles	HS	193	140
				Ulcère : vers un vaccin	E	932	16
				Vaccins (les nouveaux)	HS	193	128
				Veillesse : la pilule du Pr Beaulieu à l'essai	E	929	12
				Veillesse, projet Chronos & gènes de la longévité	A	931	54
				Vin & paradoxe épidémiologique français	E	930	18
				Virtual (les vertiges du)	A	936	156
				Virtual (lunettes à réalité) & vertiges (suite)	F	938	140
				Virtual (réalité) contre les phobies	E	937	37
				Virus : histoire, formes, transmission, défense...	HS	193	1
				Virus : la fin de l'homme ? (dossier)	A	934	40

SANTÉ / MÉDECINE / PHYSIOLOGIE / CERVEAU

Afrique : marche des femmes & effet de pendule	E	935	19
Alcoolisme & enfants (boisson Cola Lips)	E	939	12
Allergies & choc anaphylactique plus fréquents	A	932	64
Alzheimer (maladie d') : test au collyre	E	928	7
Antenne médico-chirurgicale (AMC) pliable	E	930	92
Aspirine (action de l') enfin élucidée	E	938	37
Botuline, poison pour lutter contre l'achalasie	E	933	11
Cancer & mort cellulaire programmée (apoptose)	E	933	14
Cancer & nucléaire : enquête épidémiol. (dossier)	D	939	86
Cancer (le gène ATM du)	A	936	82
Cancer : affamer les tumeurs (privées de sang)	E	930	14
Cancer : F. Mitterrand & PB 100 du Pr Beljanski	A	933	33
Cancer : SPC pour protéger la moelle osseuse	E	936	37
Cancer des agriculteurs & pesticides (enquête)	A	933	85
Cancer des hôtes de l'air & rayons cosmiques	E	938	22
Cancéreuses (comment faire vieillir les cellules)	E	938	36
Cancérogènes (les 6 virus) chez l'homme	HS	193	113
Cannabis légalisé comme médicament aux USA ?	E	936	36
Cécité : trop de vaisseaux à cause d'une protéine	E	932	14
Cerveau (le) à la recherche de l'âme	NS	6	16
Cerveau (perceptions connotées par le)	E	937	15
Cerveau (régénération du)	E	934	7
Cerveau : Freud avait raison (dossier)	A	933	68
Cerveau : interprétation moléculaire des rêves	E	934	18
Cerveau : le mouvement de la marche mémorisé	E	937	14
Cerveau droit et gauche, sexe et poésie	E	931	15
Cerveau, comportement & affaire P. Gage (suite)	F	928	151
Chirurgie & allages à mémoire de forme	E	929	84
Chronothérapie : médicaments à l'heure H	A	937	64
Corps humain (photos et dessins du)	NS	4	99
Cosmétiques : crèmes solaires dangereuses ?	A	934	127
Découvertes (les grandes) médicales	NS	4	22
Dents, traitements, hérédité	F	934	165
Dépression (stimulation magnétique contre la)	A	937	57
Diabète : capteur électronique de glucose	M	938	139
Echographie : une réforme s'impose	A	932	117
Empoisonnement par corps agonisant & chimie	A	938	76
Endurance : quand l'homme dépasse ses limites	A	929	70
Erreurs, escroqueries médicales, trafic d'organes	NS	4	145
Fécondation sans spermatozoïdes (spermatides)	E	937	36

HISTOIRE, SOCIÉTÉ, ESPRIT

HISTOIRE / HISTOIRE DES SCIENCES

Anniversaires de l'année 95 : Hiroshima, Pasteur...	NS	6	96
Brasserie (art de la) & vie de James Joule	CS	29	1
Bureau des longitudes : la guerre des mers	A	938	110
Caucase : la forteresse impenable	A	929	64
Cinéma (miroirs & roues dentées du labo au)	CS	25	70
Cinéma en couleurs & sortie de "Jour de fête"	HT	14	24

Cosmonautes cobayes en URSS en 1967	A	932	98
Coulomb (balance de) : mesure force électrique	CS	26	1
Cristaux liquides : P.-G. de Gennes années 70	HS	192	20
Électrique (mesure de la force) par Coulomb	CS	26	1
Empédocle : on recherche photo (suite)	F	928	149
Foudre (comment B. Franklin réussit à vaincre la)	CS	28	1
Gauchers du Moyen Âge & droitières solutréens	E	938	15
Gennes (Pierre-Gilles de) : vie & œuvre	HS	192	4

	Type	N°	Page
Hertz (Heinrich) & l'existence des ondes radio	CS	30	1
Hiroshima, bombe A, guerre, ravages (dossier)	A	935	77
Joule (James) : rapport entre travail & chaleur	CS	29	1
Laser (du maser au)	HS	192	103
Lumière (mesure de la vitesse) au XIXe siècle	CS	25	1
Manuscrits de la Mer Morte enfin révélés	A	933	58
Mètre et système métrique : décrété en 1795	A	939	106
Napoléon (empoisonnement de) à l'arsenic	E	936	10
Newton dessinait mal (dynamique des orbites)	E	929	10
Ondes radio (les) révélées par Heinrich Hertz	CS	30	1
Optiques (instruments) au XIXe siècle	CS	25	36
Paratonnerre (B. Franklin, savant inventeur du)	CS	28	1
Pascal (Blaise) & la pression atmosphérique	CS	27	1
Pasteur : sa "pensée unique" a tout révolutionné	A	937	112
Pile électrique (histoire de la)	CS	26	88
Planètes (rotation des), Popper & Copernic	F	930	151
Polymères : invention des blobs, P.-G. de Gennes	HS	192	30
Pression atmosphérique (la) & Blaise Pascal	CS	27	1
Relativité : Einstein ou Poincaré (suite)	F	939	148
Relativité : Poincaré a précédé Einstein	A	931	114
Röntgen : découverte des rayons X en 1895	A	936	98
Rostand (Jean) : précurseur et contemporain	A	928	38
Supraconducteurs : P.-G. de Gennes années 60	HS	192	12
Titanic : l'acier de la coque était trop fragile	A	933	108
Titanic cassant & mouton de Charpy (suite)	F	936	136
Torsion (appareils de mesure à) au XIXe siècle	CS	26	80
Travail & chaleur (mesure du rapport) : J. Joule	CS	29	1

