

Science & Vie

Mensuel n° 977 - février 1999

www.science-et-vie.com

L'ultime secret de la physique quantique enfin dévoilé

Saint-Exupéry

L'affaire
de la fausse
gourquette

Musique

La fin du
CD audio

L'expérience qui montre
comment la matière
devient réelle



**XX^e
siècle**

T 2578 - 977 - 23,00 F



N° 7 : L'aventure spatiale
avec Claudie André-Deshays



Pour cela être les bienvenus
une voiture très sage.

806. LA VOITURE QUE LES ENFANTS CONSEILLENT À LEURS PARENTS.

Parents, les innovations de la 806 ne vous laissent plus aucune chance de résister aux arguments de vos chérubins. Outre les phares séduction, la nouvelle calandre, les enjoliveurs et les rondeurs fraîchement dessinées de la caisse, ainsi que les pare-chocs assortis, les enfants, sensibles à votre confort, ne manqueront pas de vous faire remarquer la pochette conducteur permettant de garder papiers et cartes routières à portée de main. « Et en plus on peut dessiner sur les tablettes

comme dans l'avion comme ça on est sage », ajouteront les filous, sans oublier bien sûr la prise 12 volts à l'arrière vous permettant de brancher leurs jeux ou votre rasoir, les garnissages et la moquette grand confort.

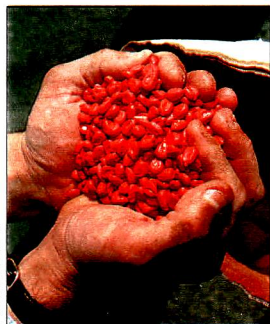
PEUGEOT. POUR QUE L'AUTOMOBILE SOIT TOUJOURS UN PLAISIR.

806



PEUGEOT

OGM : l'Europe tranchera



P. GLEIZES/REA

Le Conseil d'Etat renvoie l'autorisation de commercialiser des variétés de maïs transgénique devant la Cour de justice des communautés européennes.

Greenpeace n'en est toujours pas revenu. Sur sa requête, le Conseil d'Etat suspendait l'exécution d'un arrêté du ministère de l'Agriculture autorisant la commercialisation de trois variétés de maïs transgéniques. Le 11 décembre 1998, il confirmait sa suspension et renvoyait l'affaire devant la Cour de justice des communautés européennes. Pour la première fois, une instance consultative faisait jouer le principe de précaution, arguant du manque d'évaluation de l'impact sur la santé publique du gène de résistance à un antibiotique du maïs transgénique. Quel camouflet pour les commissions d'expertise scientifique qui ont toutes clamé l'innocuité des OGM (organismes génétiquement modifiés) et encouragé la mise en culture des plantes transgéniques!

Une étude menée par l'université de l'Ohio (Etats-Unis) et par le Laboratoire national de Risø (Danemark) avait pourtant révélé l'existence d'un risque de "flux de gènes" des végétaux cultivés vers les plantes voisines de famille proche. Trois biologistes du CNRS ont découvert que le lotier (une légumineuse) génétiquement modifié change le comportement des bactéries proches de ses racines. La recherche scientifique est insuffisante et les chercheurs qui s'intéressent objectivement au problème font l'objet de pressions.

La démonstration de l'intérêt économique des OGM est à faire. A qui profitent-ils? Commercialisés par de grands semanciers (Novartis, Monsanto, DuPont), ils ont été rendus résistants aux pesticides fabriqués par les mêmes groupes agrochimiques qui visent ouvertement le contrôle de la production alimentaire mondiale. Les exploitants agricoles dépendront donc un peu plus de ces grandes firmes, sans garantie d'augmentation de leur rendement et de la baisse de leurs coûts de production.

Peut-on malgré tout faire confiance à ces multinationales? Leur altruisme affiché devrait pâtir d'un rapport de Greenpeace qui décrit comment Monsanto a testé ses pommes de terre transgéniques en Géorgie à l'insu des agriculteurs. **S & V**

Sommaire

n° 977 • février 1999

1 rue du Colonel-Pierre-Avia

75503 Paris Cedex 15

Tél. : 01 46 48 48 48

Fax : 01 46 48 48 67

Adresse Internet :

<http://www.science-et-vie.com>

E-mail : svmens@excelsior.fr

Recevez *Science & Vie* chez vous.

Vos bulletins d'abonnement se

trouvent pp. 33 et 155.

Organigramme p. 7.

Encart abonnement jeté

dans *Science & Vie*.

Diffusion vente au numéro

France métropolitaine.

Couverture : Gilles Moine.



66

■ Qu'il y ait des éclairs un soir d'orage prouve que notre planète est un générateur électrique. Mais qui assure la circulation du courant ?

70

■ Ce sont nos chercheurs qui ont dressé la carte du génome humain. Un savoir qui a engendré une compétition où les brevets valent de l'or. Mais les Français n'ont pas profité de leur avance. Peuvent-ils encore combler ce retard ?

Le plaisir de savoir
Science & Vie

Forum 6

Actualité

Image du mois 10

Recherche 12

Environnement 22

Technologie 28

Médecine 34

En couverture

Découverte 39

Comment la matière devient réelle

Découvertes

Cosmologie

Ces cordes qui ont orchestré

l'Univers 54

Astronomie

Stardust à la poursuite

de la comète 60

Astronautique

Une seconde lune dans le ciel

de France 64

Géophysique

La Terre est une dynamo 66

Génétique

Main basse sur le génome humain 70

Neurologie

Le cerveau a-t-il un sexe? 78

Zoologie

L'invasion du fossile vivant 82

Reportage

Mauritanie, le peuple

qui veut sauver sa pêche 86

B. & C. ALEXANDER/COSMOS

PH. PLAILLY-ESR/FEURELOS

82



■ Ce petit crustacé appelé triops est le cauchemar des riziculteurs. Les scientifiques mettent au point des méthodes pour protéger les rizières sans décimer ce "fossile vivant" vieux de 240 millions d'années.

M. BREGA/AQUA GEOGRAPHIA



94

■ La gourmette trouvée au large de Cassis appartenait-elle à Saint-Exupéry? L'affaire conserve de vastes zones d'ombre... *Science & Vie* a mené l'enquête.

J. PHILLIPS
/LIFE MAGAZINE

PHOTOS NOVOSTI



141

■ Depuis qu'il sait triompher de la pesanteur, l'homme n'a de cesse de conquérir l'Univers. De Youri Gagarine, premier être humain dans l'espace, au projet de station orbitale internationale, toute l'histoire de l'aventure spatiale.

Enquête	
Saint-Exupéry : La bonne affaire de la gourmette	94
Energie	
Le second souffle d'Eole	102

Pl@net

Actualité du multimédia	105
Virtuellement humain... ..	112
Internet	118
CD-Rom.....	120
Conso pl@net.....	122

Science-fiction

Il était le fils de son frère	126
--	------------

Conso

Actualité	132
Le disque compact est-il condamné?.....	136

Encyclopédie xx^e siècle

L'aventure spatiale

141

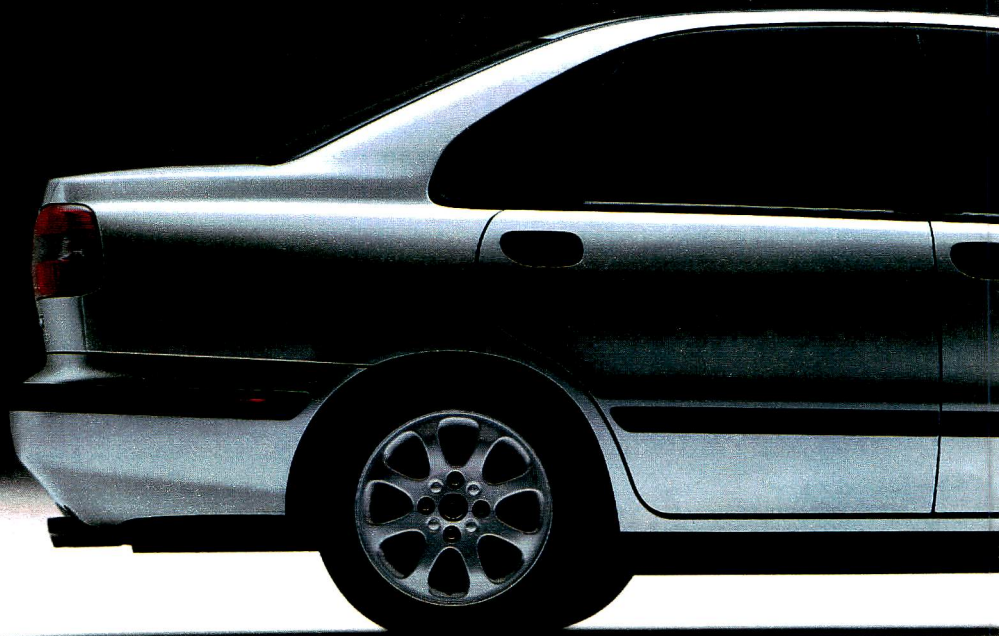
La guerre des étoiles.....	142
Triompher de la pesanteur. .	148
Claudie André-Deshays	
«Le désir d'aller toujours plus loin»	150

Loisirs

Rétro	
Il y a 45 ans	154
Le ciel du mois.....	156
Livres	158
Index 1998	162

LE REVE : VOTRE VOITURE POSS INTERPRETATION DU REVE : VOUS

- Climatisation.
- Airbag conducteur.
- Airbag passager.
- Airbags latéraux.
- Side Impact-Protection System¹.
- Freinage A.B.S.
- Rétroviseurs électriques dégivrants.
- Siège conducteur réglable en hauteur.
- Assise des sièges velours.

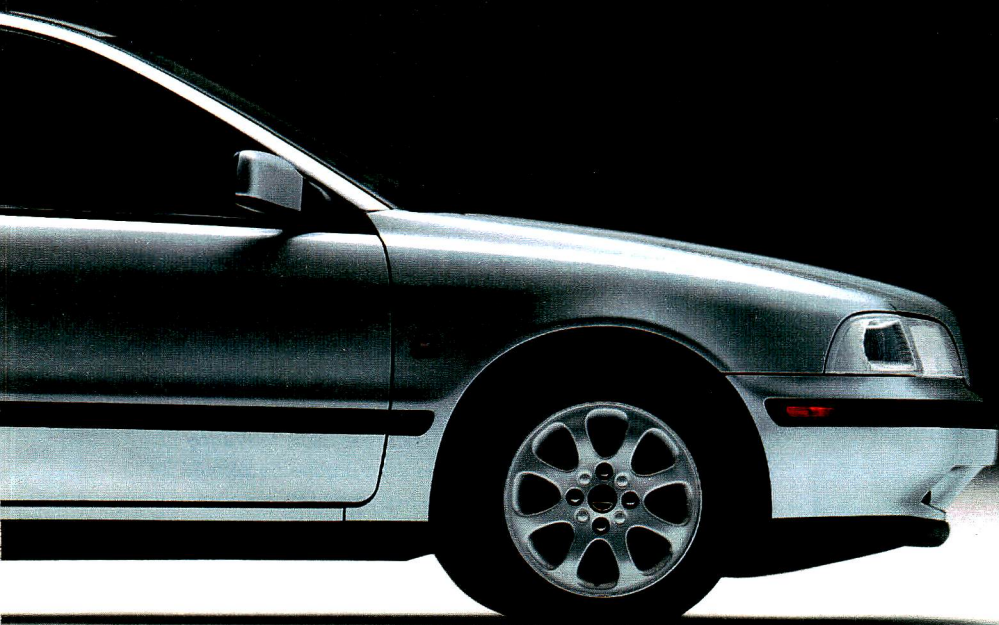


Informations et essais : 3615 Volvo (1,29 F/mn), **N° A 200 0 801 40 40 80** (prix appel local sauf d'un tel mobile)

VOLVO

EDAIT PLUS D'EQUIPEMENTS. S VOULEZ ACHETER UNE VOLVO.

- Appuis-tête arrière réglables.
- Pneus larges 195/55 R 15.
- Réglage lombaire des sièges avant.
- Banquette arrière 2/3 - 1/3.
- Réglage électrique des phares.
- Volant réglable en hauteur.
- Vitres avant électriques.



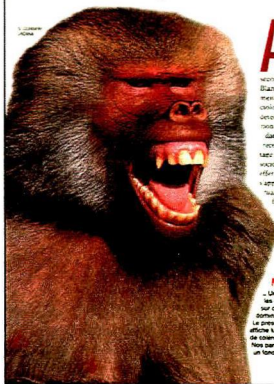
VOLVO S40. A PARTIR DE 123 900 F*.

ou <http://www.volvocars.volvo.fr> * S40 1,6 I, AM 99, tarif conseillé au 01/01/99. Modèle présenté : Volvo S40 1,6 I, avec options : 131 050 F.

Forum

La grande parade des politiques

PAR PHILIPPE LAMBERT



Après avoir vu un singe se moquer d'Alain Juppé, puis d'autres primates se moquer de certains présidents, on se dit que le monde de la politique n'est pas si différent de celui des singes. C'est ce que nous allons voir dans cet article.

Montrer les dents...
« Une mimique faciale des singes, et en particulier celle de la « grimace », est souvent utilisée pour exprimer une intention ou un sentiment. Le chimpanzé utilise cette grimace pour exprimer la peur, la soumission ou la réconciliation. »

Pour l'éthologie, les mimiques faciales des hommes politiques ont une incidence sur les résultats électoraux. Cette science pourrait se révéler plus utile que les sondages pour connaître leur côté de popularité...

de tout les élections à son actif ? Il semble bien que oui. Le Néerlandais P. Van Boven, de l'Université d'Utrecht, et d'autres chercheurs ont décrit plusieurs mimiques faciales chez les hommes politiques. Elles leur ont permis d'établir une corrélation entre leur mimique faciale et leur popularité. Les hommes politiques qui ont une mimique faciale « ouverte » (la bouche est ouverte, les lèvres sont tendues) sont plus populaires que ceux qui ont une mimique faciale « fermée » (la bouche est fermée, les lèvres sont tendues).

Photo: J. Lambert



Dangereux mimétisme « Certains de vos collaborateurs, peut-être à force de se regarder dans une glace, semblent avoir acquis la certitude d'une ascendance simiesque [Science & Vie n° 973, p. 84], écrit M. Paul Maurin, du Perreux (Val-de-Marne). Je suis inquiet. Il faudrait leur conseiller de ne pas trop manger de bananes et de ne pas grimper trop souvent aux arbres, car, au cas où l'évolution agirait en sens inverse (la fonction crée l'organe, selon certains esprits éclairés), ne risqueraient-ils pas de finir leurs jours dans un parc zoologique ? [...] Il serait désastreux d'aboutir à une telle régression à une époque où le progrès scientifique a atteint une ampleur sans précédent. Il est vrai que la civilisation a du mal

à suivre et que, trop souvent, c'est la primitive loi du plus fort qui continue de s'imposer. Malheureusement, la science est non seulement impuissante à agir contre cette loi, mais elle la renforce en favorisant le perfectionnement des armes et leur puissance de destruction. [...] »

On aura observé, dans Science & Vie, que les premiers personnages exposés à la régression évoquée ne sont ni nos collaborateurs ni les scientifiques, mais les politiciens qui nous gouvernent.

Tempête de verglas !

« J'ai été désagréablement étonné de lire dans une revue de la qualité de Science & Vie qu'il y a des tempêtes de verglas au Québec [n° 973, p. 124], écrit M. Raymond Banget, de Laval (Québec). Le phénomène du verglas causé par la pluie se produit chaque hiver et je peux vous assurer que je n'ai jamais vu de verglas tomber du ciel ! Le verglas se forme non pas quand la pluie traverse la couche froide de l'atmosphère, mais lorsqu'elle vient en contact avec une surface froide (arbre, voiture, pylône, etc.). [...] » Bien entendu, le verglas ne tombe pas du ciel ! L'expression « tempête de verglas » a cependant été couramment employée au Québec, pour souligner l'exceptionnelle intensité de la tempête qui a sévi début janvier 1998. ■

Un faux prétexte pour les obèses « Je ne crois pas qu'on rende service aux obèses en leur donnant l'« excuse » d'un virus ou d'un gène de l'obésité [Science & Vie n° 974, p. 55], écrit M. François Dupeley, de Payrin (Tarn). Je crois, et c'est la base d'une démarche scientifique, que rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme : en mangeant moins, et plus équilibré, on ne grossit pas. Dans la France de 1944-1945, le nombre d'obèses était proche de zéro. [...] »

Ainsi que nous l'avons précisé, l'hypothèse d'une origine virale de l'obésité n'est qu'une voie de recherche. L'équilibre alimentaire et l'activité physique sont effectivement les premiers atouts contre ce mal, à ce point répandu que l'OMS le qualifie aujourd'hui d'« épidémie ». Mais il a aussi d'autres causes, moins dépendantes de la volonté : milieu social défavorisé, prédisposition génétique, ou déplacement de l'équilibre hormonal de la leptine, indicateur de satiété. ■

TOUTE LA BOURSE EN DIRECT

profitez des tarifs MODULO*

3615
1000 ACTIONS

* 50 % de réduction du lundi au vendredi de 19 h à 8 h, le samedi à partir de 12 h et les dimanches et jours fériés

OPTION FINANCE
2,23 F la minute

Connexion artificielle « Pourquoi attendre un an pour procéder à une greffe de Neurogel, ce gel synthétique qui favorise la reconnexion des fibres nerveuses interrompues en raison d'une lésion de la moelle épinière »

[Science & Vie n° 973, p. 78], demande M. Joël Guillou, de Ferel (Morbihan).

Ce temps d'attente permet la cicatrisation complète de la lésion après le traumatisme. La cicatrice est extraite au moment de la greffe et remplacée par un morceau de Neurogel de même taille, traversé par un réseau de micropores, de consistance souple et caoutchouteuse. ■

Les vertus de l'ozone « Il semble qu'on redécouvre la production de l'ozone à la campagne [Science & Vie n° 974, p. 38], sans pour autant qu'on y ait transporté les villes, comme le proposait un humoriste célèbre, écrit M. René Badré, expert chimiste d'Hyères (Var). On avait semble-t-il oublié que nos grands-mères faisaient blanchir leur linge en l'étendant sur les prés, et les nez suffisamment sensibles peuvent, en l'absence

d'autres polluants, y percevoir l'odeur de l'ozone, dont le seuil de perception olfactive est voisin de 20 µg par mètre cube d'air. S'il y a un problème réel de manque d'ozone dans les "trous" de la couche

stratosphérique, je persiste à croire que ce gaz n'est pas si dangereux qu'on veut bien le dire. Il reste à savoir si son pouvoir oxydant et antiseptique n'est pas plus utile qu'il n'est lui-même nuisible par son éventuelle action irritante. »

Le mot ozone vient en effet du grec *ozein*, exhaler une odeur. Dans la troposphère, entre le sol et de 7 à 12 km d'altitude, cet élément naît loin des sources d'émission des précurseurs (oxydes d'azote, composés organiques volatils), donc en particulier dans les régions rurales. Cependant, il est aujourd'hui considéré comme un polluant photochimique, notamment à cause de son "effet de serre". Les valeurs limites d'exposition (par heure) recommandées pour la santé humaine sont de 150 à 200 µg/m³ d'air. ■



Le plaisir de savoir **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. : 01 46 48 48 48. Fax : 01 46 48 48 67.

E-mail : svmens@excelsior.fr

Adresse Internet : <http://www.science-et-vie.com>

Adresse téléphonique : 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.

REDACTION

Rédacteur en chef : Jean-René Germain, assisté d'Elisabeth Latsague. Rédacteurs en chef adjoints : Jean-François Robredo, Didier Dubrana, Gérard Morice. Chef des informations : Isabelle Bourdial. Secrétaire général de la rédaction : Norbert Régina. Secrétaires de rédaction : Françoise Sergent, Agnès Marillier, Jean-Luc Glock. Chefs de rubrique : Philippe Chambon, Germain Chambost, Roman Ikonicoff. Rédacteurs : Renaud de La Taille, Pierre Rossion, Marie-Laure Moinet, Henri-Pierre Penel, Hélène Guillemot, Christelle Célerié. Conception graphique : Nathalie Baylaucq. Direction artistique : Gilles Moine. Maquette : Lionel Crooson, Valérie Samuel. Service photo : Anne Levy. Documentation/Internet : Marie-Anne Guffroy. Renseignements lecteurs : Monique Vogt. Correspondante aux Etats-Unis : Sheila Kraft, 11259, Barca Boulevard, Boynton Beach, Florida 33437, Etats-Unis, tél. : (00) 1 561 733 9207, fax : (00) 1 561 733 7965.

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Catherine Chauveau, Loïc Chauveau, Yves Delaye, Marie-Sophie Germain, Valérie Greffoz, Philippe Henarejos, Frank Jubelin, Monique Ollier, Sébastien Panou, Véronique Rochewsky.

RELATIONS EXTÉRIEURES

Michèle Hilling, Nadine Berditschewsky.

DÉPARTEMENT INTERNATIONAL

Directeur : Marie-Ange Rouquet-Dezellus, tél. : 01 46 48 47 26, fax : 01 46 48 19 19 et 01 46 48 49 39. Chef de produit junior : Corinne Bourbotte, tél. : 01 46 48 47 13.

PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdco, 23 rue Baudin, BP 311, 92303 Levallois-Perret Cedex, tél. : 01 41 34 82 08. Directrice commerciale : Isabelle Finkelstein. Directrice de la publicité : Véronique Moulin. Directeur de clientèle : Cedric Larrieu. Chefs de publicité : Sibylle Dubost, Stéphanie Joannes. Assistante de publicité : Géraldine Chaze.

À NOS LECTEURS

Renseignements : Monique Vogt, tél. : 01 46 48 48 66. Commande d'anciens numéros et de reliures : Chantal Poirier, tél. : 01 46 48 47 18.

SERVICES COMMERCIAUX

Chef de produit marketing : Capucine Jahan. Chef de produit ventes : Marie Cribier. Téléphone vert : 0 800 43 42 08 (réservé aux dépositaires). Belgique AMP, 1 rue de la Petite-Isle, 1070 Bruxelles. Abonnements et marketing direct : Patrick-Alexandre Sarradeil.

ABONNEMENTS

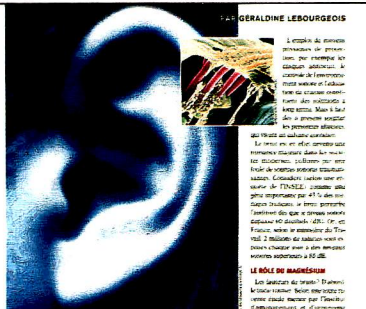
Relations clientèles abonnés : service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 01 46 48 47 08 (à partir de 9 h). Tarifs d'abonnements sur simple demande téléphonique au 01 46 48 47 17. Aux Etats-Unis et au Canada : Periodica Inc., c/o C.P. 444, Outremont, Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse : Naville, case postale 1211, Genève 1, Suisse. En Belgique : Press-Abonnements, avenue des Volontaires, 1160 Bruxelles. Autres pays : nous consulter.

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 3 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal. Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus. La rédaction ne reçoit que sur rendez-vous. Copyright 1989 Science & Vie.

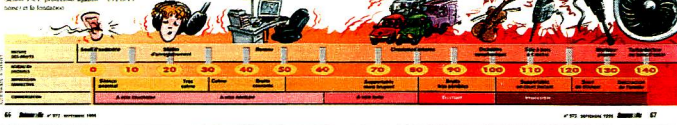


La surdité n'est pas une malédiction du vieillissement. Elle est souvent provoquée par des agressions sonores. Les scientifiques savent désormais guérir et même prévenir ce type de surdité. Mais les laboratoires pharmaceutiques font la sourde oreille...

[illegible]

Un appareil délicat

Au cœur de l'orbite interne, l'anneau de Corti contient de nombreux cellules ciliées qui transforment les vibrations sonores au sein aussi (la médiation, l'organe lui-même au microscope électronique montre rangées de cellules ciliées). À partir de 60 décibels le niveau sonore perturbe l'audition. Au-delà, il peut entraîner la destruction des cellu-



constamment des bourdonnements, des grésillements et, étant commerçant, je dois sans cesse faire répéter mon client. [...]»

Signalons la sortie récente d'une méthode de lecture sur les lèvres à l'usage des malentendants, "Labia". Ce livret de 80 pages est accompagné d'une cassette vidéo d'exercices didactiques de deux heures. Environ 230 F chez Istor, 34, allée des Corbières, 81100 Castres.

Nous nous réjouissons de constater l'émulation autour de ce procédé de remplacement de l'incinération, qui réduit le volume des déchets sans engendrer de produits toxiques tels que les dioxines.

Madagascar.
Cette plante
pouvant
atteindre 1 m
de hauteur,
dont les
feuilles de
15 cm de
longueur

des bords dentés, laisse pousser une plantule à chacune de ces dents (soit une cinquantaine de plantules par feuille). Quand la plantule dispose d'environ quatre feuilles (de 2 à 4 mm) et de racines, elle tombe de la plante-mère et repousse dessous, pour peu qu'il y ait un peu de terre.»

Parmi d'autres merveilles, *la Botanique redécouverte*, d'Aline Raynal-Roques (éditions INRA-Belin), signale que cette capacité des Kalanchoë (crassulacées, plantes grasses) est une curiosité, un cas rare de viviparité chez les plantes. Elle est due à l'existence de petits méristèmes (tissus indifférenciés assurant la production de nouveaux organes) dans les dents des marges des feuilles. ■



Découvrez Gillette®

MACH3™

LE PREMIER RASOIR À TROIS LAMES

LE PLUS PRÉCIS DES RASAGES EN MOINS DE PASSAGES POUR MOINS D'IRRITATION

3 LAMES



MACH3 a trois lames spécialement positionnées pour vous raser de plus en plus près. Seul MACH3 possède des Lames-Confort au tranchant exclusif CLD™.

MOINS DE PASSAGES



MACH3 rase de plus près en un seul passage. Vous faites un seul passage, il en fait trois.

MOINS D'IRRITATION



Puisque vous n'avez plus besoin de passer et repasser au même endroit, votre peau est moins irritée.