SCIENCES HUMAINES / SOCIÉTÉ / ÉCONOMIE

Armes chimiques : après Tokyo (sarin), Paris ?	A	932	32
Atlas physique, économique, démographique 95	NS	5	1
Avions high-tech : apport des sciences humaines	HS	191	43
Cancer : F. Mitterrand & PB 100 du Pr Beljanski	A	933	33
Catastrophes naturelles hors de prix	A	937	42
Chômage (la vérité sur les chiffres du) (Enquête)	A	939	96
Communication : un piège ? (Futurs)	A	936	148
Démographie : qui nourrira la Chine ?	E	928	10
Démographie : un monde déséquilibré	NS	5	86
Drogue (explosion de) en ex-URSS	A	937	160
Eau (!) à prix d'or (enquête)	A	928	89
Extraterrestre de Roswell : imposture	A	938	104
Français (l'état de santé des)	NS	4	13
Gène du crime aux États-Unis (l'Événement)	E	938	1
Grotte de Buchy (enquête sur les morts de la)	A	936	42
Habitat rural : influence des sols & des climats	NS	5	40
Intelligence & hérédité (Dossier)	A	928	47
Internet (terrorisme électronique sur)	E	929	7
Internet : de plus en plus incontrôlable	A	933	114
Irradiés volontairement (enfants), USA 1951	E	930	12
Lune : robots pilotés depuis un parc d'attractions	E	938	158
Monnaie électronique (Futurs)	A	938	152
Ordinateur portable & créativité hors bureau	E	935	111
Papier : consommation par personne	E	932	104
Pascal (Blaise) & article sur Freud (suite)	F	935	166
PNB contre mesure écol. de richesse (Futurs)	A	939	158
Population française, recensement 1990 (Balise)	A	939	44
Recherche & candidats à l'élection présidentielle	A	931	30
Retraite & ségrégation	F	930	153
Rivalités mondiales (Atlas 96)	NS	5	104
Schengen : fiasco du réseau de contrôle inform.	A	935	106
Science des pays pauvres ch. reconnaissance	E	939	20
Sécurité sociale : le prix de la santé	NS	4	157
Singes anthropoïdes : déclaration des droits	E	932	21
Sondages (suite) & pratique des langues	F	933	158
Sondages : ce qu'ils nous cachent (enquête)	A	929	105
Statistiques fausses sur la fumée passive	E	930	16
Télétravail contre pollution (Futurs)	E	938	160
Télévision, invention du siècle	E	932	106
Tests de personnalité : de pire en pire	E	928	66

ÉDUCATION / FORMATION / RECHERCHE / SCIENCE

Bibliothèque nationale de France & informatique	A	930	32
Biologie moléculaire, vagues & insultes (suite)	F	931	152
Découvertes scientifiques de l'année	NS	6	28
Événements scientifiques de l'année	NS	6	4

Futuroscope de Poitiers : odyssée du cinéma	A	939	113
Gennes (P.-G. de) : la science et la jeunesse	HS	192	167
Grothendieck (Alexandre) : mathématicien ermite	A	935	53
Invention (l'esprit d') & P.-G. de Gennes	HS	192	65
Laboratoires CDC d'Atlanta contre les virus	HS	193	86
M6 (trophée scientifique de) & robots	E	932	108
Multimédia au Pôle Universitaire L. de Vinci	HT	17	86
Musées de France (laboratoire de recherche des)	A	936	90
Nobel 1995 : la vie (cahier photos)	A	939	78
Pays qui font la science (suite)	F	932	164
Recherche & candidats à l'élection présidentielle	A	931	30
Russie : mort annoncée de la science	A	930	82
Science (les pays qui font la) (Instantané)	A	930	30
Science des pays pauvres ch. reconnaissance	E	939	20

JEUX / MATHÉMATIQUES

Arc-en-ciel : pourquoi pas carré ? (Énigmes)	R	937	136
Calculatrice prodige Texas Instruments TI-92	A	938	116
Calendrier : XXe siècle (suite)	F	933	158
Chiffres : la nature préfère les 1 (Énigmes)	R	938	134
Consoles de jeux Sony, Goldstar & Sega	A	938	120
Échecs : charge d'infanterie	R	933	154
Échecs : déviation	R	935	162
Échecs : le bon jugement	R	931	150
Échecs : le mat de Legal	R	928	146
Échecs : le roque cimetièr	R	929	146
Échecs : lois de la dynamique	R	934	162
Échecs : partie d'Etienne Bacrot, 12 ans	R	932	162
Échecs : spéculation	R	930	148
Fractions (simplification des) (Énigmes)	R	939	138
Géométrie : angle droit = angle obtus (Énigmes)	R	936	128
Grothendieck (Alexandre) : mathématicien ermite	A	935	53
Jeu : testez vos connaissances	A	935	128
Jeux vidéo : console ou PC ?	HT	18	38
Jeux vidéo hyperréalistes : Espace Sega à Paris	E	934	134
Mathématiques (maîtrise des) : innée ou acquise	A	936	58
Mathématiques : la passion Grothendieck (suite)	F	939	147
Maths : casse-tête à trous	R	930	149
Maths : casse-tête de nature séquentielle	R	935	163
Maths : d'autres puzzles	R	932	163
Maths : jeu de chiffres sur 1995	R	928	147
Maths : jouez à saute-jetons	R	934	163
Maths : multiplications à compléter	R	931	151
Maths : puzzle, le Digit et le Serpent	R	929	147
Maths : retournement de chiffres	R	933	155
Nombres premiers (recherche des) (Inform. am.)	R	933	146
Nombres premiers : comment les créer	A	932	58
Nombres premiers traqués par les lecteurs (suite)	F	936	136
Sphères accolées & calcul de surface minimum	E	938	16
Théorème de Fermat : toujours l'attente	E	928	12

LANGAGE / COMMUNICATION / JOURNALISME

Biologie moléculaire contre sciences nat. (suite)	F	939	149
Cerveau (perceptions connotées par le)	E	937	15
Esquimaux, Eskimo ou Inuit, Inuk	F	933	159
Langues parlées en France (déchiffrage)	A	929	26
Maya (déchiffrez l'écriture)	A	934	76
Science & Vie : vers le XXIe siècle	E	936	1
Sondages (suite) & pratique des langues	F	933	158
SVM Multimédia, magazine du CD-ROM (l'Évén)	A	937	1
Traduction de réunion téléphonique (Interpretel)	E	930	94

MYTHES / BLURGS / CURIOSITÉS

Calendrier : JO de l'an 2000 au XXe siècle	F	930	151
Calendrier : polémique sur le 1er jour du XXIe s.	F	937	143
Calendrier : XXIe siècle (suite)	F	933	158
Empoisonnement de Napoléon (suite)	F	938	142
Extraterrestre de Roswell : imposture	A	938	104
Extraterrestres : la grande arnaque (aff. Roswell)	A	935	88
Homéopathie & dilution (suite)	F	934	164
Homéopathie : le retour des fausses preuves	A	929	60
Homéopathie : scepticisme des médecins (suite)	F	931	154
Lévitatie & Ste Thérèse d'Avila (suite)	F	934	165
Maison chauffante (énigme) : comme une pile	A	934	84

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Maison chauffante (suite)	F	939	146	Rochers qui marchent en Californie	E	939	12
OVNI : pourquoi les rejeter ? (suite)	F	935	164	Route qui monte ou qui descend en Bourgogne	F	932	166
OVNI, ch. magnétique & hallucinations (dossier)	A	932	81	Tourbillon d'eau dans les siphons	F	928	151
Pieuvre géante-baleine échouée, Floride 1896	E	933	10	Trou noir : adoptez un bébé trou noir !	A	934	64

PHYSIQUE, CHIMIE, TECHNOLOGIE

PHYSIQUE / CHIMIE

Accélérateur au CERN : le LHC sera construit	E	930	7
Adhésion (les mystères de l') & P.-G. de Gennes	HS	192	54
Arc-en-ciel : pourquoi pas carré ? (Enigmes)	R	937	136
Atome : noyaux vaporisés au GANIL de Caen	E	931	12
Boson de Higgs recherché au CERN (photos)	A	937	86
Chaos et physique non linéaire	HS	192	138
Colles : comment ça marche	R	931	136
Compteur électrique (comment ça marche)	R	933	140
Coulomb (balance de) : mesure force électrique	CS	26	1
Cristaux liquides : P.-G. de Gennes années 70	HS	192	20
Diamant : fin du monopole, secrets, outil (dossier)	A	938	79
Électrique (mesure de la force) par Coulomb	CS	26	1
Électron, photon, neutron (comment voit-on un) ?	F	928	148
Élément 110 (découverte de l')	E	928	11
Éléments chimiques (trois) d'origine énigmatique	E	932	7
Empoisonnement par corps agonisant & chimie	A	938	76
Fleuves, réseaux fluviaux & inondations.	HS	192	156
Foudre (comment B. Franklin réussit à vaincre la)	CS	28	1
Fractal (théorie de l'espace) de Laurent Nottale	A	936	47
Frottement (les lois du) & P.-G. de Gennes	HS	192	74
Gennes (P.-G. de) : la science et la jeunesse	HS	192	167
Gennes (Pierre-Gilles de) : vie & œuvre	HS	192	4
Gouttes (la physique des) & P.-G. de Gennes	HS	192	42
Grains (des) de sable qui aiment l'ordre	HS	192	86
Hertz (Heinrich) & l'existence des ondes radio	CS	30	1
Huile (dispersion d'une goutte d') & B. Franklin	HS	192	80
Hydrogène produit par mécanisme de photosynth.	A	938	54
Joule (James) : rapport entre travail & chaleur	CS	29	1
Labyrinthes : résolution par une onde chimique	E	936	8
Laser (du maser au)	HS	192	103
Laser bleu à semi-conducteurs (le 1er français)	E	933	94
Lévitait magnétique & aimants flottants (suite)	F	936	135
Lévitait magnétique (comment ça marche)	R	934	148
Lumière (mesure de la vitesse) au XIXe siècle	CS	25	1
Lumière (molécules de)	E	937	8
Lumière (voyager plus vite que la)	A	937	52
Lumière : G. Jones nie l'existence des photons	A	928	28
Magnétique (lévitation) : le train Maglev s'envole	A	929	88
Maison chauffante (énigme) : comme une pile	A	934	84
Matériaux (quand les) deviendront intelligents	HS	192	160
Matériaux : le diamite plus dur que le diamant	E	928	59
Matière (4e état de la) : l'effet BEC	E	936	6
Matière molle (microscopes pour voir la)	HS	192	117
Musées de France (laboratoire de recherche des)	A	936	90
Neutrino (insoutenable légèreté du)	E	938	10
Neutrinos (les) ont une masse : expérience Gallex	E	928	9
Nucléaire : fusion par laser NIF aux États-Unis	E	933	16
Ondes radio (les) révélées par Heinrich Hertz	CS	30	1
Origine de la vie (A. Commeyras découvreur de l')	A	935	58
Paratonnerre (B. Franklin, savant inventeur du)	CS	28	1
Pascal (Blaise) & la pression atmosphérique	CS	27	1
Phosphore (danger des objets phosphorescents)	F	937	145
Physique (fin de la) & théorie de tout	F	937	142
Pile électrique (histoire de la)	CS	26	88
Polymères : invention des blobs, P.-G. de Gennes	HS	192	30
Poudres (mécanique des) : pratiques & théorie	HS	192	147
Pression atmosphérique (la) & Blaise Pascal	CS	27	1
Quark top : découverte de l'année	NS	6	22
Quark top observé au Fermilab	E	931	6
Rayons X (applications des) (cahier photos)	A	938	99
Relativité : Einstein ou Poincaré (suite)	F	939	148
Relativité : Poincaré a précédé Einstein	A	931	114
Relativité : quand Newton trouble Einstein	F	938	141
Renormalisation (groupe de) & phénom. critiques	HS	192	110
Reproduction à l'eau sur une vitre	F	928	151

RMN pour vérifier la fraîcheur de la viande	E	939	34
Röntgen : découverte des rayons X en 1895	A	936	98
Supercordes (relativité & mécanique quantique)	A	934	69
Supersymétrie & quarks "beauté" au CERN	E	939	6
Supraconducteurs : P.-G. de Gennes années 60	HS	192	12
Supraconductivité : la théorie BCS	HS	192	96
TGV (courant triphasé pour le)	F	935	166
Thermodynamique : amortisseur colloïdal	A	939	70
Titanic cassant & mouton de Charpy (suite)	F	936	136
Travail & chaleur (mesure du rapport) : J. Joule	CS	29	1
Vitesse de la lumière (la vraie)	F	937	143
Zéro absolu & nouveaux états de la matière	HS	192	127