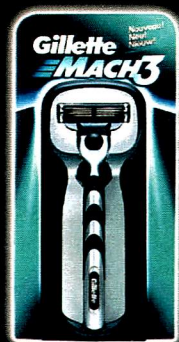
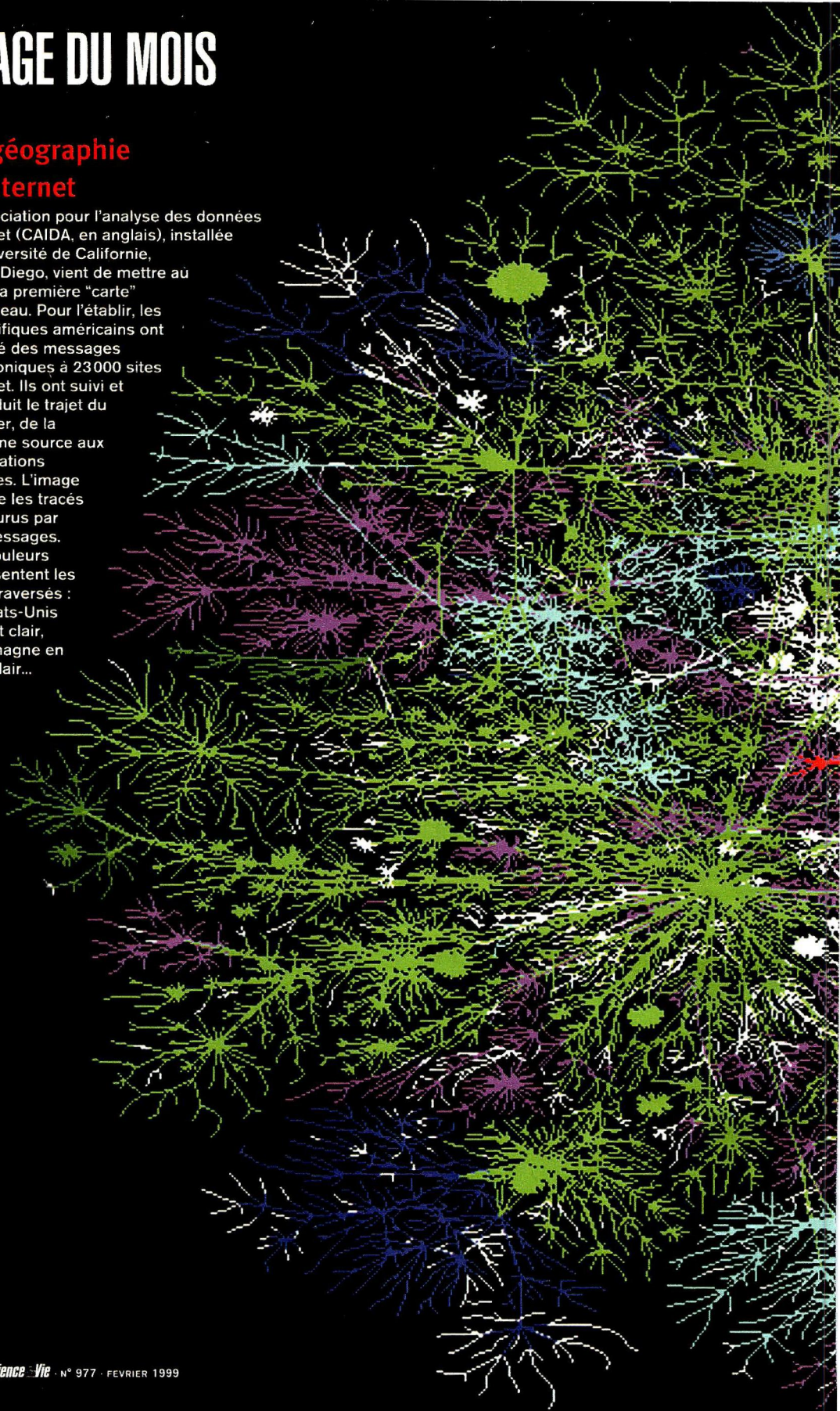
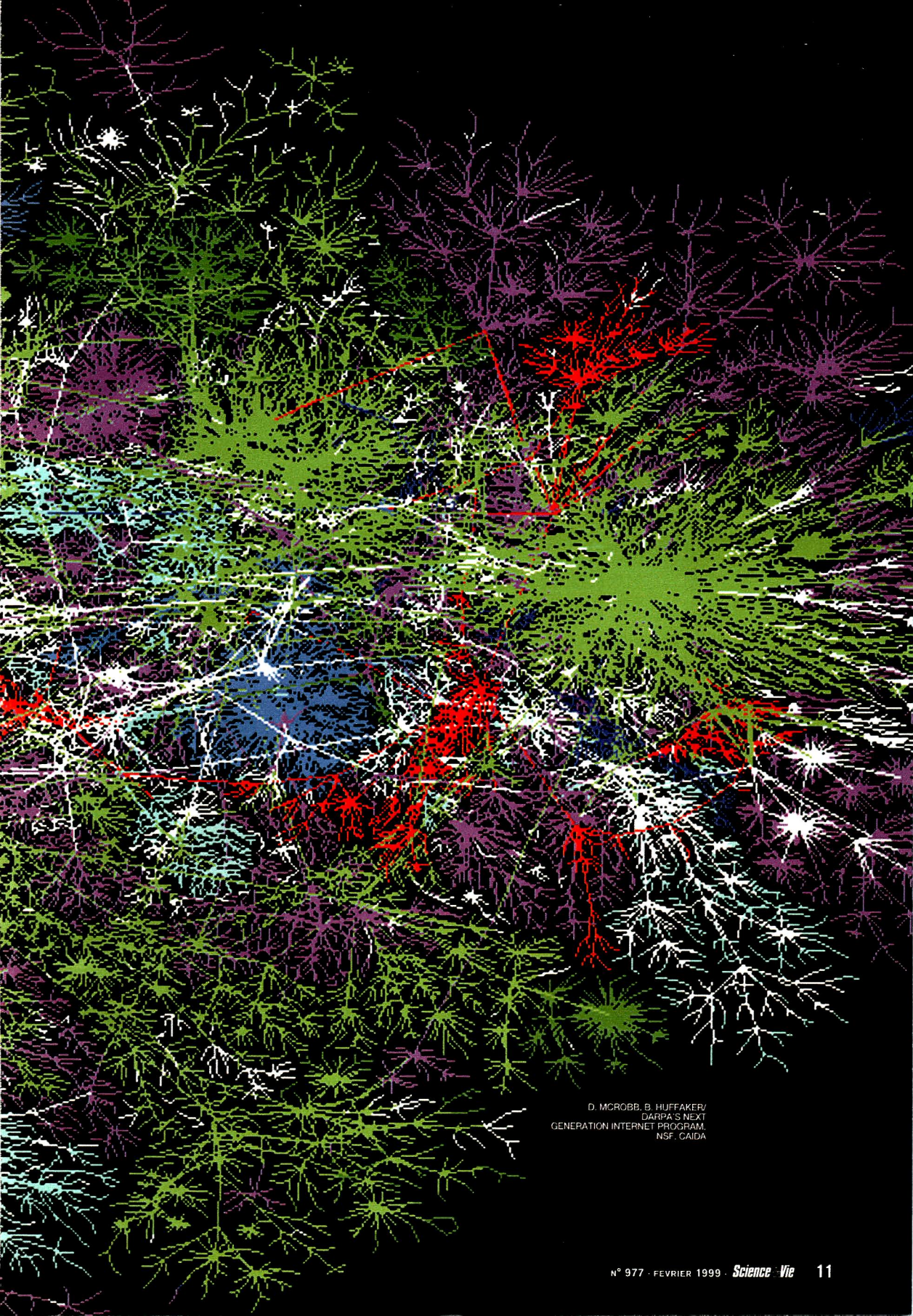


IMAGE DU MOIS

La géographie d'Internet

L'association pour l'analyse des données Internet (CAIDA, en anglais), installée à l'université de Californie, à San Diego, vient de mettre au point la première "carte" du réseau. Pour l'établir, les scientifiques américains ont envoyé des messages électroniques à 23 000 sites Internet. Ils ont suivi et reproduit le trajet du courrier, de la machine source aux destinations prévues. L'image montre les tracés parcourus par les messages. Les couleurs représentent les pays traversés : les Etats-Unis en vert clair, l'Allemagne en bleu clair... Ch.C





D. MCROBB, B. HUFFAKER/
DARPA'S NEXT
GENERATION INTERNET PROGRAM,
NSF, CAIDA

Chez la plante crucifère *Arabidopsis thaliana*, le cryptochrome (marqué en bleu) capture la lumière du jour pour transmettre l'information à l'horloge interne.

L'horloge universelle

A. J. MILLAR/S. A. KAY

De récents travaux montrent qu'une molécule unique est impliquée dans le fonctionnement des horloges biologiques des plantes, des insectes et des mammifères.

Trois équipes américaines viennent, chacune de son côté, de mettre la main sur un petit miracle de l'évolution : le cryptochrome, une protéine qui jouerait un rôle clef dans la gestion de l'horloge interne de la plupart des êtres vivants, des plantes aux mammifères.

Relatés par la revue internationale *Science* (n° 5393), les travaux de Steve Kay, de l'institut de recherche Scripps, à La Jolla (Cali-

fornie), montrent que, chez la plante *Arabidopsis thaliana*, le cryptochrome est un photorécepteur circadien. Il capture la lumière et transmet un signal à l'horloge interne. Ainsi, son battement est toujours en phase avec l'alternance jour-nuit, exactement réglé sur un rythme de vingt-quatre heures.

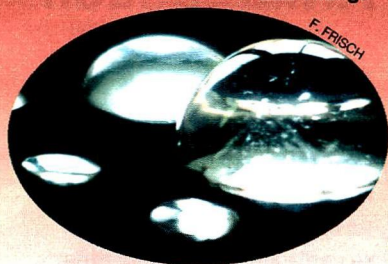
Chez la souris, le cryptochrome pourrait bien avoir la même fonction. C'est ce que suggère l'étude menée par Aziz Sancar et Chapel

Hill, de l'université de Caroline du Nord, publiée dans le même numéro de *Science*. Mais la communauté scientifique accueille leurs travaux avec plus de réserve : chez les mammifères, le cryptochrome est-il un photorécepteur ou une partie du mécanisme de l'horloge lui-même ?

Quant à l'étude de Jeff Hall et Michael Robash, de l'université Brandeis, à Waltham (Massachusetts), elle ne laisse pas de place au doute : chez la drosophile, le cryptochrome est un photorécepteur, qui réagit surtout à la lumière bleue (*Cell*, n° 5, vol. 95). Ce serait donc à l'aube et au crépuscule, quand la lumière bleue abonde, que le cryptochrome remet la pendule biologique à l'heure.

G. M.

Il a fallu mille ans pour
égaler la qualité de
ces lentilles appartenant
aux Vikings



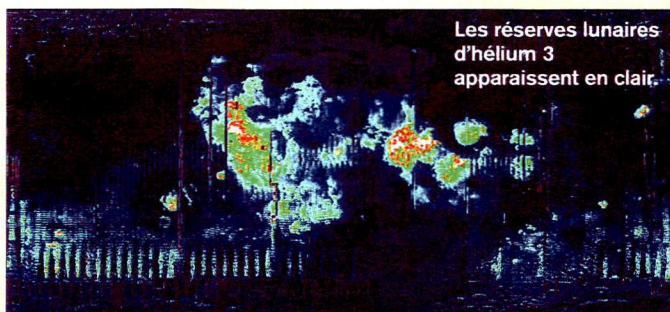
ARCHÉOLOGIE

Clairvoyants Vikings

Il y a près de mille ans, les Vikings disposaient déjà de lentilles optiques semblables à celles dont on se sert aujourd'hui dans les appareils photo. Ces objets en cristal de roche font partie d'un trésor viking du XI^e siècle découvert sur l'île de Gotland, dans la mer Baltique. Comme on ne trouve pas de cristal sur l'île, il est peu probable que les Vikings les aient eux-mêmes fabriqués; ils les auraient rapportés de leurs voyages. Leur forme asphérique complexe en fait des loupes d'excellente qualité et obéit à des lois physiques formulées seulement six cents ans plus tard par l'astronome Willebrord Snell Van Royen. Peu de temps après, René Descartes inventera la lentille asphérique, qui promettait une très bonne image optique mais qu'aucun artisan de l'époque ne saura réaliser. Seule l'informatique y parviendra. J. Z.

ASTRONOMIE

CARBURANT SUR LA LUNE



Les réserves lunaires d'hélium 3 apparaissent en clair.

■ Cette cartographie des réserves lunaires en hélium 3 (³He), effectuée par des chercheurs des universités de Hawaï et d'Arizona, servira peut-être aux futurs explorateurs de l'espace en quête de ressources énergétiques. Car cet isotope de l'hélium est le carburant idéal pour alimenter les réacteurs à fusion nucléaire du XXI^e siècle, qui devraient fournir de l'énergie électrique en rejetant très peu de déchets radioactifs.

Comme l'hélium 3 est rare sur la Terre, pourquoi ne pas aller le chercher sur la Lune, où il est plus abondant? Toutefois, avant d'envisager des vols réguliers vers notre satellite, physiciens et ingénieurs devront maîtriser toutes les étapes de la fusion nucléaire. Les futurs chercheurs d'or, ou plutôt de ³He, ont encore plusieurs dizaines d'années devant eux...

V. G.

MÉDECINE

Maturité précoce

Les jeunes Noires américaines ont tendance à être plus grandes et plus solides que leurs compatriotes blanches, et à avoir une maturité plus précoce. Une récente étude menée au centre de recherches sur la nutrition infantile de Houston (Texas) sur 79 Blanches et 57 Noires de 8 à 17 ans confirme l'hypothèse avancée par les chercheurs, selon laquelle le taux sanguin en leptine est plus élevé chez les jeunes d'origine africaine.

La leptine jouant un rôle clef dans l'équilibre énergétique, il est possible que ce seuil élevé entraîne une moindre sensibilité de l'organisme aux signaux de satiété et conduise à une croissance accélérée.

M.-L. M.

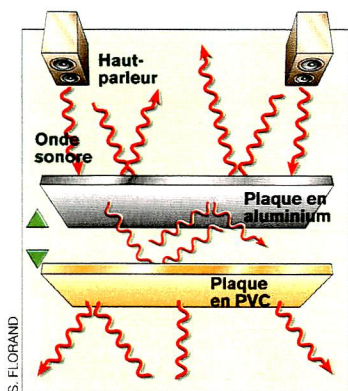


K. LEVINE
NANDYSTADT

Lévitacoustic

Déplacer des objets à l'aide de sons : deux physiciens de l'école navale de Monterey (Californie) viennent d'accomplir cet exploit. Ils ont dirigé des haut-parleurs sur deux plaques de 6 mm d'épaisseur, l'une en aluminium, l'autre en PVC, disposées à 10 mm l'une de l'autre : sous l'effet du son, les plaques se sont rapprochées. Puis les chercheurs ont progressivement éloigné les plaques : l'attraction a diminué, jusqu'à devenir une répulsion.

Explication : quand la distance entre les plaques est égale ou supérieure à la moitié de la plus petite longueur d'onde des sons envoyés, les ondes rebondissent à angle droit entre les plaques. Elles exercent alors sur les plaques une pression plus forte que les ondes so-



Lorsque des ondes sonores rebondissent à angle droit entre deux fines plaques, elles les écartent.

nores à l'extérieur, qui, elles, se propagent dans toutes les directions.

Bien que très faibles, ces effets pourraient servir à mesurer l'intensité d'un bruit de fond, ou à manipuler de petits objets en micro-ingénierie.

V. G.

GÉNÉTIQUE

LE SAMU DE L'ADN

■ Chaque heure, le patrimoine génétique d'une cellule subit des milliers de lésions. Aussi, pour éviter la catastrophe, la cellule dispose-t-elle d'une batterie de mécanismes de réparation. Quand toutes ces "mécanos" enzymatiques sont surchargées de travail, c'est un système de correction de dernière minute qui intervient : la réponse "SOS" qu'une équipe de l'institut Weizmann, en Israël, vient de reproduire dans un tube à essai. Dans l'urgence, la cellule ne

peaufine pas son ouvrage. Au lieu de remplacer les briques défectueuses de l'ADN par des nucléotides intègres et bien choisis – réparation qui passera inaperçue –, le mécanisme SOS supprime ces briques. Puis comble la brèche avec un "pansement" constitué de ce qu'il a sous la main : des nucléotides au hasard. Le code génétique s'en trouve légèrement modifié, mais le trou est bouché, et l'alignement des deux brins de l'ADN, respecté.

G. M.

L'effet Armaguédon

Alors que le budget de la NASA affecté à la recherche d'astéroïdes a doublé en 1998 pour atteindre 3 millions de dollars (plus de 15 millions de francs), l'US Air Force se vante de posséder le plus rapide des systèmes de repérage de ces corps célestes : le LINEAR (Lincoln Near Earth Asteroids Research). Il met en jeu un capteur vidéo, couplé à un télescope de 1 m de diamètre. Prévu pour traquer les satellites et les débris artificiels en orbite autour de la Terre, il s'est révélé fort efficace pour répertorier les astéroïdes. LINEAR n'est en activité que dix nuits par mois. Pourtant, en un semestre, il a débusqué soixante-quatre astéroïdes, soit plus que tous les autres programmes réunis. C'est l'exceptionnelle sensibilité à la lumière du capteur vidéo qui a rendu possible cette prouesse : il affiche une image de 5 millions de pixels en quelques centièmes de seconde.

D. L.

Assisté d'un capteur vidéo très sensible, ce télescope traque les astéroïdes.



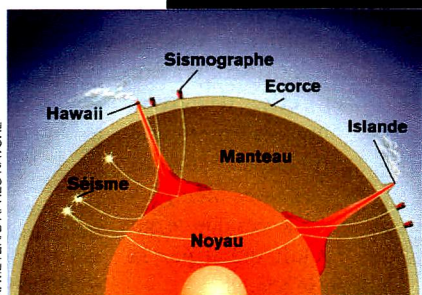
Suivez mon panache chaud...

On vient d'identifier la "source" des points chauds d'Islande et de Hawaï : ces panaches naissent à 2 900 km sous la surface.

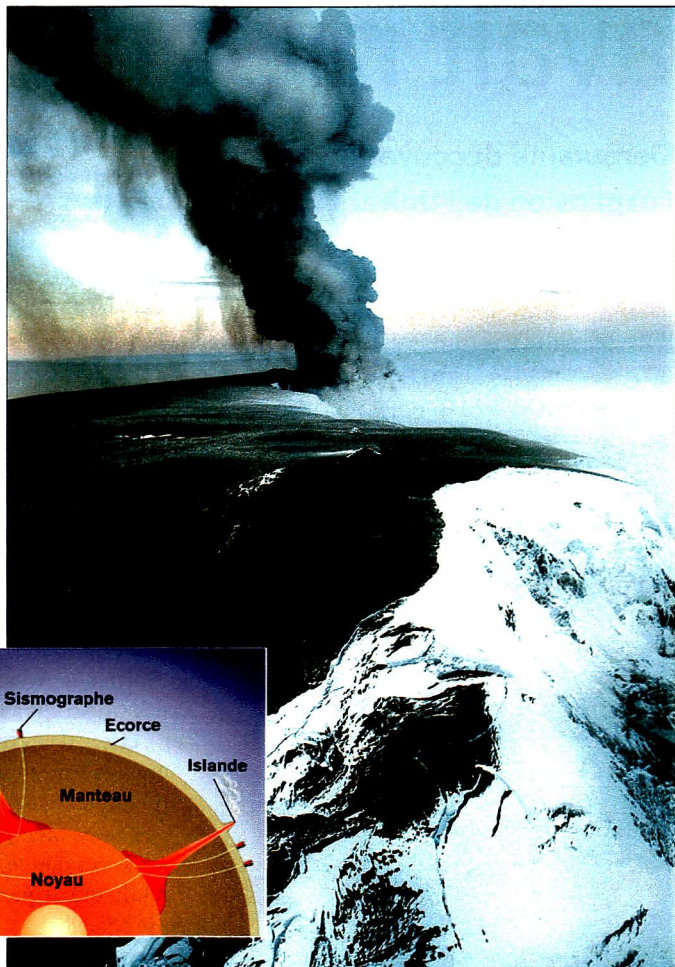
L'Islande et Hawaï sont deux îles volcaniques du type "points chauds", c'est-à-dire qu'elles se trouvent au sommet d'un grand "panache" de matière chaude remontée des profondeurs du manteau terrestre. Mais à quelle profondeur prennent naissance les panaches ?

La question était débattue depuis plus de vingt-cinq ans. Deux équipes de géophysiciens (de l'institut californien de technologie, à Pasadena, et de l'institut des sciences de la Terre de l'université de Californie, à Santa Cruz) viennent d'identifier respectivement les "racines" des points chauds d'Islande et de Hawaï : ces panaches naissent à 2 900 km sous la surface, juste à la frontière entre le noyau et le manteau terrestre.

En coupe, la Terre ressemble à un fruit, avec au centre un très gros noyau, le manteau terrestre étant la pulpe, l'écorce figurant la peau.



A. MEYER/D'APRÈS NATURE



R. A. MORGUNBLAD/DIMAX/PPP

L'étude de la forme des ondes émises par les séismes a confirmé que les volcans de type "points chauds" plongent leurs racines jusqu'au bord du noyau terrestre. En photo, la dernière éruption islandaise, survenue le 19 décembre dernier sous le plus grand glacier de l'île.

Ce sont les ondes émises lors des tremblements de terre qui révèlent cette structure : elles traversent les couches successives du globe, ou bien sont réfléchies, selon leurs caractéristiques. La vitesse des divers types d'ondes sismiques dépend, notamment, des propriétés des sols dans lesquels elles se propagent.

Les progrès dans le domaine de

la détection et de l'analyse des signaux sismiques ont permis de révéler des zones où les ondes sont ralenties à la base du manteau, sous l'Islande et sous Hawaï. Ce ralentissement se produit dans des régions où les roches du manteau sont plus chaudes, voire partiellement en fusion. Il reste à identifier les parcours des panaches, de bas en haut du manteau.

H. G.

Einstein avait raison

**Déroutante découverte :
l'expansion de l'Univers va s'accélérer
jusqu'à la fin des temps.**

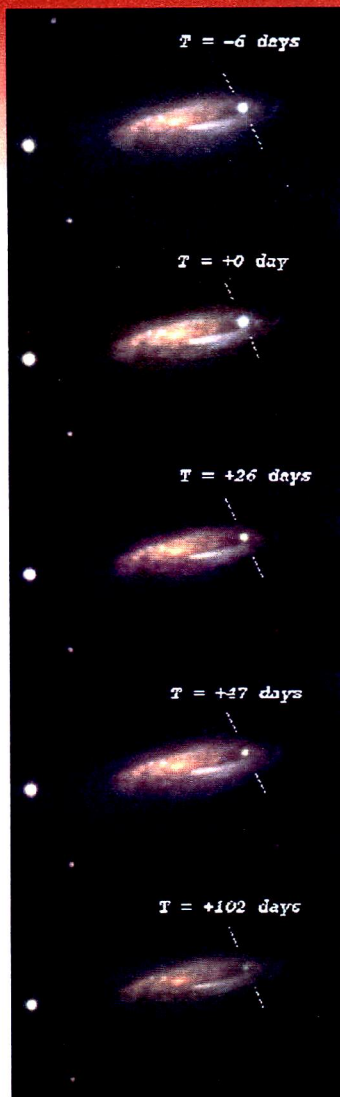
Deux équipes internationales d'astrophysiciens viennent d'arriver à la même conclusion, en observant une quarantaine de supernovae (explosions d'étoiles), dont l'une est la plus lointaine jamais découverte

(elle est distante de 7 milliards d'années-lumière) : non seulement l'expansion de l'Univers ne ralentit pas, mais elle s'accélère.

Les chercheurs du projet Supernova cosmology, dirigés par Saul Perlmutter, du Lawrence Berkeley national laboratory (Californie), et ceux de l'équipe de recherche High-Z Supernova, dirigée par Brian Schmidt, des observatoires Mount Stromlo et Siding Spring à Weston Creek (Australie), ont en effet découvert que ces supernovae s'éloignaient à des vitesses bien plus élevées que ce qui était prévu par la théorie actuelle.

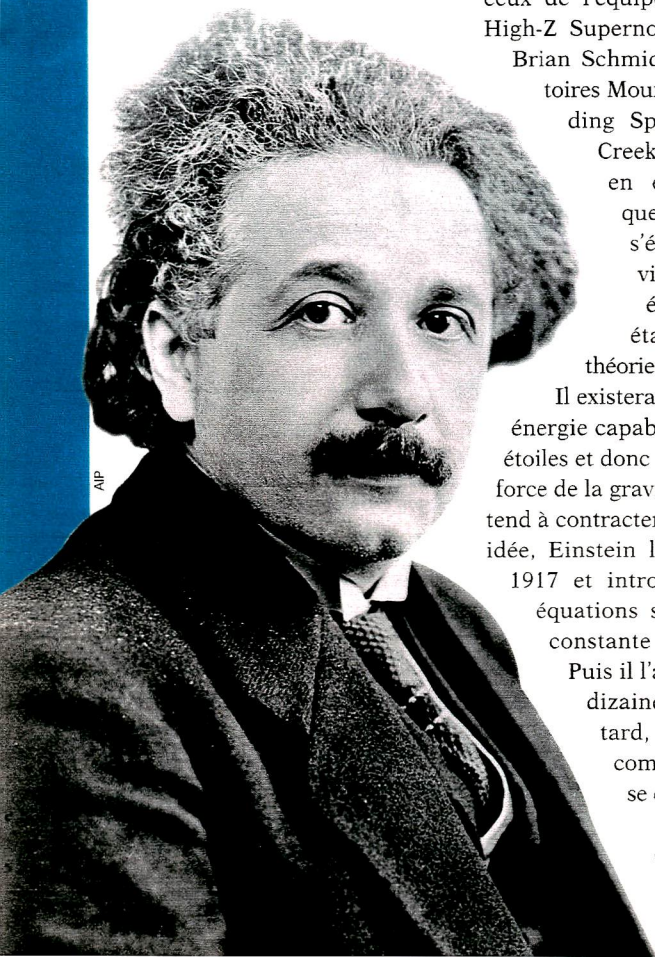
Il existerait donc bien une énergie capable d'éloigner les étoiles et donc de compenser la force de la gravitation, qui, elle, tend à contracter l'Univers. Cette idée, Einstein l'avait émise en 1917 et introduite dans ses équations sous le nom de constante cosmologique. Puis il l'avait rejetée une dizaine d'années plus tard, la considérant comme sa plus grosse erreur.

La découverte des deux équipes



Les supernovae (en haut à droite de chaque image), ces étoiles qui explosent en émettant autant de lumière qu'une galaxie, fournissent de formidables indices sur le destin de l'Univers. En observant leur fuite, des astrophysiciens ont découvert que l'expansion de l'Univers s'accélérait bien plus qu'on ne le pensait.

d'astrophysiciens vérifie enfin l'existence de cette constante et montre qu'elle détermine l'accélération de l'Univers. Cette formidable énergie, dont on ne connaît pas encore l'origine, représenterait 70% de l'énergie totale contenue dans l'univers alors que la matière (visible ou invisible), n'en représenterait que 30%. **V. G.**

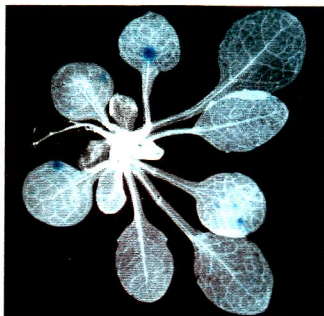


Dans le frais cresson bleu...