INVENTIONS / TECHNIQUES / INDUSTRIE / CONSTRUCTION

Alliages à mémoire de forme & chirurgie	E	929	84
Antenne médico-chirurgicale (AMC) pliable	E	930	92
Arbres (appareil pour mesurer le diamètre des)	M	931	92
Architecture : maison ronde "Ciel du Soleil"	E	936	7
Ballon éclairant (capuchon pour) (suite)	F	931	155
Ballon éclairant (mise au point de Ph. Stark)	F	936	135
Bâtiment vert intelligent pour élevage porcine	E	929	87
Béton (le "Lézard" surveille les parois en)	E	933	92
Bouteille Oasis avec filtre à ultraviolets	E	934	114
Brutisseuse pour couverts (Invention du mois)	M	936	133
Chariot C21 (nouveau) pour grandes surfaces	E	930	89
Détecteur de faux billets (l'Incontournable)	E	934	109
Distributeur automatique de barbe à papa	M	934	111
Emballage : palettes en carton	E	938	30
Emballage à base de neige (Isogloo)	E	929	78
Fil à couper l'huître (Invention)	M	939	144
Gant hospitalier tueur de virus (Hutchinson)	E	938	32
Gaz anti-incendie pour barge off-shore au Congo	E	939	38
Glossières routières esthétiques bois/acier	E	928	66
Horloge de Strasbourg & frein mécanique (suite)	F	933	159
Industrie et technologies : faiblesses françaises	E	936	159
Ingénieurs contre inventeurs (suite)	F	931	153
Lampadaires à mémoire de forme	E	930	91
Laser bleu à semi-conducteurs (le 1er français)	E	933	94
Lin (le) : surprenantes propriétés technologiques	E	937	30
Matériaux avancés (répertoire des)	E	935	112
Microtunnels (promotion des) pour canalisations	E	932	105
Moteur (micro-) français : le plus petit	E	928	58
Moteur (USA) le plus petit & le plus rapide	E	932	103
Nez artificiel Cyranose pour laryngectomisés	M	929	86
Nez électronique suisse à quartz	E	935	110
Peinture à cristaux liquides p'accélérer bateaux	E	929	83
Plasma (magie du) : nettoyage & purification	E	938	34
Plate-forme géante brise-glace (Terre-Neuve)	E	936	34
Plate-forme norvégienne de 472 m de haut	E	934	108
Pompes à chaleur sans CFC	E	934	170
Portes & fenêtres posées de l'extérieur (FU)	E	935	117
Puces électroniques & lingots de silicium	E	934	112
Rembourrage anti-escarre primé à Genève	E	933	94
Robot : modèleur géométrique interactif	E	939	36
Robot de cueillette des oranges et mandarines	E	935	112
Robot japonais p/réparer les lignes électriques	E	932	103
Robot Lauron à 6 pattes à réseau neuronal	E	932	102
Robot Syrano de reconnaissance militaire & civile	A	934	116
Robots & trophée scientifique de M6	E	932	108
Roue sans moyeu Osomos : où en est-on ?	E	931	91
Salon des inventions de Genève 95	E	928	62
Salon des inventions de Genève 95 (invité S&V)	E	929	84
Souder (postes à) économiques Guilbert-Express	E	939	38
Soufflerie climatique pour bâtiments à Nantes	E	932	110
Structures en filigranes écrites au laser	E	933	14
Stylé détecteur de fausse monnaie	E	928	63

Type	N°	Page
Télécommande infrarouge (comment ça marche)	R 929	132
Textiles techniques, matériaux de l'extrême	A 931	94
Torsion (appareils de mesure à) au XIXe siècle	CS 26	80
Touret à câble, pliable et recyclable	E 931	85
Tunnel sous la Manche : luminaires high-tech	E 928	63
Usinage : lubrification par micropulvérisation	E 928	65
Variateurs de lumière (comment ça marche)	R 928	132
Vitres autonettoyantes à oxyde de titane	E 929	87
Vitrine sous pression pour surveillance antivol	E 937	32

AVIATION / ARMEMENT / DÉFENSE

Aéronavale française & porte-avions Ch.-de-G.	HS 191	79
Aéronavale US (2 nouveaux avions pour l')	HS 191	97
Aéroports de Paris (les) sont-ils saturés ?	HS 191	24
Aile volante hypergéante Airbus (1000 passagers)	A 933	103
Airbus 340, premier très long courrier européen	HS 191	56
Airbus A 321 : réacteurs plus propres	E 929	79
Armes chimiques : après Tokyo (sarin), Paris ?	A 932	32
Armes high tech contre le terrorisme	A 930	99
Asie du Sud-Est (avions et missiles en)	HS 191	142
Avion (l') dans les crises internationales actuelles	HS 191	126
Avion ATR 42 de nouveau autorisé à voler	E 930	89
Avion de chasse X-31 supermanœuvrant	A 929	94
Avion de guet Hawkeye p/porte-avions Ch.-de-G.	HS 191	90
Avion espion Hale (Aérospatiale) : très haut	E 939	32
Avions à aile libre : prototype de la Marine	A 939	122
Avions de combat au futur antérieur	HS 191	72
Avions du futur (les super-) remis en cause	HS 191	35
Avions high-tech : apport des sciences humaines	HS 191	43
Cybercombat (le temps du) (Futurs)	A 937	155
Dirigeables russes discoïdes gros porteurs	A 934	102
Drones : moyens aériens non pilotés	HS 191	120
Espionnage spatial : satellites d'alerte	A 936	78
États-Unis : guerre des tarifs aériens	HS 191	15
Grotte de Buchy (enquête sur les morts de la)	A 936	42
Hélicoptère-grue russe de 500 tonnes	E 933	95
Hélicoptères de l'an 2000 Tigre & NH-90	HS 191	103
Hélios, satellite d'observation militaire	D 936	67
Hiroshima, bombe A, guerre, ravages (dossier)	A 935	77
Missiles sol-air portables (la menace des)	HS 191	110
Multimédia individuel à bord des avions	E 937	35
Nucléaire : courant coupé sur sous-marin russe	E 938	26
Nucléaire : fusion par laser NIF aux États-Unis	E 933	16
Nucléaire : réparation de sous-marin russe coulé	E 935	23
Photo-interprétation (PIAO) : logiciel Ocap	A 936	72
Pilotage aérien : les écoles de chasse	HS 191	71
Pilote expert : interview de David M. North	HS 191	62
Robot Syrano de reconnaissance militaire & civile	A 934	116
Satellites militaires & Europe spatiale	HS 191	133
Simulateurs de vol sur ordinateur	HT 16	84
Transport aérien en France (politique du)	HS 191	5
Volte aérienne : l'école française au 1er plan	HS 191	150

AUTOMOBILE / CYCLES / ROUTES

Autobus à hythane (hydrogène/méthane) à Montréal	E 933	95
Autobus électriques californiens (batteries Saft)	E 935	113
Autodiagnostic des émissions de gaz toxiques	E 937	31
Autoroutes ferroviaires réinventées... pour voitures	F 936	137
Bicyclette électrique MBK Ax-ion	A 936	120
Brouillard & sécurité routière	A 928	98
Camions de 250 t diesel/trolley au Nevada	E 936	32
Diesels plus propres avec additif & filtre	E 935	114
Essence propre (le casse-tête de l')	A 937	122
Freinage d'urgence & 3e feu stop clignotant	E 930	95
Freins mécaniques de secours p/poids lourds	M 930	96
Glissières routières esthétiques bois/acier	E 928	66
Moteur 2 temps australien Orbital p/automobile	A 936	106
Moteur hybride : turbine à gaz/moteur électrique	A 930	110
Peinture à cristaux liquides pour automobiles	E 938	32
Pneu à l'épreuve des balles (insert en élastomère)	E 938	29
Pollution automobile (Repères)	A 931	28
Pot catalytique : photo de la réaction chimique	E 933	20
Pot catalytique Energic à hydruure de métal	E 937	21
Priorité à droite (suite)	F 929	150
Roue sans moyeu Osmos : où en est-on ?	E 931	91

Routes : yeux luisants contre traversée des cerfs	E 930	26
Sécurité routière (équipements auto pour la)	E 936	158
Solaire (automobile) : World Solar Challenge	E 930	94
Taxis : gérés par ordinateur, localisés par satellite	E 933	101
Véhicule électrique ou pousse-pousse ?	F 929	151
Voiture électrique (feu vert pour la)	A 934	119
Voiture en kit (roadster Martin)	E 929	119
Voiture micro-compacte Swatchmobile	E 930	88

AUTRES MOYENS DE TRANSPORT

Bateau "intelligent" à Bordeaux : le Nausicaa	A 937	120
Bateau : le danger des ferries, avis d'un capitaine	F 929	148
Bateau Titanic : acier de la coque trop fragile	A 933	108
Bateaux (peinture à cristaux liquides p/accélérer)	E 929	83
Bus-tramway GLT pour Caen	E 930	90
Carte à puce sans contact pour bus et métro	E 928	60
Dirigeables russes discoïdes gros porteurs	A 934	102
Hydroptère (l') a volé sur l'eau	E 928	62
Marine chinoise au XVe siècle, la plus avancée	A 936	94
Métro : carte des mauvaises odeurs	E 932	109
Métros du XXIe siècle à Paris	A 936	112
Navires (STAF : système de stabilisation des)	E 933	93
Péniche catamaran porte-conteneur	M 933	100
Rail/route : autoroute ferrov., Commutor, TGV fret	A 931	104
Sous-marin (petit) de recherche Remora 2000	A 935	121
TGV (courant triphasé pour le)	F 935	166
TGV Duplex sur Paris/Marseille en 1996	E 932	104
Train Maglev japonais à lévitation magnétique	A 929	88
Virtuel : régates de la Coupe America en 3D	E 931	84

LOISIRS / SPORTS / INSTRUMENTS DE MESURE

Balance électronique (comment ça marche)	R 930	134
Compteur électronique (comment ça marche)	R 933	140
Compteur VPV pour bicyclette (Invention du mois)	M 937	141
Jardinage, pesticides & pollution	A 933	88
Mesure du diamètre des arbres (appareil de)	M 931	92
Mètre et système métrique : décrété en 1795	A 939	106
Patinette/trottinette à moteur (suite)	F 937	144
Raquette de tennis amortissant les chocs	E 939	130
Repérage (systèmes de) par satellites GPS	A 933	122
Volte aérienne : l'école française au 1er plan	HS 191	150

ÉLECTRONIQUE / INFORMATIQUE

Amplificateur de poche pour baladeur	R 931	140
Armoire électronique Canon p/stockage docum.	E 930	97
Balance électronique (comment ça marche)	R 930	134
Base de temps (l'Expérience)	R 939	136
Bibliothèque nationale de France & informatique	A 930	32
Bloc-notes : le fichier futé (Informatique amus.)	R 928	138
Calculatrice prodige Texas Instruments TI-92	A 938	116
CD+ musical : moitié CD-ROM, moitié CD audio	HT 15	62
CD-I (interactivité pour tous) & famille CD	A 929	114
CD-ROM & CD-I contre réseaux de programmes	HT 14	92
CD-ROM (questions avant de créer un)	HT 15	84
CD-ROM, CD-I & photo-CD : choisir un lecteur	HT 15	36
CD-ROM, CD-I, CD vidéo, console : quel avenir ?	HT 16	91
Commande vocale (Electr. & Informat. amusantes)	R 930	138
Composant électr. : mini-mémoire D-Ram 256 Mb	E 936	30
Composant Texas Instruments p/radiotéléphones	E 934	114
Consoles de jeux Sony, Goldstar & Sega	A 938	120
Courrier électronique (adoptez le)	HT 17	94
Dessins animés français & image de synthèse	HT 18	44
Diabète : capteur électronique de glucose	M 938	139
Effets spéciaux sur micro-ordinateur	HT 17	46
Événements technologiques de l'année	NS 6	74
Évolution (l') en direct par programme informatiq.	E 933	10
Fractions (addition des) (Informatique amusante)	R 929	138
Génome humain : logiciels IntelliGenetics	E 931	88
Heures (jouons avec les) (Informatique amus.)	R 934	154
Images reçues par radio sur PC (Electron. amus.)	R 929	137
Interface PC : 4096 contacts (Electron. amus.)	R 928	136
Internet (terrorisme électronique sur)	E 929	7
Internet, danger pour la démocratie ? (l'Événemnt)	E 932	1
Jeu d'arcade : les cascadeurs (Informat. amus.)	R 935	154