On peut désormais voir à l'œil nu les dommages causés aux plantes par la radioactivité : la zone lésée se colore d'une jolie teinte bleue... pour peu que la plante ait été génétiquement manipulée à cet effet.

Une équipe de chercheurs ukrainiens et suisses a introduit dans *Arabidopsis thaliana* – une variété de cresson – des gènes qui, une fois mutés sous l'effet de radiations, induisent la fabrication d'une enzyme permettant la coloration en bleu (*Nature Biotechnology*, novembre 1998).

La couleur est d'autant plus vive que la dose de rayonnement est forte. Des essais ont été conduits dans la région de Tchernobyl... **H. G.**



Arabidopsis thaliana a été génétiquement manipulée pour devenir un compteur Geiger biologique.

ETHNOLOGIE

Découverte en Amazonie

Le ministère brésilien des Indiens isolés vient de repérer une nouvelle tribu indienne dans la forêt amazonienne, à proximité de la frontière péruvienne. Quelque deux cents personnes habiteraient douze huttes collectives près de la rivière Envira. **Ch. C.**

BIOLOGIE

La danse de mort de la cucaracha

Le pire ennemi de la "cucaracha", la cousine cubaine de la blatte, vient d'être identifié. Il s'agit d'un modeste champignon nommé M1N4. Une équipe de l'Institut de santé végétale, à Cuba, dirigée par Ofelia Milan, l'a testé en laboratoire : il a décimé 70 % d'une population de blattes. L'insecte qui ingère ce champignon ou qui se frotte à ses spores, meurt au bout d'une semaine, non sans avoir contaminé ses congénères. Autre arme de M1N4 : il reste efficace pendant deux ans à l'endroit où il a été appliqué. Les chercheurs cubains pensent à le commercialiser à bas prix pour endiguer l'invasion de la cucaracha sur l'île. Trois espèces y prolifèrent plus particulièrement : *Periplaneta americana*, *Blattella germanica* et *Periplaneta australasica*. **Ch. C.**

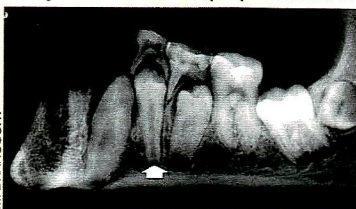
MICROBIOLOGIE

AUTOPSIE SUR PULPE DENTAIRE

■ Une équipe de scientifiques de l'université de la Méditerranée, à Marseille, vient d'isoler *Yersinia pestis*, la bactérie responsable de la peste, dans les restes de pulpe dentaire d'enfants morts au XVI^e et au XVIII^e siècles. Les chercheurs ont prélevé douze dents définitives sur des squelettes provenant de deux tombeaux, l'un à Lambesc (Bouches-du-Rhône), l'autre à Marseille. La nouveauté c'est que, étant donné l'âge des enfants (de 8 à 9 ans), les dents n'étaient pas sorties : elles se trouvaient encore dans la mandibule. Ainsi "encapsulée", la pulpe dentaire était protégée de toute contamination.

Les scientifiques ont extrait l'ADN de la poussière de la pulpe dentaire. Puis, en utilisant la réaction de polymérisation en chaîne (PCR), une technique d'amplification enzymatique capable de copier un fragment d'ADN à des millions d'exemplaires, ils ont débusqué *Yersinia pestis*. **Ch. C.**

Détectée par radiographie, une prémolaire non sortie (flèche) a été extraite de la mâchoire pour analyser l'ADN de sa pulpe dentaire.



M. DRANCOURT

Les bonds de l'évolution

On commence à comprendre pourquoi une foule d'espèces très variées sont apparues lors de crises environnementales majeures.

Comment des espèces aussi différentes que la drosophile, l'éléphant et le colibri peuvent-elles partager un ancêtre commun ? Quels sont les mécanismes intimes de l'évolution ? Selon Suzanne Rutherford et Susan Lindquist, de l'institut médical Howard-Hughes (université de Chicago), l'une des clefs du mystère réside dans la fonction de la protéine Hsp90 (*Nature*, n° 6709).

La tâche principale de Hsp90 est d'accompagner et de protéger d'autres protéines qui accumulent de nombreuses mutations. Sans ce chaperon, elles ne pourraient mener à bien leur ouvrage. Or, ces protéines sont impliquées dans les processus de développement. Des modifications de leur fonctionnement entraînent l'apparition de difformités majeures. Hsp90 protège également les autres protéines des altérations qu'engendre un stress environnemental tel que la chaleur ou le manque d'oxygène.

En étudiant les mutations du gène qui code pour Hsp90 chez des dro-



S. L. RUTHERFORD
/ S. LINDQUIST

EYE OF SCIENCE/COSMOS

Quand l'environnement est fortement modifié, la protéine-chaperon Hsp90 ne "gomme" plus les effets des mutations qu'ont subies d'autres protéines très fragiles. L'individu se développe alors anormalement, comme ces drosophiles dont l'une a les yeux de couleurs différentes et l'autre les plaques dorsales de l'abdomen désorganisées.

sophiles "monstrueuses" (dotées d'yeux, de pattes et d'antennes de formes, de couleurs et de dimensions étranges), les deux biologistes ont découvert que chaque type de mouche présente une gamme spécifique de difformités quand leur Hsp90 a muté. En outre, tous les descendants de ces mouches mutantes croisées avec des mouches dont la protéine Hsp90 est normale conservent ces particularités physiques, qui sont donc indépendantes des mutations de Hsp90.

Selon les chercheuses, cela signifie que le patrimoine génétique de la drosophile abrite une série de

mutations cachées. Quand Hsp90 joue correctement son rôle de chaperon, ces mutations ne s'expriment pas, et la mouche se développe normalement. Mais, quand Hsp90 est débordée de travail, lors d'une brusque augmentation de température par exemple, elle ne parvient plus à protéger efficacement les protéines instables responsables du développement.

Ainsi toute une série de monstres naît-elle rapidement. L'évolution n'a plus qu'à "piocher" dans cet éventail pour sélectionner les individus les mieux adaptés à leur nouvel environnement. **G. M.**

Internet ? Wanadoo tout simplement



Les engagements Wanadoo
vous simplifient Internet :

- Des abonnements adaptés
à vos besoins et le coût des
communications au tarif local

95F TTC*/mois = Wanadoo illimité

45F TTC*/mois = Wanadoo 3 heures
(*hors coût des communications téléphoniques locales)

- Une page d'accueil
conviviale et des rubriques
en français pour simplifier
vos recherches sur Internet
Rubriques sport, voyage, culture...

- Une assistance téléphonique
pour répondre à toutes vos questions

Du lundi au samedi de 9h00 à 21h00

- 10 Mo d'espace pour créer
vous-même votre site sur le Web

- 5 adresses électroniques personnalisées
par abonnement

5 personnes envoient et reçoivent indépendamment leurs messages

GRATUIT*

1 mois

d'abonnement illimité

POUR DÉCOUVRIR INTERNET

*Offre d'abonnement Internet avec accès gratuit
en connexion illimitée le 1^{er} mois, hors coût
des communications téléphoniques locales.
Offre non cumulable.

Demandez votre kit Wanadoo :

PRIX APPEL LOCAL

N°AZUR 0 801 105 105

- 3615 Wanadoo (0,85 F TTC/minute) • www.wanadoo.fr
- Grandes surfaces, magasins spécialisés
et Agences France Telecom



France Telecom

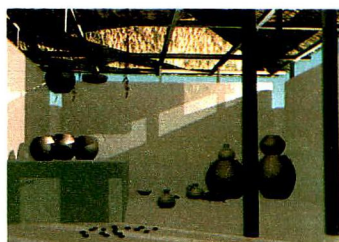
RECHERCHE

ARCHÉOLOGIE

Village virtuel

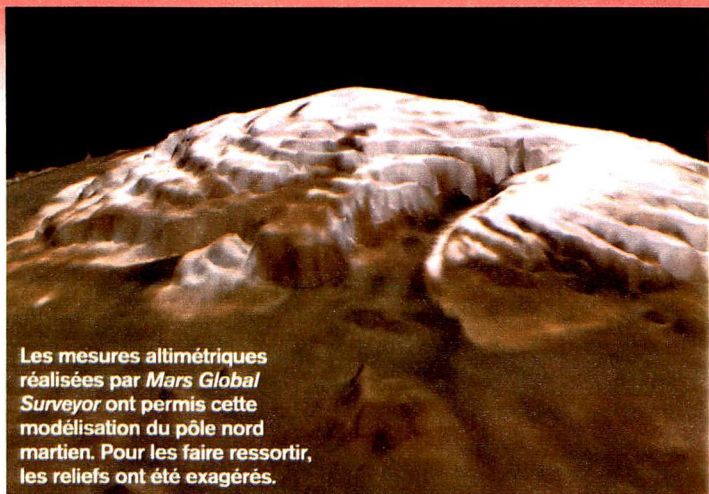
En 600, Ceren, village agricole du centre du Salvador, fut entièrement ravagé par les flammes. En 1976, l'archéologue Payson Sheets (université du Colorado, à Boulder) en découvre les ruines. Vingt ans plus tard, avec le concours d'un laboratoire de design informatique, il a reconstitué en 3D les principaux édifices du village, habité par une civilisation proche des Mayas. On peut désormais parcourir virtuellement les ruelles de Ceren sur Internet (<http://www.ceren.colorado.edu>) et même contempler les ustensiles de cuisine de l'époque.

Ch. C.



Voyage virtuel à travers Ceren pour découvrir les édifices religieux et les habitations.

PHOTOS P. D. SHEETS



Les mesures altimétriques réalisées par Mars Global Surveyor ont permis cette modélisation du pôle nord martien. Pour les faire ressortir, les reliefs ont été exagérés.

NASA

ASTRONOMIE

Pôle nord martien

Les planétologues savent depuis plus de vingt ans que les calottes polaires de Mars sont, comme sur Terre, essentiellement constituées de glace d'eau. Mais ils ignoraient son épaisseur, donc son volume. Grâce à l'altimètre laser de la sonde américaine Mars Global Surveyor, ils savent maintenant avec précision quelle est sa forme exacte : un territoire un peu plus grand que la France d'une épaisseur moyenne de 1 km (le maximum est de 3 km), dont le volume atteint

1,2 million de kilomètres cubes, soit le dixième de l'océan qui, selon les théories, recouvrait jadis la planète rouge.

Il aura fallu pas moins de 2,6 millions de tirs lasers pour établir cette première carte topographique de la calotte polaire martienne nord, dont la résolution est de 1 km horizontalement et de 5 à 30 m verticalement. De quoi révéler les craquelures de 1 km de profondeur qui parcourent sa surface et en dresser une représentation fidèle en trois dimensions.

Ph. H.

GÉOPHYSIQUE

UN SÉISME PEUT EN CACHER UN AUTRE

■ En réchauffant de l'eau à grande profondeur, certains séismes majeurs pourraient provoquer un nouveau tremblement de terre quelques années plus tard, affirment des chercheurs de l'université Yale (New Haven, Connecticut). Le séisme initial peut engendrer, par friction, un réchauffement

de l'eau contenue dans les roches cristallines profondes. Selon les modèles des géophysiciens, ce réchauffement accroîtrait suffisamment la pression de l'eau pour que celle-ci, s'infiltrant par les défauts des roches, déclenche un nouveau séisme.

H. G.

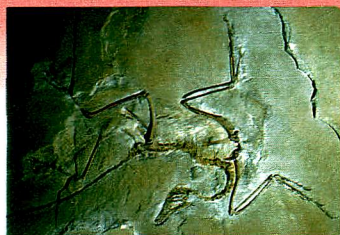
PALÉONTOLOGIE

Qui est l'ancêtre des oiseaux ?

Pour la plupart des paléontologues, les oiseaux descendent des théropodes, dinosaures carnivores bipèdes tels que le tyrannosaure. Le plus vieil oiseau fossile connu, *Archaeopteryx*, devrait donc posséder des caractères clefs communs aux théropodes et aux oiseaux modernes.

Or, si les deux groupes sont pourvus de cavités dans les os du bassin et des membres inférieurs, destinées à alléger le squelette en vol, *Archaeopteryx* n'en a pas.

C'est du moins ce qu'on croyait



S. STAMMERS/SPL/COSSMOS

L'*Archaeopteryx* est-il vraiment le chaînon entre les théropodes et les oiseaux ?

jusqu'à ce que Peter Makovicky (muséum d'histoire naturelle de New York) en trouve. Avec son équipe, il a découvert dans ses vertèbres cervicales des cavités impliquées dans le système respiratoire.

Ces cavités seraient-elles des indices valables ? Certains en doutent puisque le système respiratoire des oiseaux n'a rien de commun avec celui des dinosaures.

M.-S. G.

SANTÉ

Etes-vous YOPI ?

YOPI, c'est le sigle anglais qui désigne les victimes probables des intoxications alimentaires et des maladies opportunistes, ceux qu'on appelle les populations à risques : jeunes (*young*), vieux (*old*), femmes enceintes (*pregnant*) et immunodéficients (*immunodeficient*).

M.-L. M.

Ont collaboré à cette rubrique :

**Christelle Célarié,
Marie-Sophie Germain,
Valérie Greffoz, Hélène
Guillemot, Philippe
Henarejos, Daniel Lemin,
Géraldine Magnan,
Marie-Laure Moinet,
Pierre Rossion, Julie Zürn.**

GÉNÉTIQUE

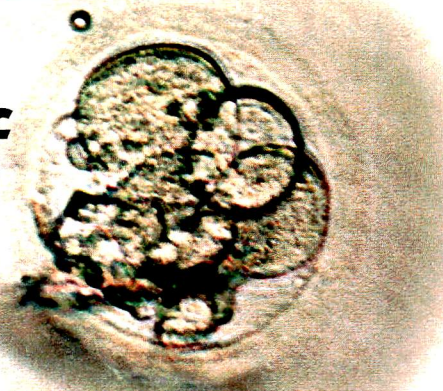
Clonage humain : sans doute du bluff

En décembre dernier, des scientifiques de l'université de Séoul (Corée du Sud) annonçaient avoir réussi à créer un embryon humain par clonage. En l'absence de communication scientifique, on doit s'en tenir aux déclarations faites à l'agence Reuter par le Dr Lee Bo-Yon, chef de l'équipe coréenne.

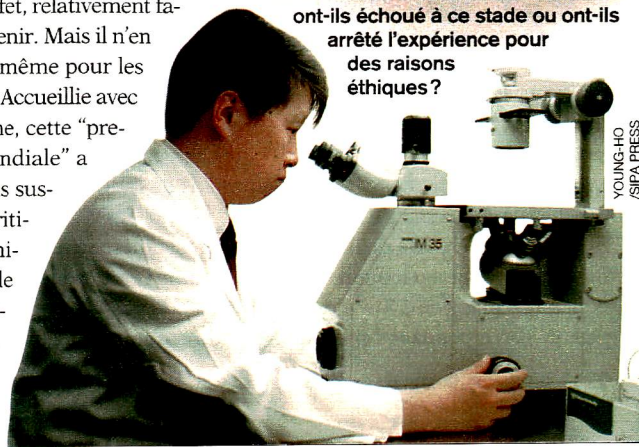
La technique a consisté à prélever une cellule (les chercheurs ne précisent pas laquelle) sur une femme adulte. Puis à transférer le noyau de cette cellule au sein du cytoplasme d'un ovocyte (cellule à l'origine d'un ovule) préalablement énucléé. Les chercheurs ont obtenu un bourgeon embryonnaire hu-

main qu'ils ont laissé se diviser *in vitro* jusqu'au stade de quatre cellules. L'expérience aurait alors été interrompue pour des raisons éthiques. Il est plus probable qu'elle a échoué...

Les deux premières divisions sont, en effet, relativement faciles à obtenir. Mais il n'en va pas de même pour les suivantes. Accueillie avec scepticisme, cette "première mondiale" a néanmoins suscité des critiques unanimes dans le monde entier. P. R.



Au-delà de quatre cellules, les divisions sont difficiles à obtenir. Les Coréens ont-ils échoué à ce stade ou ont-ils arrêté l'expérience pour des raisons éthiques ?

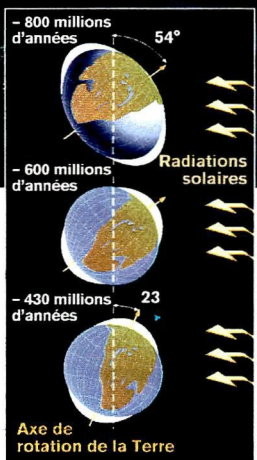


YOUNG-HO /SIPA PRESS

C. A. WILTON/IMAGE BANK

La Terre perd son axe

Il y a 800 millions d'années, l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre exposait davantage les pôles au Soleil que les régions équatoriales, couvertes de glace.



Deux chercheurs américains avancent une hypothèse originale sur le climat du globe, basée sur un changement d'axe de la Terre. Le débat est lancé...

Serait-il possible qu'au Néoprotérozoïque, voilà 820 millions d'années, des icebergs se soient promenés le long de l'équateur, tandis que des palmiers poussaient aux pôles?

Darren Williams, de l'université de Pennsylvanie (Etats-Unis), n'en doute pas. Mais, pour lui, la présence de dépôts glaciaires du Néoprotérozoïque à des latitudes proches de l'équateur ne peut s'expliquer par la théorie de la "boule de neige", selon laquelle une couche de glace de 1 km a recouvert la Terre pendant un million

d'années, suite à une baisse de l'ensoleillement. Dans ce cas, toute forme de vie photosynthétique aurait dû s'éteindre, précise le chercheur, qui avance une autre explication.

En supposant que l'obliquité terrestre (angle formé par l'axe de rotation de la Terre avec l'axe nord-sud) ait alors été supérieure à 54° (sa valeur actuelle est de 23,5°), les régions équatoriales auraient reçu moins de radiations solaires incidentes que les régions polaires. La photosynthèse se serait maintenue sur une Terre gelée à l'équateur mais non aux pôles.

Mais comment l'obliquité a-t-

elle pu passer de 54° à 23° en 170 millions d'années? Pour Williams (1), ce bouleversement aurait été provoqué par la nutation, petites variations périodiques de l'axe de rotation de la Terre. En réduisant faiblement l'obliquité, la nutation aurait réchauffé l'équateur et refroidi les pôles. Cette nouvelle répartition des masses sur la Terre aurait amplifié le phénomène de nutation, conduisant à une diminution continue et rapide de l'obliquité jusqu'à 23°.

S. J.

(1) *Nature*, vol. 396, déc. 1998.



Diamants mandarins.

MARCUS/SUNSET

ORNITHOLOGIE

La nuit porte conseil

Chez les oiseaux, le sommeil joue un rôle très important pour l'apprentissage du chant. C'est la conclusion d'une étude du biologiste Daniel Margoliash, de l'université de Chicago. Pendant leur sommeil, les jeunes oiseaux se remémoreaient les mélodies chantées par leurs parents la veille. Le chercheur a observé une importante concentration de norépinéphrine, un neurotransmetteur qui agit dans une région du cerveau impliquée dans le chant, chez des jeunes diamants mandarins endormis. M.-S. G.

ENTOMOLOGIE

LA MÉMOIRE DES ABEILLES

■ Une biologiste de l'université de Canberra (Australie), Mandyam Srinivasan, vient de démontrer que les abeilles ont, comme nous, la mémoire des odeurs. Au cours de ses expériences, elle a appris à ces insectes à associer la couleur jaune à l'odeur des mangues. L'entraînement terminé, les abeilles reconnaissent plus vite le fruit en question. Inversement, elles peuvent aussi apprendre à utiliser l'odeur de la mangue pour trouver la couleur



jaune. Selon la biologiste, si la mémoire des odeurs chez les humains relève plus de l'ordre affectif, chez les abeilles, elle les aide pour la recherche de nourriture. M.-S. G.

D. BARNESTONY STONE

RECYCLAGE

Faire vibrer la banane

Une papeterie japonaise aurait trouvé un nouveau débouché pour les peaux de bananes. Ces dernières, une fois transformées en papier, pourraient être utilisées comme membrane de haut-parleur. Le "papier de peaux de bananes" améliorerait considérablement la qualité du son. En effet, une membrane de haut-parleur doit être élastique, légère et, surtout, ne pas privilégier certaines fréquences afin d'éviter le phénomène de résonance – à l'origine de notes discordantes (distorsion). Selon Rikio Imamura, président de la papeterie Yamaichi Washi



E. LEMOINE/JACANA

La peau de banane transformée en papier fait d'excellentes membranes de haut-parleur.

Kogyo, ce papier posséderait toutes ces caractéristiques et plus particulièrement la dernière, grâce au manque d'homogénéité de la fibre des peaux de bananes. Propriété comparable à celle d'un verre en cristal qui, une fois fêlé (donc moins homogène), ne résonne plus. S. J.

ENVIRONNEMENT

DÉPOLLUTION

Bactérie gourmande

Des chercheurs de l'université de Californie, à Davis, viennent de découvrir une bactérie avide de pollution. Surnommée PM₁, elle serait à même de digérer *in situ* un additif pétrolier, le MTBE (tertio-méthyl, butyléther), polluant, suspecté d'être cancérigène, et très soluble dans les nappes aquifères en cas de fuite de pétrole. S. J.



Si on lui greffe une pince de femelle, le crabe mâle adopte des comportements propres à l'autre sexe.

GEORGIA TECH

NEUROLOGIE

Greffes de pinces

Greffe une pince de crabe femelle à un mâle, et il se met à creuser pour déposer des œufs et chercher de la nourriture ! Le comportement mâle ou femelle serait donc le ré-

sultat des informations reçues au niveau des membres.

Ce sont des chercheurs du Georgia Institute of Technology qui ont procédé à cette expérience sur des crabes violonistes des marais. Ils ont tenté la greffe d'une patte femelle "nourricière" à la place d'une patte mâle "de défense" sur plus de 80 individus, avec un taux de réussite de 20 %, tout à fait exceptionnel pour ce genre d'opération.

Les nerfs de la nouvelle pince établissent des connexions avec le système nerveux central. Ce dernier devient alors capable de traiter des informations chimiques propres aux femelles. Plus surprenant encore, ces informations sont traitées par la région du cerveau qui s'occupait du toucher, des vibrations et de toutes les sensations mécaniques. Le cerveau est donc potentiellement capable de traiter n'importe quels signaux sensitifs.

Ces recherches pourraient apporter des informations sur la façon dont se régénèrent les tissus nerveux et trouver, à terme, des applications chez les vertébrés.

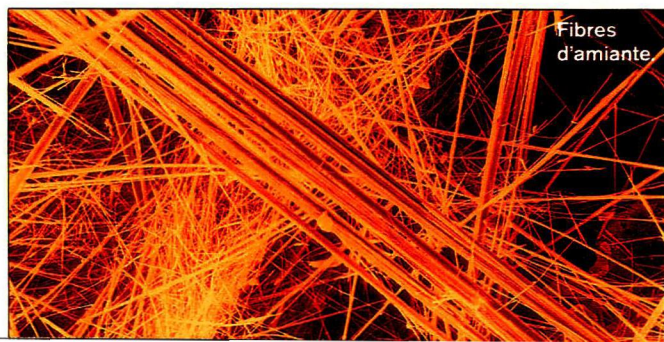
S. H.

TECHNOLOGIE

LA "SIGNATURE" DE L'AMIANTE

■ Un nouveau procédé, étudié par les chercheurs Xi-Cheng Zhang et George Xu au Département of Energy (DOE) américain, serait en mesure de détecter la présence d'amiante sans prélèvement. Jusqu'à présent, en effet, il était indispensable d'analyser un échantillon du matériau suspecté pour établir s'il contenait ou non de l'amiante : une opération longue et coûteuse. Le procédé s'appuie sur un détecteur optoélectronique

sensible aux radiations électromagnétiques d'une fréquence proche du térahertz. Ces ondes, baptisées T-Rays, se situent entre les micro-ondes et l'infrarouge profond. Dans cette plage de fréquences, chaque type d'amiante se manifeste par l'émission d'un signal qui lui est propre : une véritable signature. L'identification étant instantanée, ce détecteur pourrait réduire considérablement le temps nécessaire au diagnostic et le coût de l'intervention. H.-P. P.



ÉCOLOGIE

L'expansion du Sahara, un mythe?

L'avancée du désert du Sahara vers le sud, dénoncée par les écologistes, est remise en question. En fait, le désert connaîtrait des cycles d'expansion et de contraction liés à la pluviométrie, sans pour autant qu'il y ait une avancée des sables. Les données recueillies depuis plus de vingt ans par la NASA et ses différents satellites d'observation (*Landsat*, *EOS*) montrent que la frontière entre Sahara et Sahel (fixée à une limite correspondant à 200 mm d'eau par an) fluctue naturellement. S. H.

ENTOMOLOGIE

Sauterelles virtuelles

A partir de sauterelles virtuelles, des chercheurs de l'université d'Oxford (Grande-Bretagne) ont réussi à modéliser les conditions dans lesquelles ces arthropodes adoptent un comportement grégaire pour dévaster les récoltes. En fonction des réserves de nourriture disponibles, ils peuvent désormais prévoir la formation des nuages ravageurs. S. J.

BIOLOGIE

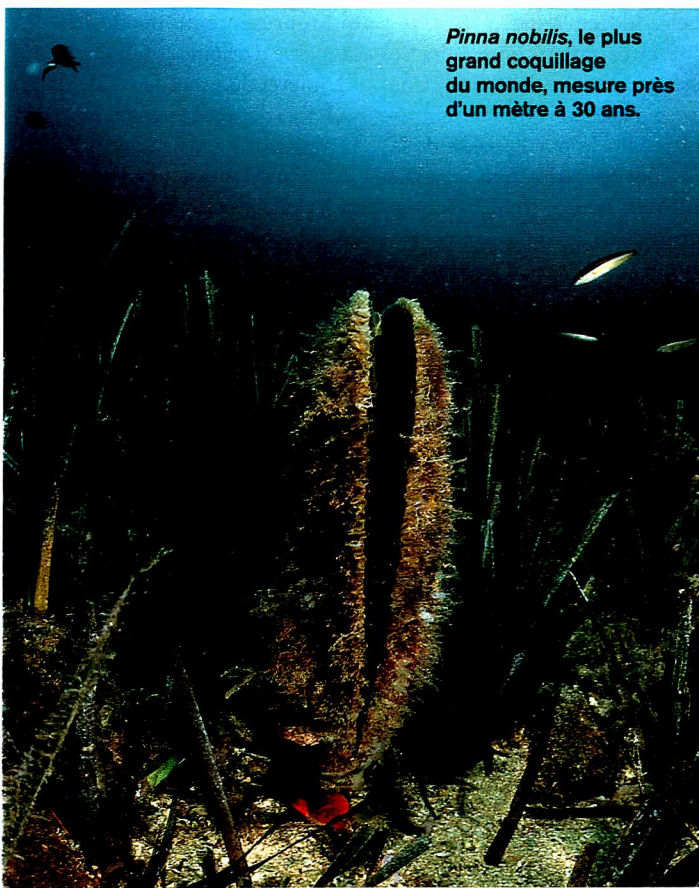
La grande nacre se fait connaître

Le plus grand coquillage du monde – près d'un mètre sous la toise quand il atteint l'âge de 30 ans – a bien failli disparaître totalement de son habitat naturel, les eaux côtières entre Barcelone et Gênes. La grande nacre (*Pinna nobilis*) ressemble à une immense moule et vit jusqu'à quarante mètres de profondeur dans les herbiers de posidonie. Elle a été surpêchée pour sa coquille rosée qui a longtemps servi de support aux peintres du dimanche.