	Type	N°	Page
Lampes pilotées par ordinateur (Él. & Inf. amus.)	R	932	152
Modulateur psychédélique pour voiture (Él. am.)	R	934	152
Monnaie électronique (Futurs)	A	938	152
Monnaie électronique : carte porte-monnaie	A	932	126
MPEG-1 : décompression pour Vidéo-CD sur PC	HT	18	92
Musique midi à la portée de tous	HT	18	65
Nez électronique suisse à quartz	E	935	110
Nombres premiers (recherche des) (Inform. am.)	R	933	146
Ordinateur portable & créativité hors bureau	E	935	111
Ordre & chaos : promenade de la fourmi (Inf. am.)	R	931	142
Photo numérique : enfin abordable	HT	16	76
Photo-interprétation (PIAO) : logiciel Ocapi	A	936	72
Puces électroniques & lingots de silicium	E	934	112
Radio-amateur + PC & réception d'images	HT	18	88
Reconnaissance vocale & castrat sur ordinateur	A	929	98
Robot Lauron à 6 pattes à réseau neuronal	E	932	102
Schengen : fiasco du réseau de contrôle inform.	A	935	106
Simulateur de présence p/téléphone (Élect. am.)	R	933	144
Simulateurs de vol sur ordinateur	HT	16	84
Simulation 3D d'interactions de particules	E	931	92
Transistor (à quoi sert le) ? (l'Expérience)	R	937	134
TV (la) sur votre ordinateur (carte tuner)	HT	17	91
Variateur de vitesse pour train électrique (Él. am.)	R	935	152
Virtuel : régates de la Coupe America en 3D	E	931	84
Virtuel (les vertiges du)	A	936	156

	Type	N°	Page
Disque laser (comment ça marche)	R	935	148
Dolby numérique à 5 canaux (pentaphonie)	HT	15	66
Enceintes cinéma au banc d'essai	HT	17	30
Hi-fi (salon 95) : intégration du son et de la vidéo	HT	14	34
Hi-fi + télévision = son cinéma	HT	17	26
Hi-fi : bien installer sa chaîne	HT	14	54
Hi-fi : chaîne monobloc ou en éléments distincts ?	HT	15	69
Hi-fi : comment choisir une enceinte	HT	14	40
Hi-fi : comment tester & régler sa chaîne	HT	14	58
Hi-fi : l'ère numérique	HT	13	60
Hi-fi triphonique : 10 enceintes au banc d'essai	HT	18	56
Hi-fi, enceintes-champignon Canon, stéréo large	E	931	125
Laser : comment la lumière écrit et lit un disque	HT	15	26
Magnétophone : disque ou cassette	HT	15	33
Magnétophones numériques DCC (banc d'essai)	HT	13	66
Magnétoscopes : son Nicam	HT	18	24
Micros adaptés aux caméscopes stéréo	HT	17	34
Musique midi à la portée de tous	HT	18	65
Radio (existence des ondes) révélée par Hertz	CS	30	1
Radio numérique par satellite	HT	17	64
Radio-amateur + PC = réception d'images	HT	18	88
Reconnaissance vocale & castrat sur ordinateur	A	929	98
Sonorisation d'amateurs pour soirées dansantes	HT	16	32
Synthétiseur évolutif Farfisa série F	E	928	114
TV et son en réseau dans la maison	HT	17	60

AUDIOVISUEL / TÉLÉCOMMUNICATIONS

Photo / Ciné / Optique

Appareils photo étanches (tous temps & jetables)	HT	14	72
Autofocus (appareil photo) (comment ça marche)	R	932	148
Autofocus : art de la mise au point assistée	HT	13	74
Cinéma (miroirs & roues dentées, du labo au)	CS	25	70
Cinéma en couleurs & sortie de Jour de fête	HT	14	24
Compact Canon Prima Sol, à énergie solaire	HT	14	66
Développer soi-même en noir & blanc	HT	17	78
Filtres optiques (Journal de l'astronomie)	R	933	150
Flash (réussir ses photos au)	HT	14	76
Futuroscope de Poitiers : odyssée du cinéma	A	939	113
Holographie : analyse des vibrations & du bruit	E	938	28
Jumelles électroniques à tout faire	A	932	128
Labo photo (créez votre)	HT	13	84
Laboratoires photo en France (banc d'essai)	HT	16	66
Lunettes astronomiques 1995 (Journal de l'astr.)	R	929	142
Moyen format 6X6 (pourquoi utiliser le)	HT	17	70
Noir & blanc : le renouveau des films & papiers	HT	13	86
Objectifs photo 24 x 36 : guide complet	HT	16	54
Optiques (instruments) au XIXe siècle	CS	25	36
Photo numérique (limites de la) : Kodak DCS 460	HT	17	80
Photo numérique : enfin abordable	HT	16	76
Photo numérique haute définition Kodak/Nikon	A	928	112
Photo sur la neige : les pièges	HT	14	68
Photographier les spectacles	HT	17	74
Photos (reproduction des anciennes)	HT	15	76
Photos au bord de la mer (réussir ses)	HT	16	48
Photos tramées & pseudo-impressionisme	HT	14	82
Projecteurs de diapositives	HT	13	78
Reflex Pentax Z-70, doublement programmé	HT	15	74
Reflex rétro : Canon Eos 50E contre Minolta 600	HT	18	72
Relief : photo, cinéma & télévision 3D	HT	17	50
Stabilisateur optique : 1er objectif Canon p/reflex	E	938	126
Stabilisateurs d'image en photo & vidéo	A	931	120
Séréogrammes : mise au point (suite)	F	931	154
Télescope VLT chilien (construction retardée du)	E	933	8
Torches vidéo (21) au banc d'essai	HT	18	30

Son

Antennes simples pour ondes courtes	HT	14	65
Baladeurs minidisc (5) au banc d'essai	HT	14	50
Bruit analysé par l'holographie	E	938	28
Cassette DAT (la) n'est pas morte	HT	16	42
Cassette DCC Philips (la) résiste aux chocs	E	930	120
CB pour autoradio-K7 stéréo (banc d'essai)	HT	16	36
CD+ musical : moitié CD-ROM, moitié CD audio	HT	15	62
Disque contre cassette	HT	15	17