Reconnue officiellement comme espèce menacée en 1993, *Pinna nobilis* ne se trouve plus que

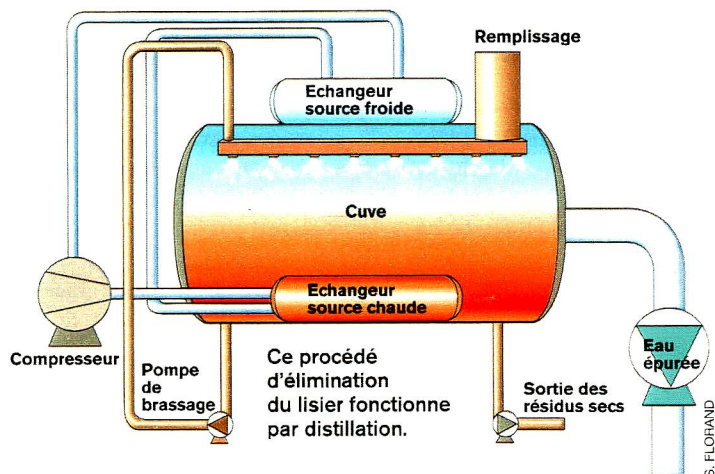
dans les espaces protégés de Porquerolles ou encore de Scandola, en Corse. Le professeur Nardo Vicente, de l'université Marseille III, est parvenu à prélever, l'été dernier, 96 larves mesurant de 6 à 40 mm de longueur, grâce à des sacs de polyéthylène immergés dans l'eau. Il a ainsi réussi à définir le cycle de reproduction et les conditions de grossissement de l'animal.

A terme, les chercheurs espèrent rendre l'espèce assez abondante pour qu'on envisage son retour dans les assiettes. A 10 cm de longueur, *Pinna nobilis* est en effet aussi délicieuse qu'une huître. L. C.



Pinna nobilis, le plus grand coquillage du monde, mesure près d'un mètre à 30 ans.

Le lisier asséché



La distillation à basse pression et à basse température pourrait être une filière efficace d'élimination du lisier de porc. C'est ce que laisse espérer un procédé mis au point par la société belge Eldeco-Water.

Une cuve, maintenue à basse pression, stocke le lisier. Une pompe à chaleur élève la température dans la partie basse de la cuve, tout en créant dans la partie haute une "source froide" (échangeur de chaleur).

Grâce à la basse pression, le point d'ébullition de l'eau est fortement abaissé. Ainsi l'eau s'évapore du lisier pour se condenser sur la source froide. C'est là qu'on

la recueille; puis elle est soit stockée dans un réservoir, soit rejetée sans autre traitement, car elle est parfaitement pure.

La distillation terminée, il ne subsiste du lisier qu'un résidu sec, qui représente moins de 1 % de la masse d'origine.

L'intérêt du procédé réside dans sa faible dépense énergétique, que favorisent le traitement à basse pression et l'utilisation d'une pompe à chaleur pour créer les sources chaudes et froides dans la cuve.

L'équipement d'Eldeco-Water peut être monté soit sur une station fixe de traitement, soit sur un camion qui remplira sa mission chez les éleveurs de porcs. **H.-P. P.**

Animaux gastronomes

Les animaux commensaux, c'est-à-dire qui vivent aux dépens des humains, ont toujours su adapter leur alimentation. Aujourd'hui, en Grande-Bretagne, les souris boudent le traditionnel fromage et préfèrent désormais le poulet, le thon et le beurre de cacahuète. Les cafards penchent pour la cuisine au curry, délaissant le célèbre "fish and chips". Quant aux mouffettes

américaines (ou putois), leur amour des yaourts a failli provoquer leur perte : une fois la tête enfoncée dans le pot pour en lécher le fond, beaucoup n'arrivaient plus à la ressortir. Des militants écologistes californiens ont obtenu de la marque Yoplait qu'elle revoit le design des pots. Désormais, les emballages portent une étiquette "ami des putois"... **M.-S. G.**



Putois (*Mustela putorius*)

ICHTHYOLOGIE

L'EUROPE VEUT SAUVER L'APRON

■ L'Union européenne s'occupe de l'apron, un poisson discret, long d'une dizaine de centimètres, qui ne vit que dans la Baume et le Chassezac, deux affluents de l'Ardèche. Ce migrateur retrouve ses gravières natales pour se reproduire. Principalement nocturne, il ne cohabite avec aucune autre espèce de poisson. Les pêcheurs prétendent qu'après en avoir pris un, il faut changer d'hameçon, l'apron sécrétant un mucus qui fait fuir les autres espèces.

L. C.

Ont collaboré à cette rubrique :

Loïc Chauveau, Marie-Sophie Germain, Sophie Huguin, Stéphanie Jacquard, Henri-Pierre Penel.

BAYER ET LA RECHERCHE PHARMACEUTIQUE

**Avant, la moindre égratignure
pouvait mener au drame.
Plus maintenant !**



Tous les enfants ont besoin de se défouler. Les pantalons déchirés, les genoux couronnés, les petits bleus... sont indissociables de leur univers. Or, pour un hémophile, la moindre égratignure peut très rapidement se transformer en drame. Heureusement dans ce domaine, il y a aussi de bonnes nouvelles.

Récemment, la recherche Bayer a ainsi contribué à découvrir des solutions nouvelles pour permettre aux hémophiles de vivre

enfin une vie (presque)

normale. Pour en savoir plus,

contactez-nous : Bayer S.A. -CEM-

Publicité Centrale ref. «Hem» 49-51,

quai De Dion Bouton 92815 Puteaux

Cedex. Internet : <http://www.bayer.com>

Bayer

**ETRE COMPETENT,
C'EST AUSSI ETRE RESPONSABLE**

Atelier roulant très élaboré, cette dépanneuse pourrait entrer en service dans une vingtaine d'années.



Dépanneuse de l'an 2020

Informatisés et guidés par satellite, les véhicules de dépannage du futur évalueront la panne avant même d'intervenir.

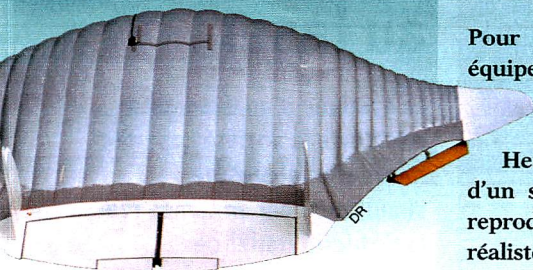
Dans une vingtaine d'années, la voiture de dépannage qui répondra à l'appel d'un automobiliste en difficulté tiendra à la fois de l'atelier mobile et du tableau de bord d'un avion moderne. Un modèle de ce véhicule, à l'échelle 1/2, conçu par le "designer" Tony Buckley pour le compte de l'Association automobile britannique, a été présenté au salon automobile de Birmingham. Alertée par le conducteur, la société de dépannage dépêchera un véhicule qui utilisera le système GPS de localisation par satellite pour emprunter le chemin le plus rapide. Le système informatique de bord renfermera toutes les données sur le modèle en service de la voiture en panne, données qui s'afficheront sur des écrans.

De plus, en cours de route, le technicien disposera également d'indications sur la panne, qu'il pourra évaluer avant même d'avoir atteint la voiture immobilisée. Ces informations lui seront fournies par le central de l'Association automobile, qui les aura recueillies grâce au système de diagnostic dont seront équipés tous les véhicules roulants, autos, cars ou camions. Si le technicien se rend compte que la ou les pièces dont il aura

besoin ne se trouvent pas dans les rayonnages du véhicule de dépannage, il en fera part au central. Celui-ci le dirigera alors vers le magasin de pièces détachées le plus proche.

A ceux qui seraient tentés de sourire d'une telle sophistication, Tony Buckley fait remarquer que les technologies qu'il décrit existent déjà, et qu'il suffit de les rassembler à bord d'un véhicule pour matérialiser son projet.

Le Stingray a
13 mètres d'envergure
et vole à 130 km/h.



AVIATION

Matelas volant

Mi-avion, mi-Zeppelin, le Stingray est une aile volante gonflable qu'on lance à l'aide d'une catapulte. Imaginé par le Suisse Andreas Reinhard, le Stingray ressemble à une sorte de matelas gonflé d'air. Il vole à 130 km/h, a 13 m d'envergure et pèse 80 kg. Si l'on y ajoute le moteur diesel pour la propulsion et le poste de pilotage, le Stingray pèse à peine 1 tonne. Le prototype a déjà effectué plusieurs dizaines de vols. L'inventeur travaille à un Stingray II, dont l'envergure sera deux fois plus grande et qui pourra transporter six passagers. Les mouvements de l'aile sont obtenus par modification de son profil sans parties mobiles. J. Z.

SÉCURITÉ

Simulateur d'incendie

Pour entraîner ses équipes de pompiers, l'aéroport londonien de Heathrow se dote d'un simulateur qui reproduit de façon réaliste les conditions d'un incendie à bord d'un avion commer-



Entraînement des pompiers londoniens sur l'aéroport de Heathrow.

SIPA PRESS

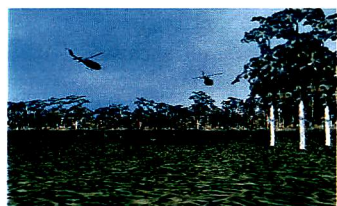
cial gros-porteur immobilisé au sol. L'appareil assemble un fuselage de quadriréacteur Boeing-747 et des moteurs de tri-réacteur McDonnell Douglas MD 11. Le moteur arrière de ce dernier, situé très haut, au milieu de la dérive, est en effet difficile à atteindre par les pompiers.

Afin de limiter les émissions de fumée, c'est la combustion de gaz propane qui fournit les flammes de l'incendie virtuel. Le dispositif est placé sur des blocs de béton, entourés d'un mur en béton renforcé de fibre de verre.

TRAUMATOLOGIE

Le logiciel de l'apaisement

■ Pour secourir les anciens combattants américains qui souffrent encore des traumatismes psychologiques de la guerre du Vietnam, l'Institut technologique



Scènes de guerre pour guérir les anciens combattants traumatisés.

de l'Etat de Géorgie a créé un logiciel qui reproduit à l'écran certaines scènes qu'ils ont vécues.

Le logiciel a été conçu par Larry F. Lodges, professeur d'informatique, et Barbara Rothbaum, professeur de psychiatrie. Encouragés par les autorités universitaires, les deux inventeurs ont créé la société Virtually Better pour le commercialiser.



Chauffé dans des fours spéciaux, le bois est stérilisé et devient plus dur et plus résistant

BÂTIMENT

Du bois tout chaud

Chauffé à une température de plusieurs centaines de degrés, en atmosphère confinée, dans des fours spéciaux, le bois devient plus dur et plus résistant. Il absorbe beaucoup moins l'humidité, ce qui le rend moins vulnérable au gonflement. Enfin, le traitement thermique a pour effet de le stériliser : il n'est donc plus nécessaire d'employer des substances fongicides. C'est la société française Bci-MBS

qui a mis au point ce procédé. Elle a déposé la marque "Perdure" et obtenu le trophée "Environnement, catégorie technologie", au salon Pollutec. Quant aux fours, ils sont fabriqués par la firme Cératherm.

Traité de cette manière, le bois peut être utilisé dans le bâtiment (chalets, poutres, bardages, toitures), en agriculture, dans les infrastructures (poteaux électriques et téléphoniques), etc.

MOBILIER URBAIN

UNE GAINÉ POUR LES PIEDS

■ Les pieds des poteaux de feux tricolores, des panneaux de signalisation, des barrières, des abris ont tendance à se détériorer. Or, pour les remplacer, il faut souvent creuser le scellement en béton dans lequel est placée l'embase permanente en acier galvanisé à longue vie qui les reçoit.

Pour s'affranchir de cette contrainte, la société française TEI propose de les doter d'une gaine en polyéthylène, installée entre le pied lui-même et l'embase. La gaine sert en quelque sorte de joint intermédiaire. Plus de difficulté pour extraire les pieds ni pour les remplacer...

TRAITEMENT DES EAUX

Surveillance au laser

Le système d'analyse automatisé de la société Lasertec International mesure simultanément en temps réel la turbidité (teneur en boues), la température et le débit d'un fluide. Le capteur se compose d'une source de lumière laser infrarouge, devant laquelle passe le liquide à analyser. La lumière réémise par chaque particule éclairée est captée par une cellule photoréceptrice, puis analysée par le système informatique. Le nombre de particules s'affiche sur un écran, et l'intensité de la lumière diffusée par les particules permet de mesurer instantanément la turbidité. Un débitmètre et une sonde de température fournissent leurs propres mesures. Ce système peut servir à contrôler en continu les unités de traitement des eaux. Il permet aussi de détecter des pollutions ponctuelles ou de vérifier la qualité de certains fluides, dans les secteurs agro-alimentaire, chimique et biochimique.



CONFORT

Mauvais bruits et bons sons

Placées dans le conduit auditif, les boules Quiès dressent une barrière efficace contre le bruit. Mais elles

peuvent empêcher d'entendre les conversations.

La firme britannique Emtec Laboratories propose une solution qui réunit les avantages des boules Quiès, sans en avoir les inconvénients. Noisebreaker ("briseur de bruit"), le protège-tympan qu'elle commercialise, est en caoutchouc siliconé, modelé en fonction de la conque auriculaire et du conduit auditif. Il comprend un conduit central, qui permet d'équilibrer les

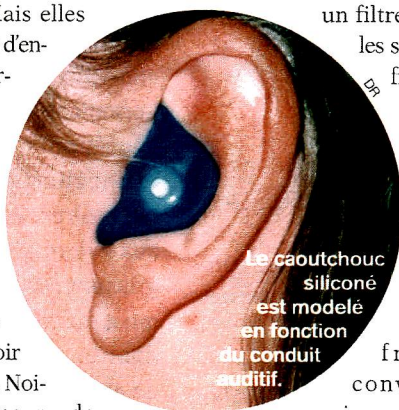
pressions entre l'extérieur et l'intérieur de l'oreille. Il est également doté d'un orifice où se trouve placé un filtre qui atténue

les sons moyenne

fréquence (de 1 à 6 kHz), particulièrement désagréables, mais laisse passer les sons basse fréquence, conversations, musique, téléphone,

sonneries d'alarme, etc.

Le Noisebreaker peut se porter sous un casque, ou sous des écouteurs. Sa durée de vie, selon le fabricant, est de sept ans.



Le caoutchouc siliconé est modelé en fonction du conduit auditif.

HYGIENE

Stérilisateur de poche

Les touristes victimes de diarrhée pour avoir bu de l'eau polluée apprécieront. La société américaine Hydro-Photon a mis au point Steri Pen, un stérilisateur de la taille d'un couteau de poche qui purifie l'eau en trente secondes. Il utilise une lampe



REX/SIPA PRESS

ESPACE

PISTE MAGNÉTIQUE POUR FUSÉES

■ Des chercheurs de l'université du Sussex (Royaume-Uni) ont construit un modèle réduit de ce qui pourrait être une piste de décollage pour les futurs vaisseaux spatiaux. Le prototype doit être testé par le centre Marshall de la NASA, à Huntsville (Alabama). La piste fonctionnerait selon le principe des rails magnétiques sur lesquels se déplacent certains trains à grande vitesse. La suspension magnétique assurerait la sustentation de l'avion spatial, disposé sur une sorte de long chariot, et un moteur

électrique linéaire favoriserait son accélération. Il faudrait atteindre près de 1 000 km/h pour que l'engin décolle, vitesse obtenue en quelques centaines de mètres seulement, aucune force de frottement n'intervenant, grâce à la suspension magnétique. Après le décollage, des moteurs-fusées prendraient le relais. D'où une importante économie de carburant, quand on sait que le tiers de la puissance d'une fusée classique sert à lui faire quitter le sol, alors qu'elle est à son poids maximal.

à rayons ultraviolets alimentée par une batterie. Il suffit de plonger la lampe dans le verre et de touiller l'eau pendant trente secondes pour neutraliser streptocoques, *E. coli* et autres salmonelles. Des essais en laboratoire ont montré que ce traitement détruit les virus et les bactéries à 99,9 %. La batterie fournit de l'énergie pour 35 opérations et peut être rechargée 350 fois, soit plusieurs milliers de litres d'eau stérilisés par une seule batterie.

Céramique toujours propre

Installée au sommet de la dérive de l'avion, cette antenne permet aux passagers de téléphoner et de regarder la télévision.

AVIATION

Télé à bord

Les hommes d'affaires qui se déplacent à travers le monde dans les avions de leur société disposent déjà du téléphone, du fax, etc. Ils peuvent désormais recevoir la télévision en direct, grâce à une antenne installée sur la dérive de l'appareil (partie verticale, à l'arrière), qui

s'oriente vers le satellite de télévision le mieux placé.

La société canadienne CAL (Ottawa) commercialise la première antenne combinée, destinée à la fois à la télévision et à la téléphonie. Elle est installée dans un radome de protection au sommet de la dérive.

SÉCURITÉ

LE BOUCLIER DE LA VOITURE

■ La société britannique Car Cosy a élaboré une coque en fibres de verre destinée à protéger les voitures du vol, du vandalisme ou des atteintes de l'humidité. Montée sur des armatures et fixée à un socle en acier à l'aide

de moyeux rotatifs, la coque peut se soulever et s'abaisser grâce à des vérins fonctionnant à l'air comprimé ou à des moteurs électriques alimentés par une prise extérieure. On peut également l'équiper



La coque de protection, en fibres de verre, se soulève grâce à des vérins.

d'un système d'alarme, d'une serrure, d'un radiateur soufflant de 175 W, d'une télécommande, et, en option, d'un radiateur soufflant plus puissant (800 W) pour favoriser le démarrage ou même d'un déshumidificateur.

Des appareils sanitaires toujours propres : voilà ce que promet la société Villeroy & Boch avec sa nouvelle céramique baptisée Ceramicplus. En effet, les dépôts qui s'accrochent habituellement aux baignoires, aux bidets, aux éviers et aux lavabos glissent sur cette céramique, qui a été mise au point dans le centre de recherches de Mettlach, en Allemagne. Les saletés s'attachent aux parois des appareils sanitaires parce que la surface de la céramique qui les recouvre est composée de minuscules aspérités. Ceramicplus est parfaitement lisse : les dépôts ne peuvent y adhérer, et sont entraînés par l'eau de lavage. L'entretien des équipements sanitaires est ainsi grandement facilité. Villeroy & Boch a réussi à obtenir cette intéressante propriété en ajoutant à l'émail, avant la cuisson, un produit spécial. Mais le fabricant refuse d'en dire plus ; aucun brevet n'a été déposé...

A collaboré à cette rubrique :
Julie Zürn.

Des antennes dans les résistances

Pourquoi ne pas se servir des résistances chauffantes incrustées dans les lunettes arrière des véhicules comme d'antennes radio ? Pourquoi ne pas en faire autant des films métalliques transparents placés sur les pare-brise entre deux épaisseurs de verre pour réfléchir la lumière du soleil ?

Les résistances sont destinées à dissiper la buée qui se forme sur les vitres, mais elles pourraient jouer un autre rôle, s'est dit Eric K. Walton, professeur d'ingénierie électrique à l'université d'Etat de l'Ohio (Etats-Unis).

Pour le film du pare-brise, l'adaptation était facile, puisqu'il suffisait de l'isoler du corps du véhicule, comme une antenne ordinaire. Pour les résistances chauffantes, Walton et ses élèves ont mis au point un transformateur qui laisse passer le courant électrique vers la résistance. Ils voudraient maintenant créer un film métallique chauffant, qui combinerait les propriétés des

deux éléments. Les voitures du futur, dotées de toutes sortes de systèmes d'aide à la conduite, réclameront en effet beaucoup plus d'antennes que les véhicules actuels.



Eric K. Walton veut transformer les résistances des pare-brise de voiture en antennes radio.

Bulletin d'abonnement à SCIENCE & VIE

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



12 mensuels
+ 4 hors série
trimestriels de
SCIENCE & VIE
+ en cadeau
le N°1 de
LA SCIENCE ET LA VIE
296 francs
seulement

Oui

je m'abonne **1 an** à SCIENCE & VIE
et à ses hors série
soit 12 mensuels + 4 trimestriels thématiques.

● je règle la somme de **296 francs*** seulement et je recevrai en cadeau de bienvenue le N°1 de LA SCIENCE ET LA VIE** paru en 1913.

Nom _____
Prénom _____
Adresse _____
_____ Code postal _____
Ville _____

Je choisis de régler par :

- ☐ chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE
☐ carte bancaire

N° _____
expire à fin _____ mois _____ année

Date et signature obligatoires

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

** Délai de réception de 3 à 4 semaines, à partir du règlement de votre abonnement.

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1999 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE METROPOLITAINE.
Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 17

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.



Mauvais mélanges

O. BURRIEL/SPL/COSMOS

Certains aliments peuvent annuler ou renforcer l'effet des médicaments.

Un phénomène dangereux et méconnu.

Rares sont les dentistes qui recommandent à leurs patients de ne pas boire de café avant une anesthésie locale. Ce stimulant peut pourtant rendre l'insensibilisation difficile, voire impossible.

De nombreuses interactions aliments-médicaments sont encore mal connues du public – et même des médecins. Ainsi, les épinards ne font pas bon ménage avec les antivitamine K (anticoagulants), le café se marie mal avec la théo-

phylline (antiasthmatique), les bananes, avec certains traitements de l'hypertension, certains fromages et saucisses, avec les antidépresseurs Imao.

Ces associations néfastes font d'ailleurs l'objet d'une brochure de la ligue américaine des consommateurs (National Consumers League), dont les autorités sanitaires françaises feraient bien de s'inspirer.

On a récemment découvert que certains aliments perturbent le métabolisme des anesthésiants et

des relaxants musculaires employés en anesthésie générale. Les travaux de Jonathan Moss (université de Chicago, Etats-Unis) montrent que les pommes de terre (surtout non pelées) et les omelettes contiennent des glycoalcaloïdes, substances qui, même plusieurs jours après avoir été ingérées, inhibent des enzymes responsables de la dégradation des anesthésiants. Résultat : le malade se réveille moins vite.

Les anesthésistes doivent déjà tenir compte de l'âge, du poids, des fonctions rénales et hépatiques de leurs patients. Devront-ils désormais s'intéresser à leur régime alimentaire?

Ph. C.



C. KUNIN/
TONY-
STONE IMAGES

VIROLOGIE

Grippe raccourcie

Une nouvelle molécule antivirale, le zanamivir, réduit la durée des symptômes de la grippe à cinq jours, au lieu de six jours et demi à huit jours. Cette première étude, qui porte sur 455 patients, devra être poursuivie sur un effectif plus large. Ph. C.

DÉPISTAGE

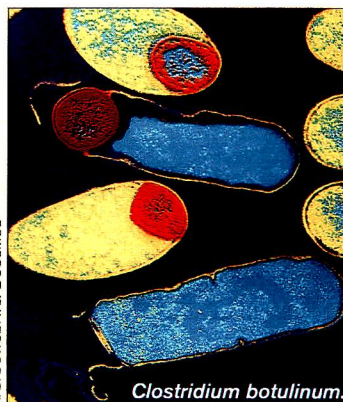
Flicage génétique

Une entreprise américaine sur vingt a fait subir des tests de dépistage de maladies génétiques à ses employés. C'est la conclusion d'une étude de l'American Management Association menée en 1997. Ph. C.

BACTÉRIOLOGIE

ARMES VIVANTES EN VENTE LIBRE

■ On connaissait les stocks d'armes bactériologiques de Saddam Hussein, mais on ignorait qu'il suffisait d'envoyer un fax à certains laboratoires pour se procurer sans aucun contrôle les germes indispensables à la mise au point de ces redoutables armements. Une enquête du journal britannique *Sunday Times* a révélé que, sur simple demande et pour quelques milliers de francs, on peut obtenir un échantillon de bacilles du botulisme, de l'anthrax ou de la peste auprès de laboratoires de bactériologie d'Indonésie ou d'Europe de l'Est. La plupart d'entre eux ne vérifient pas l'origine de la commande ni l'exis-



A. B. DOWSETT/SP/UCS/MOS

Clostridium botulinum.

tence d'une licence d'importation. La situation est d'autant plus préoccupante que, malgré les efforts des armées américaine et française, qui financent les recherches dans ce domaine, il n'y a aucun remède contre le botulisme. Ph. C.

PHARMACOLOGIE

Une épice pour les diabétiques

■ Des chercheurs de l'université de Montpellier ont montré qu'un acide aminé (la 4-hydroxyisoleucine) du fénugrec, une légumineuse du pourtour méditerranéen, peut réguler la glycémie chez le rat. Si cette découverte se confirmait chez l'homme, elle devrait déboucher, dans un proche avenir, sur la mise au point d'un médicament destiné aux diabétiques de type II (90 % de l'ensemble), soit 100 millions de personnes dans le monde. P. R.

Le fénugrec contient un acide aminé qui régule la glycémie.

E. LEMOINE/
JACANA



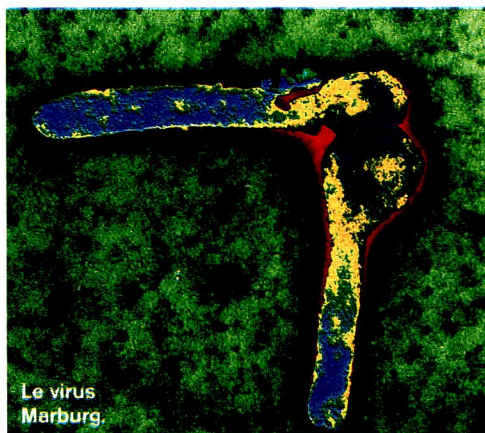
Un vaccin contre le virus Marburg

L'institut de recherche sur les maladies infectieuses de l'armée américaine, à Fort Detrick (Maryland), vient de mettre au point un vaccin expérimental contre le redoutable virus africain Marburg, responsable de maux de tête, de diarrhées et de fièvres hémorragiques mortelles. Préparé à partir de deux protéines du virus, le vaccin a été injecté à des singes qui ont ainsi résisté à des doses mortelles du virus Marburg.

Ces recherches devraient norma-

lement déboucher sur un vaccin à usage humain et sur l'élaboration d'un vaccin contre le virus africain Ebola, de la même famille, qui cause également des fièvres hémorragiques mortelles.

P. R.



Le virus Marburg.

O. MECKES/EYE OF SCIENCE/COSMOS

L'enzyme de la vie éternelle

Chaque division cellulaire entraîne un raccourcissement des télomères (séquences répétitives d'ADN situées à l'extrémité des chromosomes), avec pour conséquence la sénescence, puis la mort de la cellule (au bout de la cinquantième division environ). Cependant, les cellules germinales (à l'origine des spermatozoïdes et des ovules) et les cellules cancéreuses échappent à cette règle : après chaque division, une enzyme, la télomérase, reconstruit les télomères, ce qui rend ces cellules immortelles. Des chercheurs de l'université Rockefeller (New York) ont montré qu'elle est sous la dépendance d'une autre enzyme, la tankyrase. Cette découverte pourrait déboucher sur la mise au point de substances qui activent la tankyrase, afin d'augmenter la durée de vie des cellules, ou de substances anticancéreuses inhibitrices de la tankyrase.

P. R.



CHIRURGIE

LE SILENCE DU RONFLEUR

■ L'appareil est simple : une électrode qui fournit une fréquence de 460 kHz. Placée contre le voile du palais, elle produit un échauffement qui coagule le collagène. En cicatrisant, celui-ci se rétracte légèrement, ce qui réduit la taille du voile du

palais. Il ne vibre plus au passage de l'air. Le ronflement disparaît. Cette méthode, en cours d'expérimentation, serait indolore, ce qui n'est pas le cas de la chirurgie, et donnerait satisfaction dans plus de 70 % des cas après deux séances de dix minutes.

Ph. C



Cet appareil, testé à l'hôpital Bicêtre (Val-de-Marne), guérit le ronflement chronique sans douleur.

DR

A collaboré à cette rubrique :
Pierre Rossion.

Pour votre téléphone fixe, le 7 crée les Forfaits du "7"

3h 7j/7
+ 1h week-end

165F
tous les 2 mois

6h 7j/7
+ 2h week-end

315F
tous les 2 mois

9h 7j/7
+ 3h week-end

450F
tous les 2 mois

Avec les Forfaits du "7", vous choisissez à l'avance, le montant de votre facture pour 2 mois : vous pouvez donc mieux maîtriser vos dépenses de téléphone fixe !

- **Des heures 7 j/7** pour appeler quand vous voulez, partout en France métropolitaine, hors département⁽¹⁾, à un tarif unique.
- **Des heures week-end** supplémentaires qui prolongent la durée de votre forfait.
- **Des services gratuits** pour contrôler votre consommation (serveur vocal, facture détaillée).

• **Au-delà de votre forfait**, un tarif simplifié et économique⁽²⁾.

• **Aucun engagement**, pas d'abonnement et rien à changer à votre installation.

en plus de votre forfait,
1 HEURE GRATUITE
de communication⁽³⁾

sur votre première facture, pour toute souscription avant le 31/03/99

Pour en savoir plus, appelez dès aujourd'hui le :

N°Vert 0 800 777 777

en précisant votre code : **P619**

Tarifs TTC au 30/11/98. Les Heures Week-End : du vendredi minuit au dimanche minuit. (1) Forfaits bimestriels nationaux du "7" valables pour les appels passés à partir d'un poste fixe, en France métropolitaine, hors département et numéros spéciaux (06. 08, ...). Les départements 75 + 92 + 93 + 94 forment un seul département, de même pour la Corse. Tarification spéciale sur les appels hors forfait. (2) Appels à + de 52 km. hors département et numéros spéciaux. (3) Offre soumise à conditions, non cumulable avec d'autres offres promotionnelles et strictement réservée aux nouveaux abonnés au "7", cette heure de communication supplémentaire en France métropolitaine, hors département et numéros spéciaux, est à utiliser comme bon vous semble pendant les deux premiers mois de votre souscription à l'un des Forfaits nationaux du "7". Les Forfaits nationaux du "7" sont moins chers sur la base d'un profil moyen de consommation en France métropolitaine. Au moins 30 % du volume des appels en tarif normal, 80 % des appels à + de 52 km hors département. Tarifs de base d'opérateurs globaux au 01/10/98, crédit temps inclus, hors options tarifaires.



Le 7, c'est tout simplement
moins cher.

Le 7 est une marque de  cegetel

"J'imprime,
je photocopie,
je numérise
en couleur.

J'ai bien mérité
un peu de repos, non ?"



HP OfficeJet Pro 1170C
5990 FHT*

* Prix généralement constaté au 1/09/1998 soit un prix de 7224,00 F TTC.

"Installez-vous, j'ai de quoi vous surprendre. Je me présente : HP OfficeJet Pro 1170C, le nouveau périphérique de la gamme Tout-en-Un Hewlett-Packard. A moi tout seul, je suis à la fois une imprimante, un photocopieur et un scanner couleur. Ainsi, j'ai été conçu pour vous faire gagner de la place, du temps et de l'argent. Finalement, avec moi la seule chose dont vous ne ferez pas l'économie est la qualité. En effet, j'intègre la technologie HP PhotoREt II, une petite merveille qui vous permet d'obtenir la qualité photo même sur papier ordinaire ! Alors, n'ai-je pas tout pour trouver une place de choix dans votre bureau ?" Pour plus d'information, visitez le site : www.france.hp.com/hpofficejet



**hp HEWLETT
PACKARD**
Expanding Possibilities*

*HP. Et tout devient possible

DÉCOUVERTE

Comment la matière devient réelle

en couverture

La physique quantique échappe au sens commun ; elle défie l'imagination.

Pendant trois quarts de siècle, elle a été en contradiction radicale avec la physique classique. Mais, depuis peu, ces deux univers sont réconciliés.

Des expériences concrètes permettent d'explorer

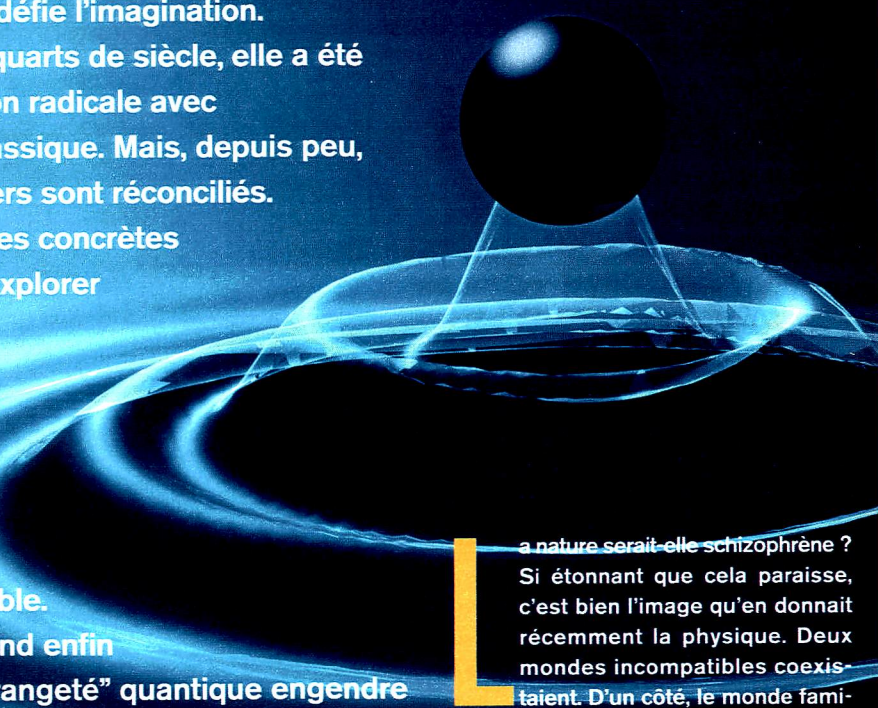
la frontière entre

le monde de l'infiniment petit (atomes, particules)

et celui du visible.

Et l'on comprend enfin comment l'"étrangeté" quantique engendre malgré tout les objets de notre réalité.

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT



La nature serait-elle schizophrène ? Si étonnant que cela paraisse, c'est bien l'image qu'en donnait récemment la physique. Deux mondes incompatibles coexistaient. D'un côté, le monde familier qui nous entoure, celui des pierres, des arbres, des étoiles – bref, l'Univers à l'échelle "macroscopique", qui est décrit par la physique classique. De l'autre, le monde microscopique des atomes et des particules, soumis aux lois

Comment la matière devient réelle

de la physique quantique : qui veut y pénétrer doit abandonner toute logique, toute intuition, toute connaissance familières. Car, là, les particules n'ont pas de trajectoire, se trouvent en plusieurs endroits simultanément, obéissent au hasard. Ces deux univers sont totalement différents, inconciliables, voire contradictoires.

Pourtant, faut-il le rappeler, toute la matière macroscopique est bel et bien constituée d'atomes et de particules. Cette dichotomie entre matière à grande échelle et matière à petite échelle est manifestement absurde ! Il y a quelque chose qui cloche au royaume de la physique – plus précisément, dans la mystérieuse région qui dessine la frontière entre les domaines classique et quantique. Que se passe-t-il dans cet obscur *no man's land*, pour que les lois de la nature et la perception du monde se métamorphosent ainsi du tout au tout ? C'est l'un des problèmes majeurs de la science moderne.

UNE THÉORIE SANS LA MOINDRE FAILLE

Ou plutôt, c'était. Car l'énigme de la "transition du quantique au classique", qui taraude les physiciens depuis les années 30, est en bonne voie d'être résolue. Ebauchée il y a une quinzaine d'années, une théorie se développe avec succès pour expliquer le passage d'un univers à l'autre : on l'appelle "décohérence". Et, depuis deux ou trois ans, de très subtiles expériences parviennent enfin à pénétrer dans ces zones frontalières, jugées inaccessibles auparavant.

Ainsi, deux physiciens de l'Ecole normale supérieure, à Paris, Serge Haroche et Jean-Michel Raimond, sont parvenus pour la première fois à observer en direct l'étonnante métamorphose d'un sys-

Quand la physique voit trouble

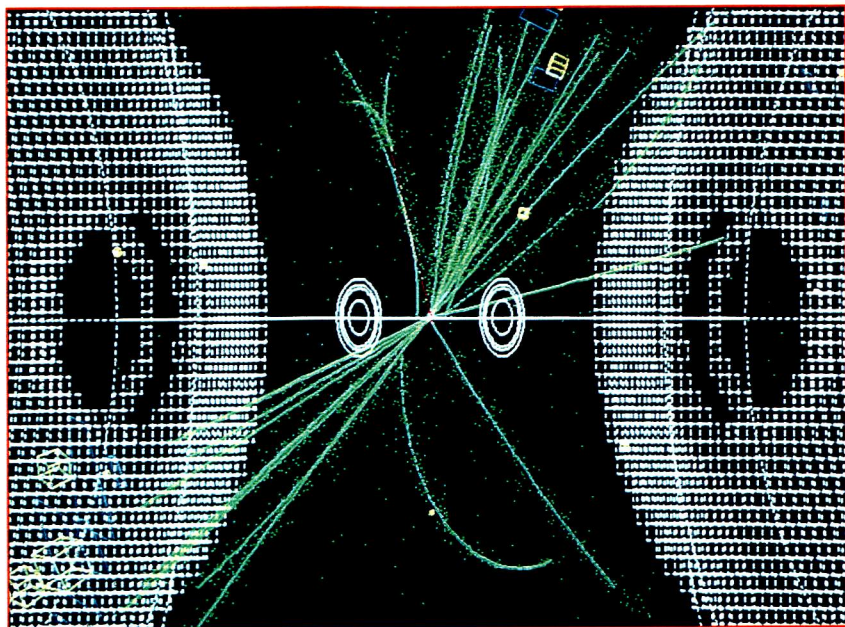
Si la physique quantique s'appliquait à notre échelle, les êtres et les choses autour de nous se trouveraient simultanément en plusieurs lieux et en plusieurs états – comme c'est le cas des atomes et des particules. Or, les objets occupent une position bien définie. On sait maintenant pourquoi le monde microscopique est si différent du monde macroscopique.

tème en train de sortir d'un état quantique pour devenir classique !

Aux yeux du public, la physique quantique garde une aura mystérieuse, ésotérique. Mais, pour les scientifiques, sa suprématie absolue est une évidence. Ils la maîtrisent, l'appliquent, l'explorent dans tous les recoins. Aucune théorie n'est aussi féconde : c'est la physique quantique qui a permis d'expliquer la couleur des objets, la stabilité des atomes, l'énergie des étoiles, les réactions chimiques – entre autres... Aucune théorie n'a été autant mise à l'épreuve sans jamais présenter la moindre faille, aucune n'a été vérifiée avec un tel degré de précision, aucune ne couvre un domaine si étendu, des plus petites dimensions à certains phénomènes quantiques à grande échelle (comme la supraconductivité). La physique du solide, la physique nu-

Quand l'expérience voit double

Un atome a été pris en flagrant délit de superposition quantique : on l'a observé simultanément en deux endroits distincts ! Cette ubiquité quantique fut réalisée pour la première fois en mai 1996 au National Institute of Standards and Technology (Colorado).



PH. PLAILLY/EURELIOS

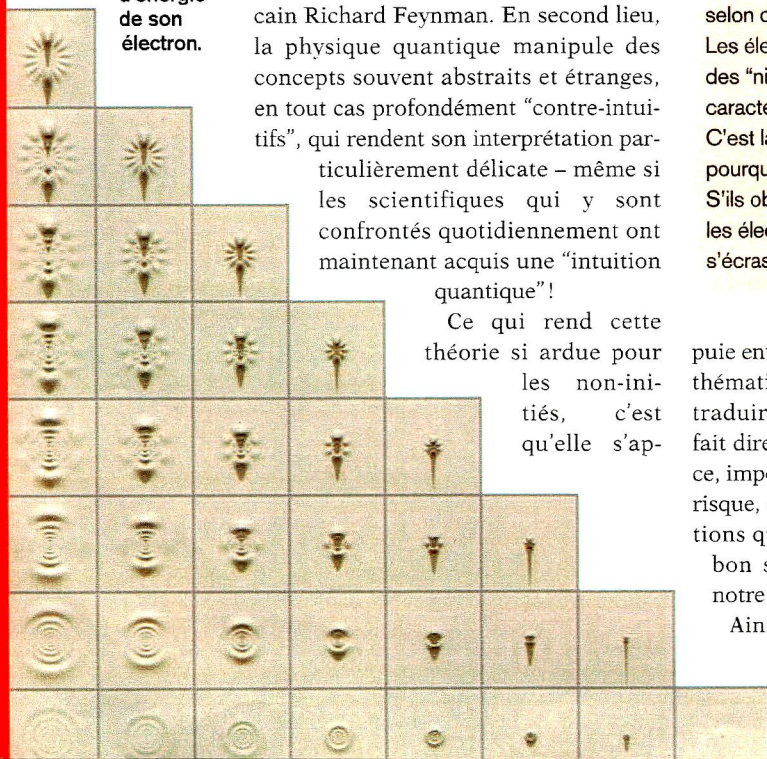


Comment la matière devient réelle

claire, la physique des particules, l'électronique, la chimie, etc., sont quantiques depuis des décennies. Et, surtout, aucune théorie n'a engendré autant d'applications techniques. Sans le savoir, nous nous servons quotidiennement d'objets quantiques : lasers, transistors, ordinateurs, pour s'en tenir aux plus courants.

L'hydrogène dans tous ses états

La théorie quantique permet de calculer la "probabilité de présence" des électrons des atomes. Cette probabilité est représentée par une "orbitale". Ci-dessous, les orbitales de l'atome d'hydrogène correspondant à différents niveaux d'énergie de son électron.



DES CONCEPTS "CONTRE-INTUITIFS"

Et pourtant... Malgré son impressionnante efficacité et ses succès innombrables, la physique quantique continue d'alimenter débats et polémiques. Pourquoi cette vieille dame toute puissante et presque centenaire fait-elle encore scandale ? Pour deux raisons. La raison de fond – on l'a évoquée plus haut –, c'est qu'il subsiste un "chaînon manquant" entre le monde quantique et le monde classique. C'est, en réalité, « le seul véritable problème en physique quantique », selon le prix Nobel de physique américain Richard Feynman. En second lieu, la physique quantique manipule des concepts souvent abstraits et étranges, en tout cas profondément "contre-intuitifs", qui rendent son interprétation particulièrement délicate – même si les scientifiques qui y sont confrontés quotidiennement ont maintenant acquis une "intuition quantique" !

Ce qui rend cette théorie si ardue pour les non-initiés, c'est qu'elle s'ap-

IDÉE FAUSSE

CE QUE SONT ET NE SONT PAS LES ATOMES

■ Les atomes sont constitués d'un noyau autour duquel gravitent des électrons... Stop !

L'image (ci-contre), qui date de 1911, est

tenace, mais

trompeuse. Non, les

électrons ne tournent pas comme de petites planètes autour du noyau-soleil.

Ce sont des objets quantiques, qui ne ressemblent pas à des points et n'ont pas de trajectoire.

Dans un atome, les électrons n'occupent pas de position précise, mais sont diffus.

On les décrit par une "fonction d'onde"

qui détermine

la probabilité

de leur présence

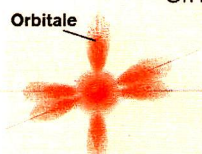
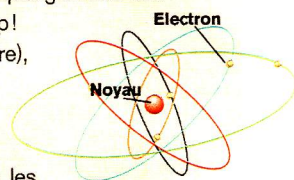
en un lieu et à un

instant donnés, et on

les représente par des sortes de nuages (ou "orbitales") plus ou moins denses selon cette probabilité (ci-dessous).

Les électrons d'un atome ont des "niveaux d'énergie" bien définis, caractéristiques de l'élément considéré. C'est la physique quantique qui explique pourquoi les atomes sont stables.

S'ils obéissaient à la physique classique, les électrons perdraient leur énergie et s'écraserait sur le noyau.



puie entièrement sur un formalisme mathématique très puissant qui ne peut se traduire en concepts courants. Ce qui fait dire à certains qu'elle est, par essence, impossible à vulgariser. Quand on s'y risque, on évoque des objets et des situations qui, inévitablement, choquent le bon sens, parce qu'ils contredisent notre expérience de tous les jours.

Ainsi, la physique quantique ne connaît ni onde, ni particule,



AIP

mais une seule catégorie d'«objets» qui possèdent certaines propriétés des ondes et d'autres des particules ponctuelles (voir encadré «La pseudo-dualité onde-corpuscule»). Autant se faire une raison : ces objets quantiques sont impossibles à imaginer visuellement. Ils sont «flous», leurs contours et leurs propriétés sont mouvants (voir encadré «Pour en finir avec le principe d'incertitude»), ils n'ont pas de trajectoire. Ils sont capables de s'emmêler inextricablement et de se trouver simultanément en plusieurs états ou en plusieurs lieux.

LA SUPERPOSITION D'ÉTATS, UNE EXCLUSIVITÉ QUANTIQUE

A l'origine d'une bonne partie des bizarreries quantiques (ou qui nous apparaissent comme telles), on trouve le «principe de superposition». De quoi s'agit-il ? Les caractéristiques d'un atome, d'une particule ou de tout autre système quantique constituent ce qu'on appelle son «état». Or, quand un système a plusieurs états possibles, la somme de ces états est éga-

Les pères fondateurs

Dans les années 30, âge d'or de la physique, les «créateurs» de la théorie quantique – ici, de gauche à droite, Niels Bohr, Werner Heisenberg et Wolfgang Pauli – avaient de longues discussions philosophiques sur l'interprétation de leurs propres découvertes.

lement un état possible : le système se trouve alors dans une superposition d'états. C'est grâce à ce principe essentiel qu'une particule peut occuper plusieurs positions à la fois, ou qu'un atome peut se trouver dans une superposition d'énergies. Tant qu'on reste dans le domaine quantique, tout va bien.

La difficulté commence quand on passe dans l'autre monde, le nôtre, le monde macroscopique. Car la superposition d'états est une exclusivité quantique, proprement impensable dans notre univers classique. Nul n'a jamais vu un objet (disons, un stylo) simultanément en deux endroits, ni une voiture roulant à une superposition de deux vitesses ! Dès lors, que se passe-t-il si l'on cherche à mesurer l'énergie d'un atome qui se trouve dans une superposition d'états d'énergie ? On ne détectera jamais cette superposition, mais seulement l'une des énergies qui la constituent. Comme par un coup de baguette magique, l'action de mesurer fait disparaître la superposition des états, au profit d'un seul.

Comment la matière devient réelle

Un seul état, soit, mais lequel? La physique quantique refuse tout bonnement de répondre à cette question. Le "choix" s'effectue au hasard! En revanche, à défaut de prédire l'état précis qui sera mesuré parmi tous ceux qui constituaient la superposition, la théorie quantique donne la probabilité qu'on a de mesurer chaque état. Si l'on effectue de nombreuses mesures, on trouve donc finalement les proportions prédites par la théorie (même si chaque mesure est imprévisible). C'est en ce sens que la physique quantique est dite "probabiliste" et "non déterministe" (1) (par opposition à la physique classique, où l'avenir d'un système peut – en principe – toujours être déterminé).

UNE RÈGLE QUI FONCTIONNE BIEN... SANS QU'ON SACHE POURQUOI

Cette règle, qui permet de passer de la formule théorique (avec états superposés) à la probabilité du résultat de l'expérience, a été découverte en 1927 par le physicien allemand Werner Karl Heisenberg, qui l'a baptisée "principe de réduction du paquet d'ondes". Il s'agit d'une règle empirique, qui fonctionne merveilleusement bien en pratique, mais qui ouvre évidemment un abîme de questions...

Que se passe-t-il, lors de cette fameuse mesure, pour que le système "saute" ainsi d'une superposition d'états à un état unique? A quel niveau se situe la frontière entre le quantique et le classique, entre l'objet observé et l'instrument? Car, après tout, celui-ci est fait d'atomes et de particules... Ce débat a fait couler beaucoup d'encre. Certains ont attribué la réduction du paquet d'ondes à l'acte d'observer...

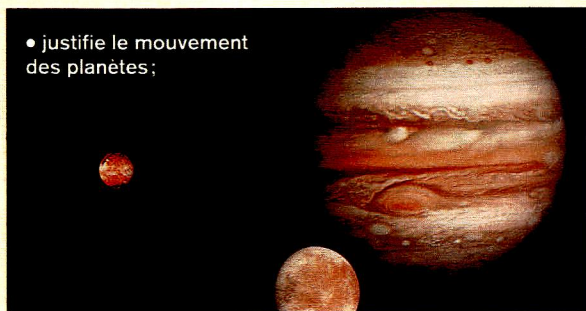
(1) En fait les équations de la physique quantique sont déterministes. Le hasard – donc le caractère probabiliste – intervient seulement au moment de la transition classique-quantique.

DEUX SYSTÈMES POUR

LA PHYSIQUE CLASSIQUE

- s'applique au monde macroscopique (de la molécule à l'Univers);
- connaît deux sortes d'objets distincts, les ondes et les particules. Ces dernières sont ponctuelles, suivent des trajectoires et ont des propriétés précisément déterminées;
- est déterministe – ses lois permettent de prédire l'avenir d'un système connaissant son passé;
- est locale – les objets ont une position déterminée;
- considère que les objets peuvent être étudiés séparément, individuellement;

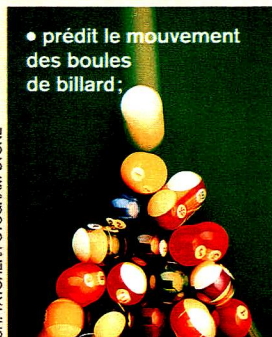
- justifie le mouvement des planètes;



JET

- prédit le mouvement des boules de billard;

CH. TATCHEV/FOTOGRAM-STONE



- démontre la dynamique des liquides et des gaz;

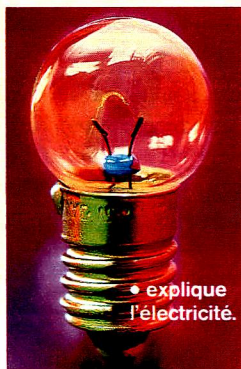
P. DUMAS/EURELIOS



- a permis la conception de réacteurs;



- explique l'électricité.

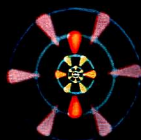


PHOTOS Z. KALUZYŃSKI ET S. TAYLOR/FOTOGRAM-STONE

LA PHYSIQUE QUANTIQUE

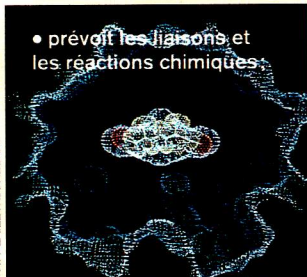
- s'applique à l'échelle des atomes et des particules;
- ne connaît qu'une sorte d'objets. Ceux-ci, selon les cas, ressemblent plutôt à des ondes ou plutôt à des particules. Leurs propriétés (position, énergie...) se caractérisent non par une valeur précise, mais par un spectre de valeurs;
- est probabiliste et non déterministe (du moins, en ce qui concerne sa transition avec la physique classique, qui se produit partiellement "au hasard");
- est "non locale" : les objets quantiques peuvent avoir simultanément plusieurs positions;
- est "non séparable" : plusieurs objets quantiques peuvent être "enchevêtrés" au point de ne pouvoir être considérés séparément;

• justifie la stabilité des atomes;



D. PARKER/SPL/COSMOS

• prévoit les liaisons et les réactions chimiques;



PH. PLAILLY/EURELIOS

• explique la radio-activité;



PH. PLAILLY/EURELIOS

• a permis d'inventer le laser.



CH. O'BRIEN/WESTLIGHT/COSMOS

• explique l'existence des couleurs;



PH. DEGGINGER/FOTOGRAM-STONE

ver, à l'observateur, voire, comme l'a fait le physicien américain Eugene Wigner, à la conscience!