Télécommunications / Réseaux

Avions (téléphone & multimédia dans les)	HT	16	94
Câblage au Japon horizon 2010	E	934	115
Câble & réseaux câblés : l'heure de vérité	HT	18	34
CNET : exposition des 50 ans à la Villette	E	933	93
Communicateur mobile multimédia CCL	E	930	91
Communication : un piège ? (Futurs)	A	936	148
Courrier électronique (adoptez le)	HT	17	94
GSM : le téléphone portable à moindre coût	HT	18	82
Internet : de plus en plus incontrôlable	A	933	114
Internet, les bonnes adresses : le Cyberscope	R	936	144
Messenger de poche Tam-Tam (sans abonnement)	E	932	134
Radiomessagerie (la) veut séduire les foules	HT	15	90
Radiotéléphone GSM "main libre" du futur	E	936	28
Radiotéléphone GSM : la planète dans la poche	A	939	126
Radiotéléphones : composant Texas Instruments	E	934	114
Satellites et balises de détresse (l'Événement)	E	929	1
Simulateur de présence p/téléphone (Élect. am.)	R	933	144
Taxis : gérés par ordinateur, localisés par satellite	E	933	101
Télécommunications numérisées pour Berlin	E	935	116
Téléphone (fax & minitel dans le)	HT	14	84
Téléphone de poche de l'an 2000 (satellites pour)	HT	14	88
Téléphone portable par satellite Saturn MiniPhone	E	933	126
Téléphone sur liaisons informatiques (Voicepac)	E	939	32
Téléunion avec interprètes (Interpretel)	E	930	94

Télévision / Vidéo / Multimédia

Câble & réseaux câblés : l'heure de vérité	HT	18	34
Caméra TILT (Techn. d'imagerie laser tridimens.)	E	929	80
Caméscopes : prise de vue macroscopique	HT	16	16
Caméscopes : quel format choisir ?	HT	15	48
Casque vidéo NBS Lookman	E	935	134
Cassettes vidéo (conservation des)	HT	18	48
CD-I (interactivité pour tous) & famille CD	A	929	114
CD-ROM & CD-I contre réseaux de programmes	HT	14	92
CD-ROM, CD-I & photo-CD : choisir un lecteur	HT	15	36
CD-ROM, CD-I, CD vidéo, console : quel avenir ?	HT	16	91
Communicateur mobile multimédia CCL	E	930	91
Cybercombat (le temps du) (Futurs)	A	937	155
Dessins animés français & image de synthèse	HT	18	44
Disque contre cassette	HT	15	17
Enceintes cinéma au banc d'essai	HT	17	30
Événements technologiques de l'année	NS	6	74
Hi-fi (salon 95) : intégration du son et de la vidéo	HT	14	34
Imagerie médicale : anatomie du cerveau	A	933	78
Imagina 95 : image de synthèse & réalité virtuelle	HT	13	92
Jeux vidéo : console ou PC ?	HT	18	38
Jeux vidéo hyperréalistes : Espace Sega à Paris	E	934	134
Magnétoscopes à son hi-fi Nicam	HT	18	24

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Magnétoscopes stéréophoniques (micros)	HT	17	34	TV, invention du siècle (sondage IFOP)	E	932	106
Montage vidéo : 4 systèmes au banc d'essai	HT	14	16	TV interactive : TV de services	HT	15	52
Montage vidéo numérique Draco (station de)	A	937	128	TV interactive au Canada	E	937	34
Multimédia au Pôle Universitaire L. de Vinci	HT	17	86	TV numérique (1995, année de la)	HT	13	48
Multimédia & téléphone dans les avions	HT	16	94	TV numérique de l'an 2005	HT	13	44
Multimédia individuel à bord des avions	E	937	35	TV par satellite (installations pour capter la)	HT	13	18
Relief : photo, cinéma & télévision 3D	HT	17	50	TV par satellite : le guide des récepteurs	HT	13	38
Stabilisateurs d'image en photo & vidéo	A	931	120	TV par satellite : programmes en langue française	HT	13	28
Titrage des films vidéo	HT	16	24	TV par satellite : réception par mauvais temps	HT	13	24
TV (la) sur votre ordinateur (carte tuner)	HT	17	91	VHS (le) devient numérique	HT	15	30
TV + hi-fi = son cinéma	HT	17	26	Vidéo-CD de haute définition : quel standard ?	HT	14	22
TV 16/9 améliorée : astuces	HT	17	44	Vidéo-CD sur PC : carte de décompr. MPEG-1	HT	18	92
TV : écran plat géant à micropointes	A	930	117	Vidéodisque numérique de haute capacité	HT	13	52
TV et son en réseau dans la maison	HT	17	60	Vidéoprojecteurs (4) mono-objectif, banc d'essai	HT	15	42
TV : réception satellite en voyage	HT	16	20	Vidéoprojecteurs (écrans du futur)	HT	17	41
TV à péage : le casse-tête des décrypteurs	HT	13	32	Virtuel (affichage publicitaire) à la télévision	E	928	67
TV en relief : visualisation en volume	A	928	68	Virtuelle (lunettes à réalité) & vertiges (suite)	F	938	140

BON DE COMMANDE ANCIENS NUMÉROS ET RELIURES

A découper ou recopier et à retourner paiement joint à
SCIENCE & VIE, Service VPC, 1 rue du Colonel Pierre Avia, 75503 Paris Cedex 15

• Veuillez m'adresser

prix nombre total

Les numéros mensuels de Science & Vie.....

au prix unitaire franco de port de : 23 F (étranger 28 F) soit _____ X _____ = _____

Les numéros Hors série de Science & Vie.....

au prix unitaire franco de port de : 25 F (étranger 33 F) soit _____ X _____ = _____

Les numéros de Science & Vie High Tech.....

au prix unitaire franco de port de : 30 F (étranger 35 F) soit _____ X _____ = _____

Les numéros Cahiers de Science & Vie.....

au prix unitaire franco de port de : 32 F (étranger 42 F) soit _____ X _____ = _____

Le n° spécial La grande aventure scientifique du XX^e siècle

au prix unitaire franco de port de : 35 F (étranger 43 F) soit _____ X _____ = _____

Le numéro spécial L'année 1994 vue par Science & Vie

au prix unitaire franco de port de : 28 F (étranger 36 F) soit _____ X _____ = _____

Le numéro spécial La grotte de la Combe d'Arc

au prix unitaire franco de port de : 25 F (étranger 33 F) soit _____ X _____ = _____

Le numéro spécial Vous et votre santé, bilan 1995

au prix unitaire franco de port de : 32 F (étranger 40 F) soit _____ X _____ = _____

Le numéro spécial Ces découvertes qui changent le monde

au prix unitaire franco de port de : 28 F (étranger 36 F) soit _____ X _____ = _____

Les reliures pour 12 n°s de Science & Vie

au prix unitaire franco de port de : 95 F (étranger 105 F) soit _____ X _____ = _____

Les reliures pour 12 n°s des Cahiers de Science & Vie

au prix unitaire franco de port de : 65 F (étranger 75 F) soit _____ X _____ = _____

• ci-joint mon règlement de :

par chèque établi à l'ordre de SCIENCE & VIE

(étranger: chèque compensable à Paris ou mandat international).