Plus sérieusement, d'autres scientifiques, et non des moindres, ne se satisfaisaient pas du rôle majeur conféré au hasard. Einstein lui-même, qui refusait, selon ses termes, que « Dieu pût jouer aux dés », pensait que la physique quantique était incomplète, et qu'il fallait trouver une théorie sous-jacente (2) plus profonde – et déterministe.

LA PARTICULE EXISTE-T-ELLE HORS DE L'EXPÉRIENCE?

Face au casse-tête de la mesure, le physicien américain Hugh Everett, lui, a proposé une réponse radicale : il y a non pas réduction d'une superposition d'états à un seul état, mais réalisation de tous les états possibles, chacun dans un univers distinct! Cette théorie des "mondes multiples" est d'ailleurs invérifiable, puisque les innombrables univers parallèles ne communiqueraient pas entre eux...

Le physicien danois Niels Bohr, l'un des pères fondateurs de la théorie, avait adopté une position plus prudente, pragmatique et profonde à la fois. Pour lui, la réduction du paquet d'ondes supposait une frontière absolue entre le système quantique à mesurer et l'appareil de mesure, obligatoirement considéré comme classique. La mesure joue un rôle privilégié, puisqu'elle seule "fixe" les propriétés de la particule. Hors de la mesure, ces propriétés ne sont pas définies. De là à décréter qu'on ne doit pas parler de particule en soi, qu'il n'est pas certain que la particule "existe" hors de l'expérience, ou que cette question ne doit même pas être posée, il n'y a que

.....

(2) Sur ce point, l'avenir a donné tort à Einstein, puisqu'on a maintenant la preuve que la théorie quantique est complète, grâce en particulier à l'expérience du physicien français Alain Aspect (voir *Science & Vie* n° 964, p. 54).

Comment la matière devient réelle

quelques pas, qui ont été franchis par les successeurs de Bohr.

Les débats sur les concepts quantiques, riches et animés jusqu'aux années 30, ont été par la suite délaissés : la physique quantique devait se borner à prédire des résultats de mesures. Les équations marchaient bien, tout le reste ne consistait qu'à couper les cheveux en quatre... « Le mode de fonctionnement de la science contemporaine a mis sous le boisseau les

questions de principe, analyse le physicien Jean-Marc Lévy-Leblond, professeur à l'université de Nice. Certaines recherches fondamentales ont ainsi été retardées de plusieurs années. » En particulier, celles qui portent sur la transition quantique-classique.

Pendant des décennies, la question n'a donc pas progressé d'un iota. Pourtant, dès 1935, l'Autrichien Erwin Schrödinger, l'un des fondateurs de la mécanique quantique, avait souligné l'absurdité de cette mystérieuse "réduction du paquet d'ondes". Poussant sa logique jusqu'au bout, il avait eu recours à une "expérience de pensée" devenue célèbre.

Imaginez un chat enfermé dans une boîte hermétique. Dans la boîte se trouvent aussi un atome radioactif et un dispositif capable de répandre du poison. Quand l'atome radioactif se désintègre, il déclenche le dispositif mortel : le poison se répand dans la boîte et le chat meurt.

POINT DE VUE

LA PSEUDO-DUALITÉ ONDE-CORPUSCULE



■ On ne peut pas voir un visage à la fois de face et de profil (sauf quand on s'appelle Picasso !) De même, onde et particule sont les deux "faces" sous lesquelles apparaissent, selon le point de vue, les objets quantiques. Ainsi, la lumière visible peut se manifester sous l'aspect de photons ponctuels, tandis que les électrons (généralement assimilés à des points) adoptent parfois

le comportement d'une onde. Cette fameuse "dualité onde-corpuscule" est en fait plutôt une "complémentarité". Le physicien Jean-Marc Lévy-Leblond compare l'objet quantique à un cylindre, qui peut être envisagé comme un cercle ou comme un rectangle selon l'angle de vision – mais qui la plupart du temps ne correspond pas complètement à ces descriptions.

En un sens, le monde quantique est donc plus simple que le monde classique ! Car si la physique classique distingue deux types d'objets, les particules d'une part, les ondes d'autre part, la physique quantique n'admet qu'une seule catégorie d'objets – qui se manifestent à nous par un comportement tantôt plus "corpusculaire", tantôt plus "ondulatoire".

LES SYSTÈMES QUANTIQUES VICTIMES DE LEUR ENVIRONNEMENT

Mais la désintégration radioactive est un phénomène quantique : tant qu'on ne l'a pas détecté, l'atome est dans une superposition d'états "désintégré et pas désintégré". Dans la boîte, le système chat-dispositif à poison-atome doit donc, lui aussi, se trouver dans une superposition des deux états "atome désintégré-chat mort" et "atome intact-chat vivant". Bref, si l'on prend la physique quantique au pied de la lettre, le chat est à la fois mort et vivant tant que la mesure n'a pas été effectuée !

L'absurdité de cette expérience est manifeste... mais difficile à démontrer, du moins tant qu'on n'a pas compris ce qui distingue fondamentalement un chat d'une particule. Toujours le problème de la frontière quantique-classique... Il faudra attendre les années 80 pour que la situation progresse enfin, à la fois sur le front de la théorie et sur celui de l'expérience.

En 1982, Wojciech Zurek, chercheur au laboratoire national de Los Alamos (Nouveau-Mexique), reprend une idée fort simple mais géniale (qui avait déjà

AKG/"FEMME AU CHAPEAU DE PAILLE SUR FOND FLEURI"/© SUCCESSION PICASSO 1999

L'électron est partout

Une représentation en trois dimensions de la probabilité de présence de l'électron de l'atome d'hydrogène dans une superposition de six états a été calculée par ordinateur. Plus la couleur est lumineuse, plus la probabilité de présence est élevée.

J.-F. COLONNA

été évoquée auparavant, mais sans être développée) : dans une mesure, ce qui produit la réduction du paquet d'ondes, c'est l'interaction du système avec son environnement (en l'occurrence, l'appareil). Plus généralement, les objets quantiques ne sont jamais complètement isolés de leur environnement – on entend par là tout ce qui interagit avec le système : un appareil, des molécules d'air, des photons lumineux. Si bien qu'en réalité les lois quantiques doivent s'appliquer à l'ensemble constitué de l'objet et de tout

Aux confins du réel

Wojciech Zurek (à gauche) et Murray Gell-Mann sont parmi les principaux théoriciens de la "décohérence". Cette théorie explique pourquoi notre monde a une apparence classique malgré ses racines profondément quantiques.

ce qui l'entoure. Or, Zurek démontre que les multiples interactions avec l'environnement entraînent une destruction très rapide des interférences quantiques du système. Les interférences sont un phénomène ondulatoire, et elles caractérisent un comportement quantique. En détruisant les interférences, l'environnement supprime les superpositions d'états et le comportement quantique du système, de sorte qu'il ne reste plus que des états simples et qu'on retrouve le comportement classique.

Dans un objet macroscopique – un chat par exemple –, chacun des atomes est environné de nombreux autres atomes qui interagissent avec lui. Toutes ces interactions provoquent spontanément un brouillage des interférences quantiques, qui disparaissent quasi instantanément. Voilà donc pourquoi la physique quantique ne s'applique pas à notre échelle : les systèmes ne sont jamais isolés ! Ce phénomène a été baptisé "décohérence", car c'est la destruction de la cohérence des états quantiques qui élimine les interférences.

La vitesse de la décohérence augmente avec la taille du système : un chat, qui compte quelque 10^{27} particules, "déco-



L. F. BACHRACH/
SANTA FE INSTITUTE



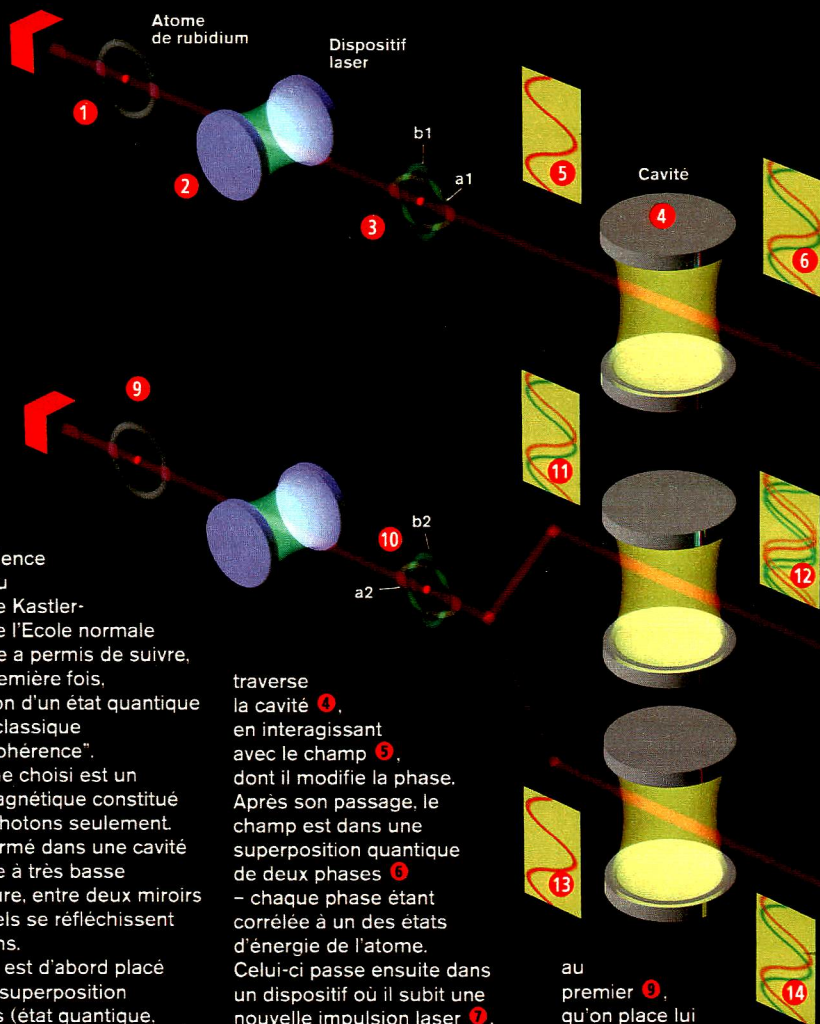
Comment la matière devient réelle

LA PREMIERE MÉTAMORPHOSE QUANTIQUE-CLASSIQUE OBSERVÉE EN DIRECT

■ L'expérience réalisée au laboratoire Kastler-Brossel de l'Ecole normale supérieure a permis de suivre, pour la première fois, la transition d'un état quantique à un état classique – ou "décohérence". Le système choisi est un champ magnétique constitué de 3 à 6 photons seulement. Il est enfermé dans une cavité maintenue à très basse température, entre deux miroirs sur lesquels se réfléchissent les photons. Le champ est d'abord placé dans une superposition de phases (état quantique, comparable au chat de Schrödinger "à la fois mort et vivant") : on observe ensuite comment il passe spontanément à une seule phase (situation classique, comparable au chat "soit mort, soit vivant"). Pour cela, on prend un atome (de rubidium) qu'on excite pour augmenter le diamètre d'une de ses orbites **1**. Grâce à une impulsion laser **2**, on place cet atome dans une superposition quantique de deux états d'énergie : a1 et b1 **3**. L'atome

traverse la cavité **4**, en interagissant avec le champ **5**, dont il modifie la phase. Après son passage, le champ est dans une superposition quantique de deux phases **6** – chaque phase étant corrélée à un des états d'énergie de l'atome. Celui-ci passe ensuite dans un dispositif où il subit une nouvelle impulsion laser **7**, qui mélange à nouveau ses deux états ; ces derniers sont maintenant corrélés chacun à une superposition différente des phases du champ. On détecte alors l'atome, soit dans l'état d'énergie a1, soit dans l'état b1 **8**. Le champ, qui est resté corrélé à l'atome, passe lui aussi soit dans une superposition, soit dans l'autre. Après un court instant, on teste l'état quantique du chat – pardon, du champ – en envoyant une "souris". Il s'agit d'un second atome, identique

au premier **9**, qu'on place lui aussi dans un état superposé a2 et b2 **10**. L'atome souris traverse le chat-champ du premier atome. De deux choses l'une : soit ce champ se trouve encore dans une superposition de phases **11**, et le passage de la souris produit une seconde superposition **12**, ce qui donne 4 états avec des interférences quantiques. Soit le champ a déjà "décohéré" **13** et n'a plus qu'une phase ; le passage de la "souris" le place alors dans une superposition de deux

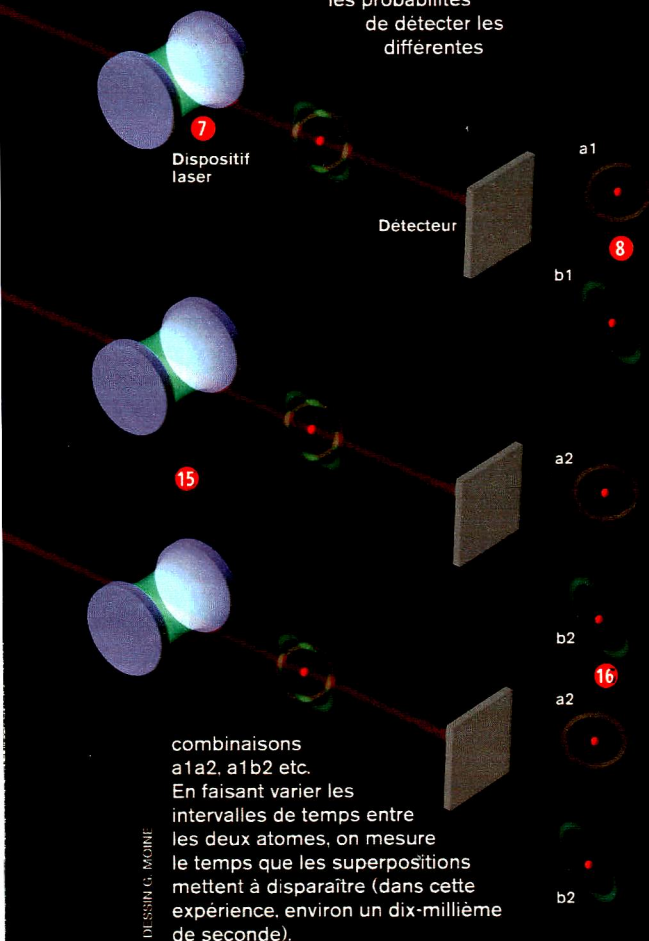


phases 14, comme en 6.

Puis, comme pour le premier atome, les états de l'atome souris sont à nouveau "mêlés" par laser 15. Enfin, l'atome souris est détecté dans un des deux états d'énergie a2 ou b2 16. L'ensemble de ces opérations est répété un grand nombre de fois.

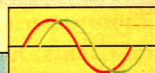
Il existe seulement quatre résultats possibles pour la détection d'un couple d'atomes de rubidium : a1a2, a1b2, b1a2, b1b2. C'est la distribution statistique de ces quatre combinaisons qui indique si le champ était encore dans son état de superposition quand le second atome est passé, ou si la décohérence a eu lieu entre temps. Dans ce dernier cas, la proportion des combinaisons correspond à un mélange statistique classique.

En revanche, si la souris est passée dans un champ encore en superposition de phases, elle a produit des interférences quantiques qui modifient les probabilités de détecter les différentes



SUPERPOSITION

En 1935, Erwin Schrödinger imagine cette expérience "de pensée" : on enferme un chat dans une boîte, avec un atome radioactif commandant un dispositif mortel.

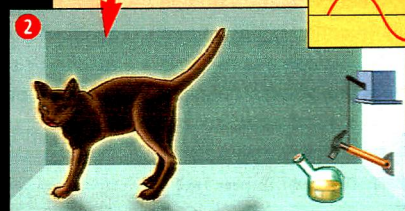
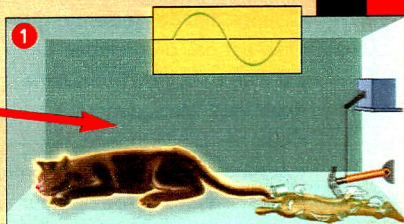
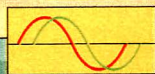


DESSIN D. GALLAND

L'atome, système quantique, est dans une superposition d'états "désintégré-pas désintégré". Et le système constitué du chat, du dispositif et de l'atome doit donc se trouver, lui aussi, dans une superposition d'états "atome intact-chat vivant et atome désintégré-chat mort".

DÉCOHÉRENCE

En réalité, un système de la taille d'un chat ne reste pas dans une superposition d'états. Elle s'évanouit spontanément, si vite qu'elle n'est pas observable - c'est la décohérence. Et le chat se trouve dans une situation classique : mort 1 ou vivant 2.



Comment la matière devient réelle

hère" en 10^{-23} secondes, ce qui explique pourquoi on n'a jamais vu de chats morts-vivants ! Et pourquoi la décohérence est difficile à observer...

LES PHYSICIENS CONTOURNENT LES INTERDITS

Mais, depuis quelques années, la frontière quantique-classique n'est plus interdite : grâce aux progrès techniques, elle est devenue accessible par l'expérience. On peut enfin décortiquer en laboratoire les fameux problèmes de la mesure et de la réduction du paquet d'ondes, cantonnés durant des décennies aux seules discussions théoriques. Grâce à des raffinements techniques et à des ruses de Sioux, les physiciens contournent les "interdits" d'autrefois : ils observent un objet quan-

tique sans le perturber, "voient" des superpositions d'états, bref accèdent enfin à des réalités jugées à jamais inabornables il y a quelques années – tout cela, évidemment, sans jamais violer les principes quantiques, mais au contraire en les utilisant.

« Aujourd'hui, les nouveaux moyens expérimentaux nous permettent d'illustrer les postulats de la physique quantique un à un, et ainsi de comprendre plus finement ce qui se passe », résume Serge Haroche. Même des "expériences de pensée" aussi extravagantes que celle du chat de Schrödinger deviennent réalisables plusieurs décennies après avoir été imaginées – et sans qu'on ait besoin de sacrifier un chat !

Ainsi, il y a deux ans, Serge Haroche et Jean-Michel Raimond ont mené la première expérience au monde qui permet d'observer la décohérence en direct (voir *Science & Vie* n° 951, p. 80). Pour jouer le rôle du chat, ils ont choisi un système "mésoscopique" (intermédiaire entre le micro- et le macroscopique), qui présen-

IDÉE FAUSSE (SUITE ET FIN)

POUR EN FINIR AVEC LE PRINCIPE D'INCERTITUDE

■ Le principe d'incertitude de Heisenberg, qui affirme qu'on ne peut pas connaître avec autant de précision qu'on le voudrait à la fois la position et la vitesse d'une particule... n'est pas un principe et ne porte pas sur des incertitudes (aussi est-il préférable de parler d'"inégalités de Heisenberg"). Ce n'est pas un principe, car il se déduit du formalisme quantique. Mais, surtout, il ne s'agit pas d'une incertitude, c'est-à-dire d'une limite de notre connaissance. Si l'on ne peut pas connaître sa position et sa vitesse, c'est bien parce qu'une particule quantique, n'étant pas ponctuelle, n'a pas à la fois une position et une vitesse définies

– contrairement à une particule classique. Les objets quantiques admettent non pas une valeur précise, mais tout un spectre de valeurs pour la position et la vitesse. Les inégalités de Heisenberg portent en fait sur des quantités incompatibles entre elles (position et vitesse, mais aussi énergie et temps, etc.) : on peut mesurer aussi précisément qu'on veut la position ou la vitesse, mais pas les deux à la fois. Bref, la limite qu'assignent les inégalités de Heisenberg ne porte pas sur la précision des mesures ; elle porte sur la validité des concepts classiques pour une particule quantique.

Ce qui n'a pas grand-chose à voir avec les extrapolations fumeuses et les récupérations douteuses auxquelles ont donné lieu les mal nommées "relations d'incertitude" : influence de l'observateur sur l'objet observé, limite fondamentale à la connaissance, etc.

Non, il n'existe pas de limite physique à la précision d'une mesure – même si, en pratique, chaque instrument a une précision limitée.



D. GOULD/IMAGE BANK

te l'avantage de "décohérer" moins vite qu'un animal. En l'occurrence (voir schéma de la double page précédente), il s'agit d'un champ électrique composé de seulement quelques photons, qui passe de deux phases superposées (état quantique) à une seule phase (classique). La décohérence suit exactement la courbe prévue par les calculs théoriques...

INFORMATION QUANTIQUE

D'autres recherches théoriques récentes participent de cet effort pour réconcilier les univers classique et quantique. Ainsi, les Américains Murray Gell-Mann (prix Nobel de physique en 1969), de l'institut de technologie de Californie, et James Hartle, de l'université de Santa Barbara, ont démontré que la décohérence est irréversible dans le temps : il n'y a pas de "re-cohérence" possible, de même qu'on ne voit jamais le morceau de sucre se reformer dans une tasse de café. On retrouve ainsi la direction du temps (du passé vers le futur), alors que jusque-là, en physique quantique, les phénomènes étaient réversibles.

De son côté, Roland Omnès, professeur à l'université Paris XI, s'est attaché à montrer, sur le plan logique, comment les lois quantiques, malgré leur étrangeté apparente – multiplicité des états possibles, rôle du hasard, etc. – parviennent à engendrer spontanément, à notre échelle, des phénomènes qui paraissent uniques, déterministes et somme toute parfaitement normaux.

« Jusque-là, dit-il, comprendre les lois

Passeurs de frontière

Jean-Michel Raimond (à gauche) et Serge Haroche sont les premiers à avoir observé, dans une magnifique expérience décrite dans la double page précédente, la transition d'un système quantique à l'univers classique.

de la physique, c'était les expliquer en les insérant dans les principes de la philosophie classique. Aujourd'hui, on procède dans l'autre sens. C'est en partant des principes quantiques, maintes fois vérifiés, qu'on peut retrouver et comprendre la logique du sens commun. C'est un véritable renversement du mot "comprendre" : nous démontrons les "jugements synthétiques *a priori*" du philosophe Kant à partir de la physique quantique ! »

Autre renversement de perspective dû à la décohérence : l'intrusion de la notion



A. DEVOUARD/REA

Comment la matière devient réelle

d'«information» en théorie quantique. En effet, on peut envisager l'interaction avec l'environnement comme une information qui s'échappe du système quantique. Chaque fois qu'une telle information est livrée à l'extérieur (qu'il y ait ou non un observateur pour la recueillir), les états superposés se séparent. C'est quand les états sont vraiment indiscernables, quand aucune information ne filtre, qu'ils peuvent interférer... Comme si l'environnement ne cessait de «mesurer» les systèmes, de leur soutirer de l'information, les forçant ainsi à adopter un comportement classique. Nul besoin d'observateur, ou de conscience : la nature se débrouille très bien toute seule...

La théorie de la décohérence représente-t-elle une nouvelle révolution en physique? Le mot de dénouement conviendrait mieux. Car la décohérence ne renverse aucun des principes quantiques édictés il y a trois quarts de siècle. Au contraire, elle permet de comprendre

Hypodrome quantique

Le microscope à balayage en transmission utilise les principes quantiques à la fois pour «voir» et pour manipuler des atomes. Ci-dessous des atomes de fer (cônes bleus) disposés en forme de champ de course. Les ondulations sont dues aux oscillations des atomes.

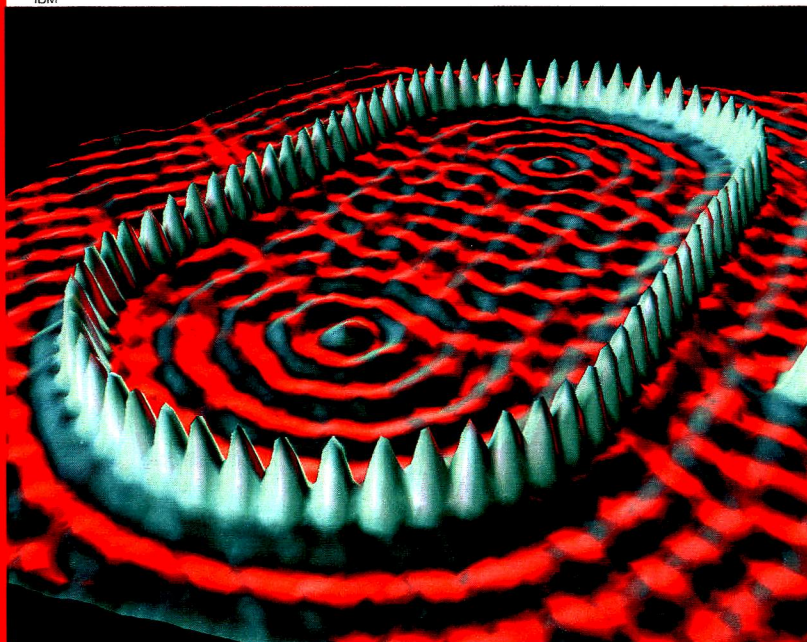
comment cette physique quantique si déroutante peut accoucher de notre monde classique.

«C'est plutôt la fin d'une révolution, la clef de voûte de tout le système, estime Jean-Marc Lévy-Leblond. La décohérence est un principe général, qui ouvre la voie. On est sur la bonne piste, mais tous les problèmes sont loin d'être résolus. La question de la frontière quantique-classique est bien plus vaste que la réduction du paquet d'ondes : on ne sait toujours pas déduire les propriétés classiques des principes quantiques.» Par exemple, les physiciens ne savent pas effectuer des calculs sur des milliards de milliards de particules quantiques pour comprendre pourquoi un caillou est dur ou pourquoi l'eau bout à 100 degrés.

DEMAIN, DES ORDINATEURS QUI RÉSISTENT À LA DÉCOHÉRENCE

Reste que l'idée de décohérence (et plus généralement le renouveau théorique et expérimental de ces dernières années) jette pour la première fois un pont solide entre le monde macroscopique et l'univers des atomes et des particules, confirmant ainsi la théorie quantique dans son rôle fondamental et prépondérant en physique.

Quelles pourraient être ses applications pratiques? Il est trop tôt pour le dire. Mais le grand défi actuel est d'inventer des systèmes qui restent superposés longtemps et résistent à la décohérence, en demeurant à l'écart de toute interaction avec l'environnement. Les physiciens sauront-ils transporter dans notre monde classique des îlots d'étrangeté quantique? Quelles machines impensables, quels ordinateurs surpuissants exploiteront demain des superpositions d'états à grande échelle?



IBM



recherche

Cassiopée

voilà



voilà
www.voila.fr

Tout ce que vous cherchez est là.

Voilà, c'est votre point de départ sur internet. Pour s'orienter, s'informer, communiquer, jouer, sortir et se divertir, il suffit de taper www.voila.fr. Par exemple, en écrivant un mot-clé et en cliquant sur voilà, vous obtenez tous les sites qui concernent l'objet de votre recherche.