NOM : PRÉNOM :

ADRESSE :

CODE POSTAL : VILLE :

Grands ingénieurs

NOUVELLE
COLLECTION
1996

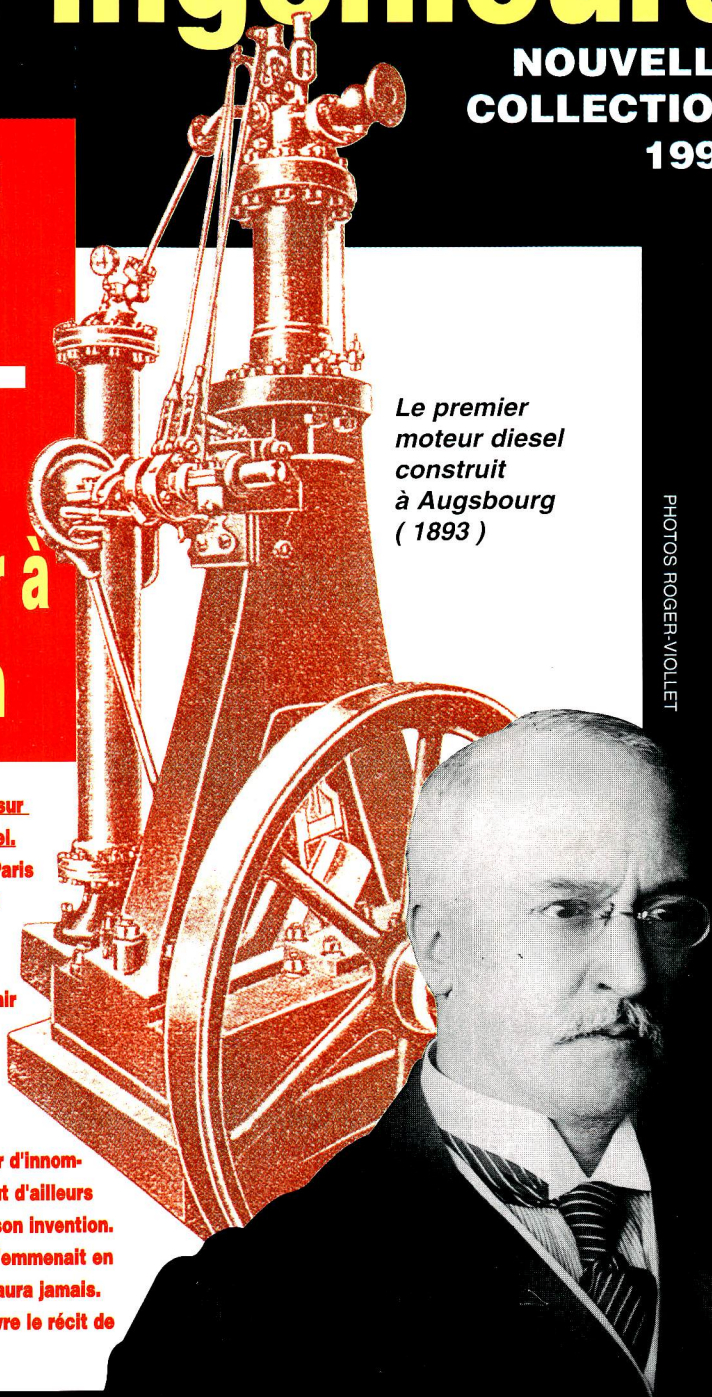
Rudolf DIESEL

D'une idée
de nouveau moteur à
sa concrétisation

Aujourd'hui, près d'une voiture neuve vendue sur deux en France est équipée d'un moteur Diesel. Il porte le nom d'un ingénieur allemand né à Paris en 1858. Ce moteur, à la mise au point duquel Diesel passa toute sa vie ou presque, est né d'une analyse théorique du cycle de Carnot. Elle indiquait qu'il devait être possible d'obtenir un travail mécanique par la combustion spontanée d'huiles très stables portées à très haute pression. Mais de l'idée à sa traduction dans une machine capable de fonctionner, il fallut des années, scandées par d'innombrables problèmes techniques. Diesel ne vécut d'ailleurs pas les premières véritables applications de son invention. En 1913, il tomba du pont d'un paquebot qui l'emmenait en Angleterre : accident ou suicide ? Nul ne le saura jamais. Les CAHIERS DE SCIENCE & VIE vous font vivre le récit de cette invention.

*Le premier
moteur diesel
construit
à Augsburg
(1893)*

PHOTOS ROGER-VOLLET



**LES CAHIERS
DE SCIENCE & VIE**

**DES HISTOIRES RICHES
EN DECOUVERTES**

PARUTION LE 16 FEVRIER 1996



VIE NOMADE

PUBLES CONSULTATION L 0654



VIE ORGANISÉE

Moi, j'ai souvent un sac de sportif. Et un agenda de ministre! Autant dire que mon nouveau

GSM Mobile MATRA 2050 est minuscule, mais tient une sacrée place dans ma vie. Dès qu'on me cherche, on me trouve. Et même

26 heures sur 24*, batterie haute capacité oblige!



MATRA 2050

GSM MOBILE

Le bureau peut même me joindre en pleine sortie de crèche. Ou me laisser un mot pour cause de pause babillage... Sur mon afficheur : 3 lignes actives rien que pour les messages*! Et puis, quand bébé réclame sa maman, j'appuie sur ma touche personnelle et la femme de nos vies nous répond! Parfois même, je me contente d'attendre son appel en admirant mon Matra. Et c'est très bien comme ça.



BELLE VIE

Pour en savoir plus sur ce produit, appelez le (1) 34 60 70 80 ou 99 26 28 30.



VIE DE GARÇON

* Selon les services, la couverture et les paramètres système offerts par les opérateurs.

MON MATRA ET MOI, ON VOIT LA VIE COMME ÇA.

MATRA
COMMUNICATION