Ces cordes qui l'Univers

D'immenses fils qui
se tortillent comme des vers
et renferment une énergie inouïe
capable d'attirer toute la matière
de l'Univers... Les cordes cosmiques,
ces objets mystérieux et mythiques
de la physique, pourraient bien fournir
la clef de l'origine
des galaxies.

ont orchestré

Pendant des années, elles n'ont été qu'une théorie droit sortie des équations des physiciens. Mais, depuis quelques mois, les cordes cosmiques naissent, vivent et meurent sur les écrans des ordinateurs de l'université de Californie à Berkeley (Lawrence Berkeley National Laboratory).

Le jeune chercheur britannique Julian Borrill et ses collègues américains ont réussi à recréer ce que furent probablement les premiers instants de l'Univers, 10^{-35} seconde après le big bang. Il leur aura fallu des heures de calcul sur l'un des plus puissants ordinateurs du monde, le Cray T3E, pour parvenir à leurs fins. Depuis, les cordes cosmiques sont devenues les candidates les plus sérieuses pour expliquer l'aspect grumeleux de notre Univers (1).

Depuis des dizaines d'années, en effet, les cosmologistes n'ont qu'une question en tête : pourquoi notre Univers fait-il des "grumeaux" ? Dans les premiers instants, il ressemblait à une soupe homogène de particules, et voilà qu'aujourd'hui toute la matière est regroupée en galaxies et amas de galaxies, séparés par d'immenses zones vides ! Grâce à Newton, on sait que la gravitation est en partie responsable de ce regroupement :

Prémices galactiques

A l'université de Californie, Julian Borrill et ses collègues sont parvenus, par modélisation informatique, à simuler la vie des cordes cosmiques, dans le sillage desquelles se seraient formées les premières galaxies.

dès qu'un petit amas de matière se forme, il attire tout ce qui se trouve à sa portée. Mais comment s'est formé le premier amas ? Qu'est-ce qui a bien pu cuisiner les premiers "grumeaux" dans la soupe initiale ?

La plupart des cosmologistes expliquent leur apparition par la théorie de l'inflation, élaborée par l'Américain Alan Guth en 1981. Depuis sa naissance, l'Univers est en expansion, c'est-à-dire qu'il grandit continuellement. Mais, selon la théorie de l'inflation, l'Univers aurait connu, à peine 10^{-35} seconde après sa naissance, une très courte période d'inflation, pendant laquelle il aurait grossi extrêmement vite. Son volume aurait été multiplié par 10^{15} : il serait passé de la taille d'une tête d'épingle à celle de dix fois notre galaxie.

DEUX THÉORIES : INFLATION ET REFROIDISSEMENT

Toutes les infimes fluctuations de l'Univers (ou plutôt les fluctuations des champs mathématiques qui permettent aux physiciens de définir le vide) auraient elles aussi grossi dans la même proportion. Elles auraient alors attiré toutes les particules à leur portée, pour former les premiers grumeaux de la soupe.

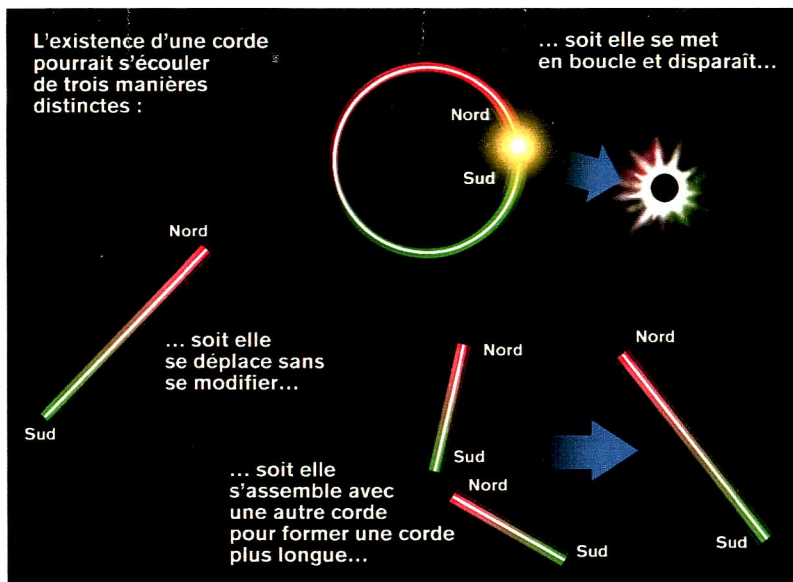
Cette théorie, apparemment simple, dont les physiciens peuvent aisément prédire les effets, présente tout de même deux inconvénients majeurs. D'une part, il n'existe aucun autre exemple d'inflation en physique. D'autre part, la théorie laisse une question

(1) "The Formation Of Non-Topological String Networks", Anna Achucarro, Julian Borrill and Andrew R. Liddle, *Physica B*.

en suspens : qu'est-ce qui a pu déclencher l'inflation ?

En 1976, une petite partie des cosmologistes s'était groupée autour du Britannique Tom Kibble pour soutenir une toute autre théorie : celle des cordes cosmiques. Dans ses tout premiers instants, alors que l'Univers commençait son expansion et son refroidissement, il aurait subi plusieurs transitions de phase, un peu à la manière de l'eau qui cristallise et se transforme en glace. Seulement toute l'eau ne gèle pas en même temps, et il se forme toujours de petits défauts dans la glace. De la même façon, les transitions de phase de l'Univers auraient donné naissance à des irrégularités, des défauts topologiques, que Tom Kibble a baptisés cordes cosmiques.

Pendant une fraction de seconde, ces cordes auraient cessé de refroidir : elles seraient donc restées plus énergétiques que le milieu extérieur. Elles auraient alors attiré à elles toute la matière, avant de disparaître en majeure partie. C'est



Scénarios pour la vie d'une corde

Les cordes semilocales ont une longueur finie et possèdent un pôle sud et un pôle nord. Comme sur les aimants, les pôles identiques se repoussent et les pôles opposés s'attirent. C'est pourquoi, si deux pôles de la même corde se rencontrent, celle-ci forme une boucle, puis disparaît. Si le pôle nord d'une corde rencontre le pôle sud d'une autre, les deux cordes s'assemblent pour former une corde plus longue.

dans leur sillage que se seraient formées, quelques milliards d'années plus tard, les galaxies et les amas de galaxies.

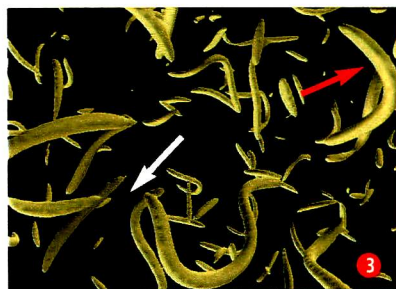
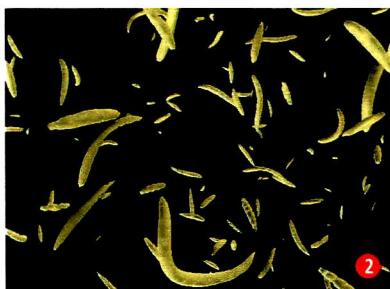
A quoi ressemblent les cordes cosmiques ? « Ce sont d'immenses boucles qui traversent tout l'Univers et se déplacent à des vitesses

comparables à celle de la lumière », explique Patrick Peter, physicien des particules au département d'astrophysique relativiste et de cosmologie (DARC) de l'Observatoire de Paris-Meudon. « Elles sont un million de milliards de fois plus fines qu'un noyau d'atome. Pourtant, leur poids atteint 10^{22} grammes par centimètre. Autrement dit, 10 km de corde cosmique pèsent à peu près aussi lourd que la Terre ! »

De quoi sont-elles faites ? De vide ! Mais un vide très particulier :

Simulation cosmique

Cette modélisation informatique montre pour la première fois la naissance et l'évolution de cordes semilocales. On savait qu'elles pouvaient former une boucle et disparaître (de 1 à 5, flèche rouge), mais ces images prouvent que la majorité d'entre elles s'assembleraient pour former une corde plus longue (6 et 1, flèche blanche). C'est ce phénomène qui leur aurait permis de perdurer assez longtemps pour jouer un rôle dans la création des galaxies.

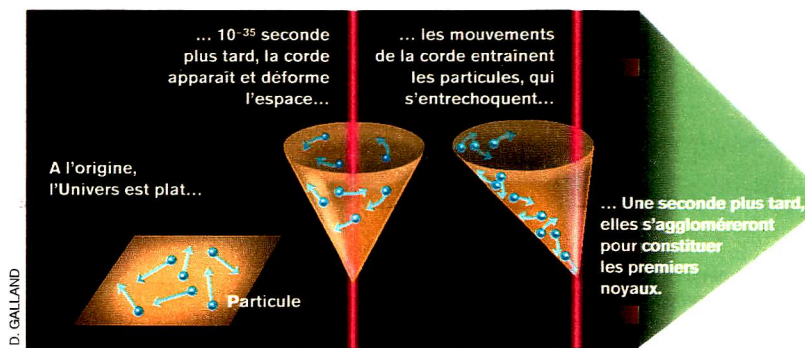
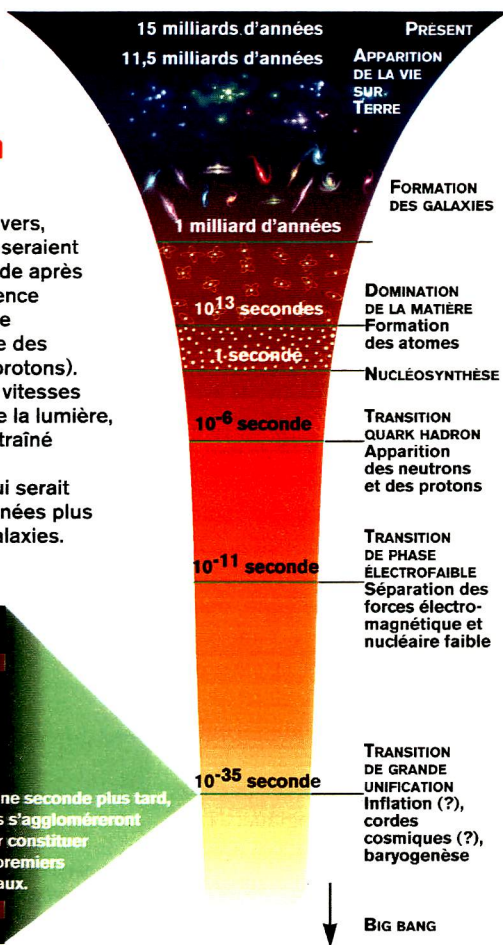


« Les cordes cosmiques sont des défauts du vide, précise Patrick Peter. Pour simplifier, on peut dire que le vide tourne autour d'elles, sauf en leur centre. Un peu comme quand on vide sa baignoire et qu'il se crée un tourbillon. L'eau tourne de plus en plus vite jusqu'au centre du tourbillon, où elle ne tourne plus du tout. »

Jusqu'à l'été dernier, beaucoup de cosmologistes mettaient en doute l'existence de ces cordes aux extraordinaires propriétés. Si elles avaient existé en grand nombre au tout début de l'Univers, elles auraient laissé des traces. Des in-

De l'influence des cordes sur l'évolution du big bang

Dans l'histoire de l'Univers, les cordes cosmiques seraient apparues 10^{-35} seconde après le big bang. Leur présence aurait déformé l'espace et modifié la trajectoire des particules (électrons, protons). En se déplaçant à des vitesses comparables à celle de la lumière, les cordes auraient entraîné les particules, formant un sillon de matière qui serait devenu, 1 milliard d'années plus tard, le berceau des galaxies.



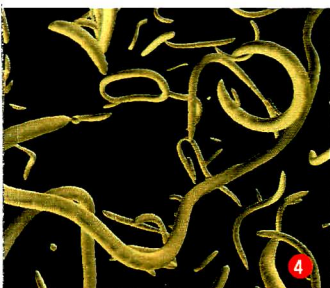
trices qu'on devrait retrouver dans le rayonnement fossile, ce vestige du big bang qui est parvenu jusqu'à nous. Grâce aux observations du satellite *Cobe*, en 1992, les physiciens ont en effet observé des variations de la température du rayonnement fossile. Ces mesures ont été affinées en 1995, mais les variations ne correspondaient pas tout à fait aux prévisions de la

théorie des cordes cosmiques.

Julian Borrill, ardent défenseur des cordes, ne s'avoua pas vaincu pour autant. Depuis deux ans déjà, il étudiait d'autres sortes de cordes, nommées "semilocales". Les cordes semilocales ressemblent beaucoup aux cordes cosmiques classiques : elles sont aussi fines et aussi lourdes. Mais, à la grande différence de leurs

consœurs, elles ne sont pas infinies, et ont, à leurs extrémités, un pôle nord et un pôle sud. « Comme sur des aimants, les pôles identiques se repoussent et les pôles opposés s'attirent, explique Julian Borrill. Si la tête d'une corde rencontre sa queue, elle se dévore elle-même et se désintègre. »

Si ces cordes s'autodétruisent si facilement, quel peut bien être leur



J. BORRILL/NERSC

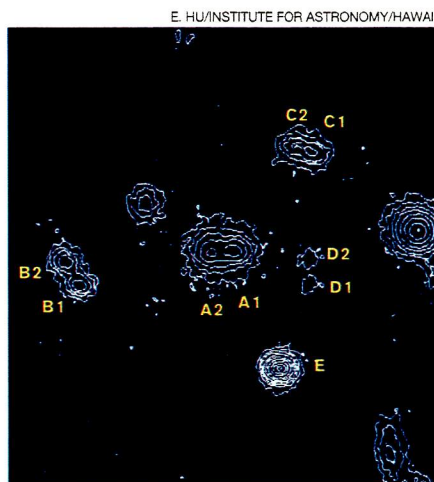


intérêt ? « Avant que nous procédions à une simulation informatique, avoue Julian Borrill, certains physiciens estimaient que les cordes semilocales n'avaient pu exister, ou qu'elles avaient disparu trop vite pour avoir eu une quelconque influence. »

Mais les cordes semilocales possèdent une spécificité dont Julian Borrill ne se doutait pas, et qu'il a découverte avec surprise l'été dernier sur l'écran du Cray T3E de Berkeley : elles préfèrent s'assembler plutôt que de se "rouler en boule" et de disparaître. Le pôle sud d'une corde attire le pôle nord d'une autre, pour donner naissance à une corde plus grande, et ainsi de suite ! Julian Borrill tenait la preuve que les cordes semilocales ont pu vivre assez longtemps pour exercer une influence cosmologique. « Les travaux de Borrill vont probablement donner un nouveau souffle à la théorie des cordes cosmiques », affirme Patrick Peter.

Les cordes semilocales ont un autre avantage : elles pourraient, mieux que les cordes ordinaires, répondre à la seconde grande question de la cosmologie, celle de la baryogenèse. Autrement dit, elles pourraient expliquer pourquoi il

Qu'est-ce qui a pu briser cette belle symétrie ? Réponse de Julian Borrill : « Les cordes semilocales. » Matière et antimatière se seraient trouvées enfermées dans les cordes, et celles-ci, en se désintégrant, auraient rompu l'équilibre, donnant naissance à plus de matière que d'antimatière.



Un début de preuve

Ces galaxies jumelles (A1 et A2, B1 et B2...), observées en 1990, pourraient être un mirage visuel créé par une corde cosmique passant devant des galaxies simples.

Les cordes cosmiques expliqueraient bien des mystères de notre Univers, et l'on suppose que certaines d'entre elles voyagent encore aujourd'hui entre les galaxies. Mais il reste à le prouver. Il faudrait d'abord avoir une idée précise des

autre moyen de les observer – une preuve indiscutable. Elles peuvent en effet créer des mirages visuels. « Elles sont si denses en énergie, explique Patrick Peter, qu'elles attirent tout ce qui passe à leur portée, et déforment même la lumière. Si une galaxie se trouvait exactement derrière une corde, nous verrions d'elle une image double ».

Pourquoi ? Parce que la galaxie rayonnerait de la lumière dans toutes les directions de l'espace.

ESPOIR DANS LE CIEL DE HAWAII

L'un des rayons lumineux passerait à droite de la corde, selon un certain angle. Un autre passerait sur sa gauche, selon le même angle. En déviant ces deux rayons lumineux, la corde les dirigerait vers nous, et nous pourrions les voir simultanément.

En 1990, Esther Hu avait fait frémir toute la communauté scientifique : cette physicienne de l'université de Hawaïi avait observé quatre couples de galaxies jumelles dans une même région de l'Univers. Patrick Peter préparait alors sa thèse sur les cordes cosmiques : « J'ai eu alors une lueur d'espoir, et je me suis dit que les cordes existaient réellement. » Mais Esther Hu n'a rien pu conclure, car le nombre des galaxies qu'elle avait observées était trop faible. Ces images doubles pouvaient n'être qu'une pure coïncidence.

Tous les partisans des cordes attendent d'avoir la preuve de leur existence. Seront-elles purement cosmiques ou bien semilocales ? Ce jour-là, ce genre de détail n'aura plus vraiment d'importance... ■

.....

Le site Web de Julian Borrill permet de voir des animations des cordes semilocales : <http://cfpa.berkeley.edu/~borrill/defects/semilocal.html>

Les cordes auraient agi sur la répartition matière-antimatière

existe plus de matière que d'antimatière dans l'Univers. Aujourd'hui, la matière constitue presque 100% de ce qui nous entoure. Si ce n'était pas le cas, nous ne serions d'ailleurs pas là pour en parler.

En revanche, au tout début de l'Univers, il y avait exactement autant de matière que d'antimatière.

traces qu'auraient pu laisser les cordes semilocales. « Nous poursuivons nos simulations informatiques, dit Julian Borrill. Car il nous faut maintenant déterminer les influences qu'elles auraient pu avoir sur le rayonnement fossile. »

Mais, si les cordes cosmiques existent toujours, il y aurait un



Science Vie

Vous avez un projet?

Participez aux Prix Henry Ford

Depuis quinze ans, nous soutenons les initiatives en faveur de l'environnement et du patrimoine.

Environnement
projets
de protection
de la flore,
de la faune
et de leurs
habitats.



Patrimoine
projets
de préservation
du patrimoine
culturel
français.



Technologies
pour la
protection de
l'environnement
projets visant
à réduire la
consommation
des ressources
naturelles et
la pollution.



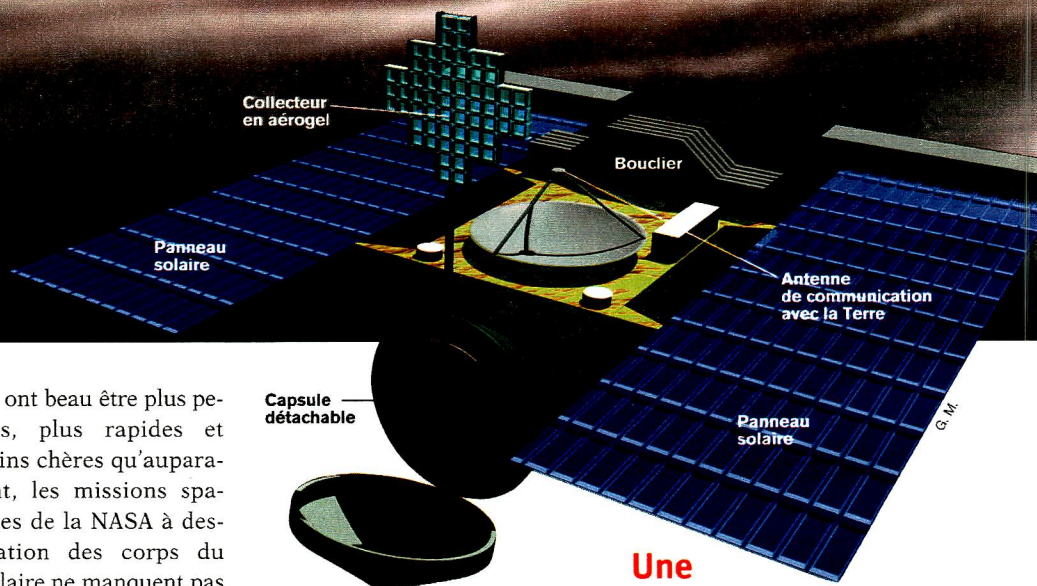
Projets jeunes
projets
entrepris par
des jeunes
de moins
de 18 ans
et qui rentrent
dans l'une de
ces catégories.



Henry Ford European Conservation Awards

**Demandez votre dossier de candidature au 01 49 29 03 72
(contact : Aude Vurcke). Vous devrez le retourner avant le 27/02/99.**

Stardust à la poursuite



Elles ont beau être plus petites, plus rapides et moins chères qu'auparavant, les missions spatiales de la NASA à destination des corps du système solaire ne manquent pas d'ambition. Comme si observer ne suffisait plus, cette fois, il faudra toucher. Et, surtout, offrir un souvenir aux scientifiques...

Tel sera l'objectif de la sonde *Stardust* ("poussière d'étoile", en anglais) : s'approcher d'une comète, passer dans sa chevelure (voir l'encadré plus loin), lui arracher délicatement quelques grains et les rapporter sur Terre.

Depuis 1976, pareille manœuvre

Capsule détachable

n'a plus été tentée. Au mois d'août de cette année-là, le vaisseau automatique soviétique *Luna 24* recueillit des roches à 2 m sous la surface lunaire. Leur étude en laboratoire permet de préciser l'âge du satellite naturel de la Terre : environ 4,55 milliards d'années.

De même, grâce aux poussières que doit collecter *Stardust*, les planétologues espèrent effectuer un

Une sonde nommée "Poussière d'étoile"

La sonde *Stardust* ("poussière d'étoile", en anglais) a pour mission de s'approcher d'une comète et d'arracher des particules à sa chevelure à l'aide d'un collecteur. Un bouclier protégera *Stardust* des impacts possibles lorsqu'elle traversera la queue de la comète. La capsule contenant les particules se détachera de la sonde et retombera sur Terre en janvier 2006.



de la comète

En janvier 2004,
la sonde américaine
Stardust rencontrera
la comète Wild 2,
au terme d'un tortueux
voyage de cinq ans.
Sa mission : récolter
des grains de poussière
de l'astre chevelu
et les rapporter sur la Terre.
Ces fragments doivent
dévoiler quelques pans
de l'histoire du système solaire...

S. DESSERT

bond dans le passé, justement à l'époque de la formation de la Lune. Car les grains libérés par les comètes datent probablement de cette période, et leur étude devrait dévoiler quelques-uns des secrets de l'histoire du système solaire.

Mais, cette fois, la cible est bien plus éloignée que la Lune, et le voyage, au lieu de quelques jours, durera cinq ans. Si tout va bien, il commencera le 6 février prochain, à Cap Canaveral (Floride), par le décollage d'une fusée Delta II chargée de propulser les 385 kg de *Stardust* sur sa trajectoire idéale. En cas de problème technique, la NASA peut compter sur une fenêtre de lancement fa-

vorable jusqu'au 25 février. Une fois dans l'espace, *Stardust*, comme la plupart des sondes qui l'ont précédée ces dernières années, prendra le chemin des écoliers : au lieu de se diriger droit sur sa cible – la comète Wild 2 –, elle se satellisera autour du Soleil.

ASSISTANCE GRAVITATIONNELLE

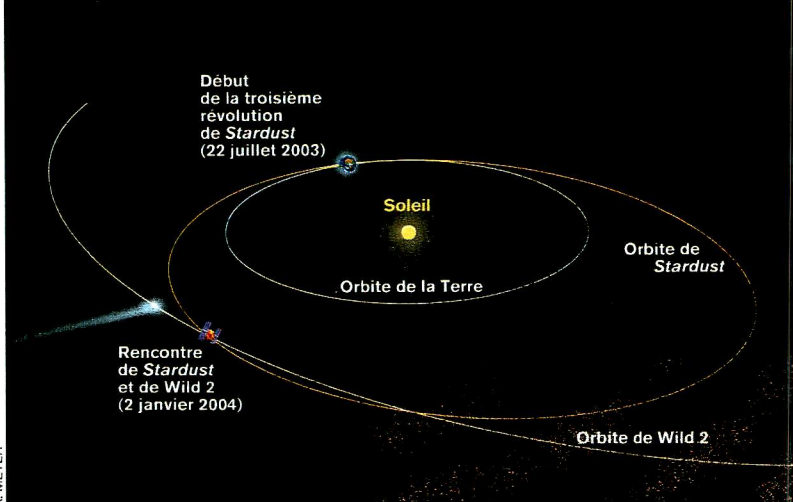
Quand, au bout de deux ans, elle aura accompli une première orbite, la sonde repassera tout près de la Terre afin de bénéficier de son assistance gravitationnelle. Agissant comme une fronde, l'attraction terrestre donnera un surplus de vitesse à *Stardust*, qui se placera sur une nouvelle orbite de

2,5 ans, dont l'apogée sera à la hauteur de la trajectoire de Wild 2. C'est seulement au cours de la troisième révolution de *Stardust* autour du Soleil que la rencontre se produira, au mois de janvier 2004. Grâce à ce chemin en apparence tortueux, *Stardust* aura une vitesse relativement faible par rapport à Wild 2, de l'ordre de 6,1 km/s.

A titre de comparaison, le vaisseau automatique européen *Giotto* avait croisé la comète de Halley à 60 km/s en 1986. « Le fait que la vitesse soit relativement basse au moment où la sonde entrera dans la chevelure de la comète accroîtra les chances de conserver intacte

la structure des grains collectés», explique Laurent Jorda, astronome français spécialiste des comètes à l'institut Max-Planck, en Allemagne. En effet, si les grains arrivaient trop vite dans le collecteur de *Stardust*, ils se casseraient en poussières plus petites, et leur étude ultérieure serait faussée.

Afin de minimiser les risques, les Américains ont confectionné le collecteur, qui a la forme d'une grosse raquette de tennis, dans un matériau spécial, aux propriétés hors du commun, appelé Aerogel. A base de silicone, c'est un solide structuré comme une éponge, dont 99 % du volume est constitué de vide, ce qui lui donne une densité mille fois plus faible que celle du verre. Quand une particule frappe l'Aerogel, elle s'y enfonce en étant amortie. Le fait qu'elle



Rendez-vous en orbite

Dynamisée par son passage à proximité de la Terre, dont l'attraction lui donnera un regain de vitesse, *Stardust* entamera sa troisième révolution autour du Soleil le 22 juillet 2003. La sonde a rendez-vous le 2 janvier 2004 avec la comète Wild 2, qu'elle croquera à la vitesse de 6,1 km/s.

Le butin de la sonde atterrira dans le désert de l'Utah le 15 janvier 2006

perde graduellement sa vitesse lui évite de se désintégrer.

Dans cette "épuisette" les scientifiques espèrent collecter un millier de grains de tailles variées. « Très

schématiquement, les observations de la sonde *Giotto*, en 1986, suggèrent la présence dans la chevelure d'une comète de nom-

cœur à base de silicate, d'une enveloppe de matériau organique réfractaire et d'une enveloppe de matériaux volatils – tels que H_2O , CO et CH_3OH – accrétés durant leur séjour dans le nuage moléculaire qui les abritait. »

Une fois récoltés, les grains seront enfermés dans une capsule qui doit se détacher de la sonde et revenir sur Terre, quelque part au milieu du désert de l'Utah, le 15 janvier 2006. Si les échantillons sont conservés dans leur état initial, les astronomes auront sous la main de quoi effectuer un voyage inespéré dans le passé. Ces petits fragments de comète raconteront dans quelles conditions et selon quels processus ils se sont formés, il y a plus de 4,5 milliards d'années, au sein de la nébuleuse qui a donné naissance au Soleil et à son cortège de planètes.

« La comète Wild 2 s'est formée en même temps que les planètes du système solaire », précise Jacques Crovisier, astronome à l'Observatoire de Paris-Meudon. « Les grains qu'elle contient datent donc de cette époque, puisque, depuis, elle n'en a pas accru d'autres. » Figées depuis ces temps anciens, ces petites particules de

Le collecteur de *Stardust* est constitué d'un matériau à base de silicone appelé Aerogel, incroyablement peu dense (ci-dessous, un échantillon). Les particules piégées sont ainsi amorties en douceur (ci-contre, les traces qu'elles laissent dans l'Aerogel), ce qui leur évite de se désintégrer.



silicate sont libérées périodiquement quand la comète s'approche du Soleil et qu'une partie de sa glace se sublime en gaz.

Lorsque, le 2 janvier 2004, *Stardust* plongera dans la chevelure de Wild 2, sa caméra de navigation prendra des images du noyau, un bloc de glace et de roches dont le diamètre est estimé à 4 km. Au moment de la plus proche rencontre, le noyau ne sera qu'à 150 km de la sonde. A une si faible distance, on verra à la surface des détails de 30 m; non seulement les reliefs mais aussi les zones actives qui rejettent gaz et poussières dans l'espace, comme des geysers.

Il reste à espérer que la traversée du flot de grains émis par l'astre chevelu se fera sans encombre. Quand la sonde *Giotto* avait pénétré dans la queue de la comète de Halley, elle avait été momentanément déséquilibrée par les impacts, et quelques-uns de ses instruments avaient été endommagés. Les ingénieurs de la NASA ont donc doté *Stardust* d'un bouclier – qu'ils ont nommé Whipple Shield en hommage à l'astronome américain qui, au début des années 50, a compris le premier la nature des comètes.

CENDRES D'ÉTOILES DÉFUNTES

Avant d'en arriver là, la petite sonde de 1,7 m de longueur, alimentée par deux panneaux solaires, aura vogué cinq ans dans le système solaire. Elle ne sera pas restée inactive... En 1993, les astronomes ont découvert, grâce à la sonde européenne *Ulysse*, que l'espace interplanétaire reçoit un flot de particules de la Voie lactée – des petites poussières éparses rejetées par les étoiles en fin de vie. Ces cendres stellaires, dispersées par des naines blanches ou par des supernovæ, entrent dans le système solaire selon un courant bien précis, à la vitesse de 30 km/s.

LA VIE ERRANTE DE WILD 2

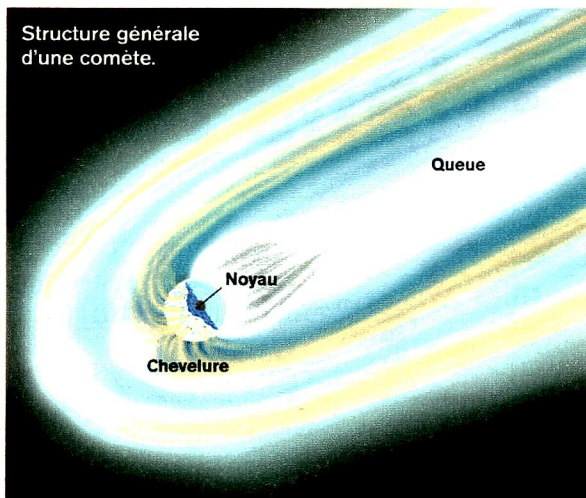
■ L'objectif de la mission *Stardust* est la comète Wild 2. Comme toutes les comètes, c'est un bloc de "neige sale", selon les termes employés par l'astronome américain Fred Whipple dans les années 50.

La neige est faite de composants volatils gelés, comme de l'eau ou du gaz carbonique. La saleté n'est autre qu'une multitude de petits grains de silicates, c'est-à-dire des roches. Quand une comète s'approche à quelques unités astronomiques du Soleil, sa neige fond et se sublime en gaz dans l'espace, sans passer par la phase liquide. Ce dégazage donne naissance à la chevelure et à la queue de la comète. Jusqu'au 10 septembre 1974, l'orbite de Wild 2 oscillait entre Jupiter et Uranus. Mais, ce jour-là, elle est passée à moins de 0,06 unité astronomique (UA)

Ces échantillons d'étoiles défrites contiennent des informations sur la nucléosynthèse stellaire, mais aussi sur la composition chimique des autres soleils de la galaxie. Pendant son trajet jusqu'à Wild 2, *Stardust* – qui n'aura jamais si bien justifié son nom – utilisera le "côté revers" de la raquette de tennis en Aerogel pour attraper les poussières interstellaires.

Avec *Stardust*, la NASA, qui

de Jupiter. L'attraction de la planète géante a modifié son orbite, si bien qu'elle évolue maintenant entre Mars et Jupiter, dans une zone relativement chaude, ce qui lui vaut d'être active en permanence. Son taux de dégazage – 300 kg par seconde – en fait même une comète particulièrement active pour sa taille. Elle ne s'approche jamais à moins de 1,6 UA du Soleil. En février-mars 1997, elle est passée à 0,85 UA de la Terre et était observable dans des télescopes d'amateur (magnitude 10,4).



A. MEYER

n'avait encore jamais lancé d'engin automatique vers une comète, ouvre la voie à des missions encore plus ambitieuses, telles que *Rosetta*, de l'Agence spatiale européenne, dont le départ est prévu en 2003 à destination de la comète Wirtanen. En 2012, cette sonde se satellisera autour de son objectif et déposera en douceur à sa surface un petit module qui réalisera le premier "reportage" en direct du sol glacé d'une comète.

Une **seconde lune** dans le ciel de France

Jeudi 4 février, peu après le coucher du soleil, un miroir géant traversera le ciel de France en quelques minutes. Détournant les rayons du Soleil, il projettera de ville en ville un splendide halo de lumière.

Z*namia 2,5* ("drapeau", en russe) est un prototype mis au point par Space Regatta Consortium (1). La mission de cette voile ronde de 25 m de diamètre : dévier les rayons du Soleil

sur la Terre endormie. Elle engendrera ainsi une luminosité de l'ordre de cinq à dix fois celle de la pleine lune, sur une superficie de 4 à 7 km de diamètre (2). A terme, grâce à plusieurs miroirs de 200 m de diamètre, ses promoteurs espèrent éclairer les villes minières du nord de la Sibérie, plongées dans l'obscurité plusieurs mois par an.

Mais, pour l'heure, les astronomes ne l'entendent pas de cette oreille, et les protestations s'accumulent sur le bureau de Vladimir Syromiatnikov, directeur général de SRC. Robert Brucato, directeur

assistant de l'observatoire du mont Palomar (Californie), a qualifié le projet d'"idée folle". En fait, les astronomes redoutent que cette lumière soudaine ne détruise leurs optiques ultrasensibles.

Znamia 2,5 est une sorte de grande tarte dont les huit parts, un peu écartées les unes des autres, ne seraient soudées qu'au centre et sur le bord extérieur. Taillées dans du plastique polyamide (du genre Milar) de 7 micromètres d'épaisseur et recouvertes d'une fine couche réfléchissante en aluminium, elles forment un ensemble de 5 kg. Pliée, *Znamia* a été transportée vers la station *Mir*, à la fin du mois d'octobre dernier, dans les soutes d'un vaisseau cargo *Progress* chargé de nourriture et de matériel.

Le 4 février, les cosmo-

nautes de *Mir*, Guennadi Padalka et Sergueï Avdeïev, la fixeront au sas d'arrimage du cargo, avant de larguer ce dernier. Commandé de la station orbitale russe, un rotor ouvrira alors la voile par la force centrifuge, à raison de quinze tours par minute. *Znamia* étant dépourvue d'armature, c'est cette rotation permanente qui lui donnera sa forme de disque plan.

Cône de lumière

(1) SRC a pour principal actionnaire la société russe Energia, constructeur de lanceurs.

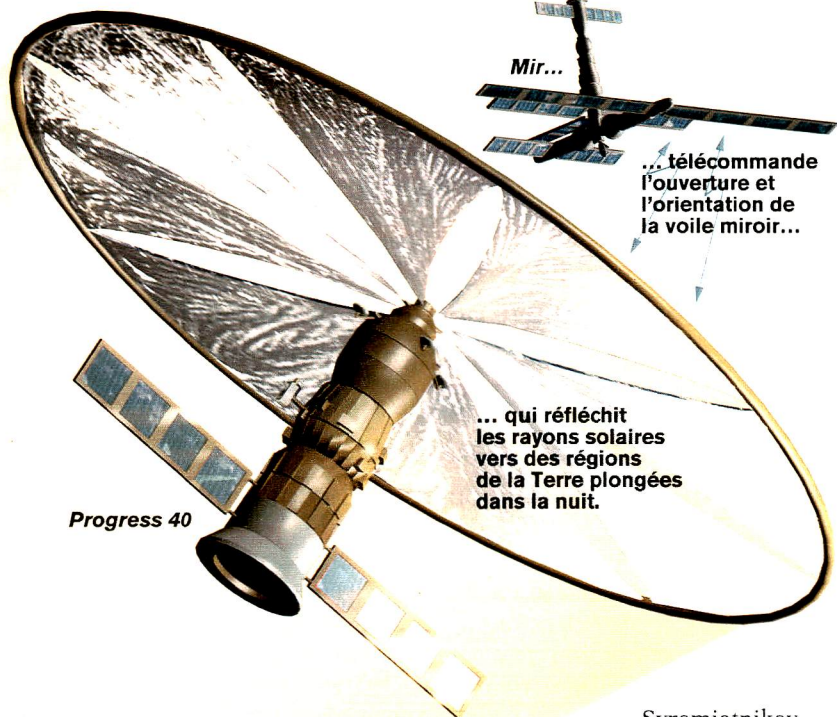
(2) Pour connaître la trajectoire précise de *Znamia* au-dessus de la France, consulter, le moment venu, le site Internet : <http://www.energialtd.com/znamia.htm>

Un spectacle inattendu

Le cargo *Progress 40*, télécommandé depuis la station *Mir*, déploiera sa voile pour illuminer, entre autres lieux, le nord de la France.

La tache de lumière sera de cinq à dix fois plus brillante que celle produite par la pleine lune.

Nuit



Progress 40

De sa rigidité dépendra la capacité réfléchissante du miroir.

En effet, lors d'une première expérience, menée en février 1993, le halo était bien passé au-dessus de sud de la France, mais la lumière était moins intense que souhaitée. La voile s'était déformée et froissée dans l'atmosphère.

La coupe du nouveau modèle est donc un peu différente. Selon Vladimir Syromiatnikov, «l'expérience durera vingt-quatre heures dans le meilleur

des cas».

L'objectif est de tester le comportement du film plastique et de bâtir une échelle de réflectivité. *Znamia* restera à quelques centaines de mètres de la station orbitale le temps d'effectuer seize révolutions autour de la Terre, avant d'aller se désintégrer dans l'atmosphère.

EN MARGE DU PROGRAMME DE L'AGENCE SPATIALE Russe

En téléguidant le cargo *Progress*, les cosmonautes comptent viser quelques grandes villes, à 350 km sous leurs pieds. A condition que le ciel soit dégagé, les cités profiteront de cinq minutes de cette lune artificielle. Retardé faute de moyens, le projet initial, qui devait être mené le 9 novembre dernier, plaçait sous ses feux Francfort, Londres et Brest (en Europe). Aujourd'hui, Vladimir

Syromiatnikov annonce un itinéraire semblable, tout en espérant se rapprocher le plus possible de Paris. Mais le parcours demeure aléatoire et dépend du jour de l'expérience, qui pourrait être décalé de quarante-huit heures.

En fait, *Znamia 2,5* ne peut saisir que des opportunités. Elle se trouve en marge du programme officiel de l'agence spatiale russe. D'abord, la voile a été conçue par des bénévoles : selon l'expression de Vladimir Syromiatnikov, c'est un "piggy back project". Placé "sur le dos du cochon", le prototype a profité d'une petite place à bord du *Progress*.

Plus coûteuse, l'étape suivante, *Znamia 3*, une voile de 70 m, dépendra donc des participations privées. « Nous cherchons des sponsors », a déclaré Syromiatnikov, qui n'écarte pas la possibilité de vendre le premier panneau publicitaire de l'espace, en apposant un logo sur le disque. ■

Soleil

La Terre est une

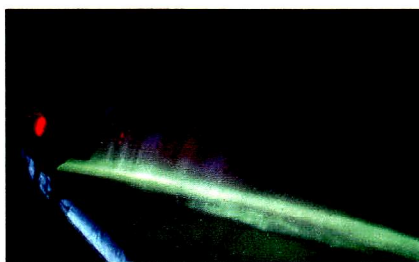
Qu'il y ait des éclairs un soir d'orage prouve que notre planète est un générateur électrique. Mais pourquoi se comporte-t-elle comme une dynamo et quel est le circuit qui assure la circulation du courant ?

Pour le profane, il y a de l'électricité dans l'air à l'approche d'un orage ou au cours d'une réunion contradictoire qui paraît tourner au pugilat; le reste du temps, tout semble neutre. Mais, pour le physicien, les choses sont tout à fait différentes : il y a toujours de l'électricité dans l'air, ou plus exactement un champ électrique, dû au fait que l'atmosphère est à tout moment saupoudrée de particules chargées.

Comme vient de le découvrir le satellite américain *FORTE*, il y en a même beaucoup plus qu'on ne le pensait : de septembre 1997 à décembre 1998, le satellite a détecté plus de deux millions d'éclairs dans les nuages orageux, surtout au-dessus des océans. S'il existe bien en effet des stations d'observation au sol, les orages au-dessus des mers ne faisaient l'objet d'aucun suivi particulier. On avait donc largement sous-estimé leur nombre et leur puissance.

D'autre part, le satellite est seul à pouvoir détecter des décharges de grande intensité à l'intérieur des nuages de haute altitude. Celles-ci, dites TIPP (Trans-Ionos-

pheric Pulse Pairs), se manifestent par de brefs signaux radio de très forte intensité. L'étude de l'activité électrique atmosphérique est d'un intérêt primordial pour dresser le bilan énergétique global des courants qui circulent autour de la Terre et du champ électrique qui les entretient.



D. R.

Une électrisation qui se voit de loin

La nature profonde des aurores boréales se voit encore mieux depuis la navette spatiale : on discerne bien ici les filaments étalés en hauteur de la vaste zone ionisée.

Ce champ est facilement mesurable : au niveau du sol, il varie de 100 à 300 volts par mètre (V/m). Nul ne s'en rend compte, et nul ne perçoit une différence de potentiel de 1 500 V après avoir gravi 10 m. Pourtant, il suffit de toucher par mégarde un conducteur relié à la prise de courant pour connaître les effets des 220 V d'EDF. D'un autre

côté, quand le champ atmosphérique atteint une valeur telle qu'il se produit une décharge, le coup de foudre n'a rien d'impalpable non plus.

En fait, il faut bien distinguer entre champ et courant. On dit qu'un champ électrique règne dans une certaine portion d'espace quand une force attractive ou répulsive s'exerce sur certains objets et les déplace : des miettes de polystyrène expansé, par exemple, sont immédiatement attirées par un emballage en plastique mince qu'on vient de frotter sur sa manche. Le même plastique attire les cheveux ou refuse de se décoller de la main quand on veut le jeter : cet emballage est le centre

d'un champ électrique dans lequel des poussières ou des brins de fil sont déplacés par des forces qui peuvent être attractives ou répulsives.

L'expérience montre que ce champ est dû à des particules électriquement chargées répandues par milliards à la surface du plastique. Mais une seule particule chargée suffit à engendrer un champ électrique qui n'agit que sur d'autres particules chargées (il y a attraction entre charges de

signes contraires, + et -, et répulsion entre charges de même signe).

Ces forces déplacent donc toute particule chargée, et c'est ce mouvement de particules qui constitue le courant. Encore faut-il qu'elles soient libres de se déplacer, comme les électrons négatifs des métaux : voilà pourquoi les 220 V du réseau se sentent fort bien quand on met

PAR RENAUD DE LA TAILLE

dynamo!



RAUL ALEXANDER COSMOS

Luminescence ionique

Les particules de grande énergie venues du Soleil (vent solaire) ou des étoiles (rayons cosmiques) qui pénètrent dans la magnétosphère aux pôles se heurtent aux atomes de la haute atmosphère qui deviennent des ions électriquement chargés. Les interactions entre ces charges positives ou négatives entraînent la luminescence de zones très étendues qui s'étalent en arcs ou en voiles lumineux.

le doigt sur un conducteur en cuivre. Mais les particules chargées de l'atmosphère sont loin d'avoir cette mobilité, et, de ce fait, les 150 V/m du champ terrestre passent inaperçus : l'air au niveau du sol est un très bon isolant dans lequel les charges ne se déplacent que péniblement.

Toutefois, il est difficile de mesurer le champ électrique en tout point de l'atmosphère et son étude est loin d'être complète. Le premier à s'y être intéressé est le physicien anglais William Thomson (Lord Kelvin), qui supposa, vers 1860, que la haute atmosphère et le sol constituaient les deux armatures (+) et (-) d'un gigantesque condensateur sphérique ; il estima à 260 000 V le potentiel existant entre la Terre et la haute atmosphère. Aujourd'hui, on sait que ce condensateur se décharge en permanence avec une intensité moyenne de 1 000 ampères, répar-

tie sur toute la surface terrestre.

Ce courant est entretenu par trois phénomènes : les orages, l'interaction du vent solaire et de la magnétosphère, l'effet dynamique des marées atmosphériques dans la thermosphère. Les processus orageux assurent la majeure partie de cette circulation d'énergie électrique. Au-dessus des nuages d'orage, une partie du courant diffuse vers le haut et rejoint l'ionosphère : c'est le courant de Wilson, du nom du physicien écossais qui découvrit ce processus.

Ce courant s'étale ensuite tout autour du globe au niveau de la magnétosphère, puis de l'ionosphère, en suivant les lignes de force du champ magnétique terrestre. De là, il redescend très lentement vers le sol sous la forme d'un courant de beau temps. Enfin, les jours d'orage, la foudre renvoie la charge aux nuages et ferme le circuit électrique ainsi constitué. Précisons

que ce courant doit être considéré comme un mouvement plus ou moins rapide de charges électriques, et non comme le flux continu qui circule, par exemple, dans un conducteur métallique.

A priori, un tel circuit devrait se vider assez rapidement par neutralisation réciproque des charges + et -, à moins que ces charges ne soient renouvelées en permanence. Les atomes sont faits de particules neutres (neutrons) et de particules électrisées, protons (+) et électrons (-), qui sont en nombre égal. L'atome est donc normalement neutre, tout comme les assemblages d'atomes qui forment toute matière.

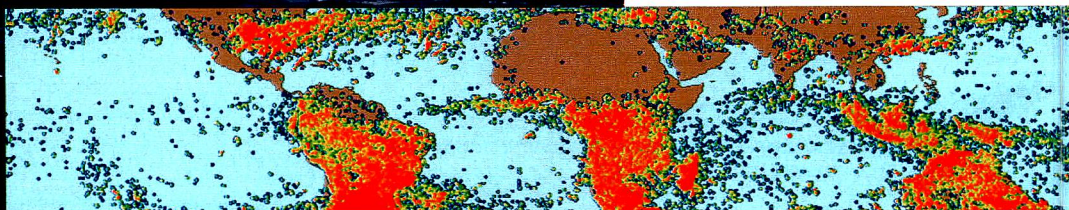
QUAND LES ATOMES DEVIENNENT DES IONS

Toutefois, sous l'influence de rayonnements ionisants – rayonnements corpusculaires, ou rayonnements électromagnétiques de haute fréquence (ultraviolet, X et gamma) –, ils peuvent perdre ou gagner des électrons, devenant des ions positifs ou négatifs. Il en va de même des molécules, qui, en solution ou lors de réactions chimiques, peuvent aussi devenir des ions.

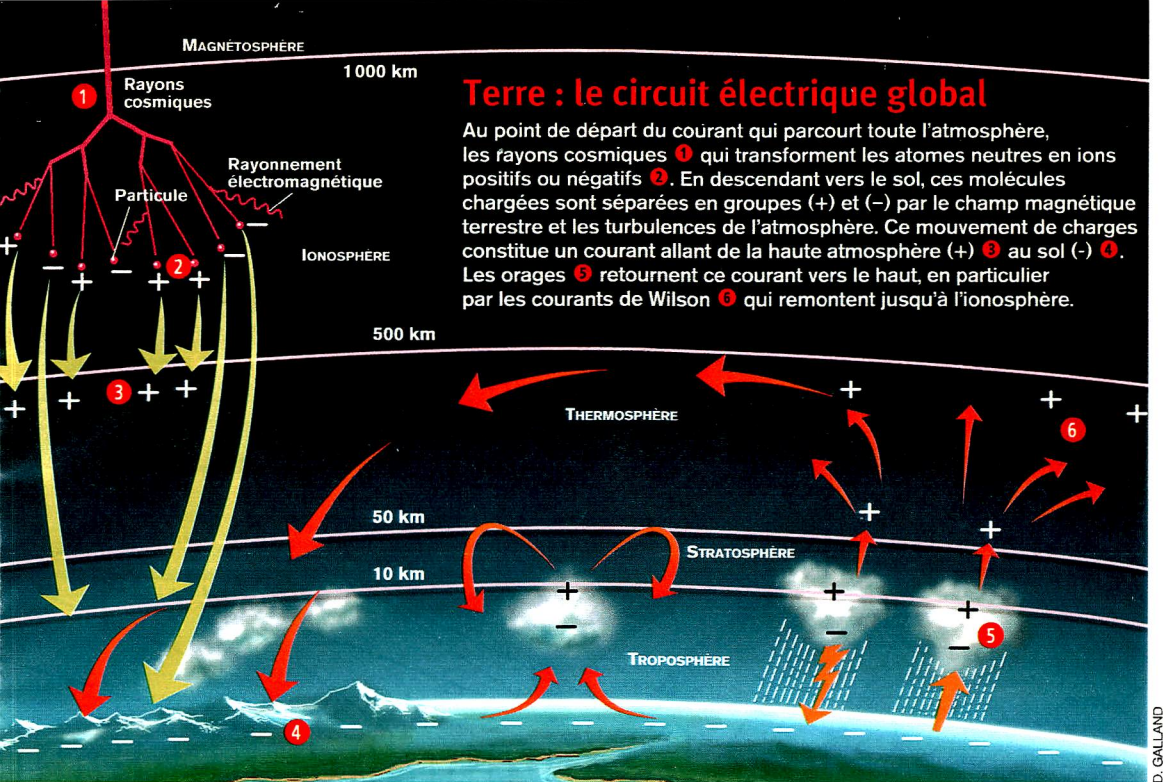
Or, la très haute atmosphère (de 30 km à plus de 500 km) est soumise en permanence au rayonnement cosmique, constitué de particules de très haute énergie venues des étoiles. S'y ajoutent aussi, pour une moindre part, le vent solaire et le rayonnement des éléments radioactifs en suspension dans l'atmosphère. Il se produit donc une création continue d'ions positifs et négatifs, en majeure partie oxygène

Plus de coups de foudre en mer que prévu

Les satellites météo avaient déjà dressé la carte des orages à la surface du globe (ci-dessous la carte établie à partir des données recueillies entre décembre 1997 et février 1998 par TRMM), mais la sonde FORTE, plus précise, a montré qu'il y a beaucoup plus de décharges au-dessus des océans qu'on ne le croyait. Ses relevés ne sont toutefois pas encore publiés.



NASA



D. GALLAND

Terre : le circuit électrique global

Au point de départ du courant qui parcourt toute l'atmosphère, les rayons cosmiques ① qui transforment les atomes neutres en ions positifs ou négatifs ②. En descendant vers le sol, ces molécules chargées sont séparées en groupes (+) et (-) par le champ magnétique terrestre et les turbulences de l'atmosphère. Ce mouvement de charges constitue un courant allant de la haute atmosphère (+) ③ au sol (-) ④. Les orages ⑤ retournent ce courant vers le haut, en particulier par les courants de Wilson ⑥ qui remontent jusqu'à l'ionosphère.

ou azote. A peine formés, ceux-ci entrent en réaction chimique avec les molécules voisines pour donner des ions hydratés simples, qu'on appelle petits ions.

UN BON CONDUCTEUR : LA HAUTE ATMOSPHÈRE

Dans la basse atmosphère, ceux-ci sont souvent piégés par les gouttelettes des nuages ou du brouillard, et aussi par toutes les poussières dues à la pollution. Ils forment alors ce qu'on nomme de gros ions, beaucoup plus lourds et très nombreux au voisinage du sol : des milliers par centimètre cube, alors qu'il n'y a que quelques centaines de petits ions. En revanche, leur mobilité est très faible, de l'ordre de mille fois inférieure à celle des petits ions.

Or, la mobilité des ions caractérise la conductibilité du milieu, c'est-à-dire sa capacité à laisser passer un courant – toujours très faible car l'air est un bon isolant. Il en découle que la conductibilité de la haute atmosphère (100 km) est 10^{11} fois plus élevée que celle de l'air au niveau du sol. Inversement,

le champ électrique diminue avec la conductibilité, et son intensité baisse donc avec l'altitude.

Ce champ est dû aux ions + et – que les turbulences atmosphériques et le champ magnétique terrestre (déviation en sens opposé des + et des –) finissent par séparer en groupes positifs et négatifs. Ceux-ci à leur tour électrisent par influence les régions voisines, d'où une augmentation du champ électrostatique qui tend à faire circuler en sens contraire les + et les –. Les

où la mobilité des ions est très faible, ce sont les mouvements de l'air qui, en plus du champ, contribuent à la circulation du courant. Enfin, quand l'accumulation de charges au sein des nuages devient considérable, on observe une étincelle géante entre les zones + et – : cette fois, le courant circule à la vitesse de l'éclair et les intensités mises en jeu dépassent souvent les centaines de milliers d'ampères.

Dans le même temps, la pluie transfère également les charges du

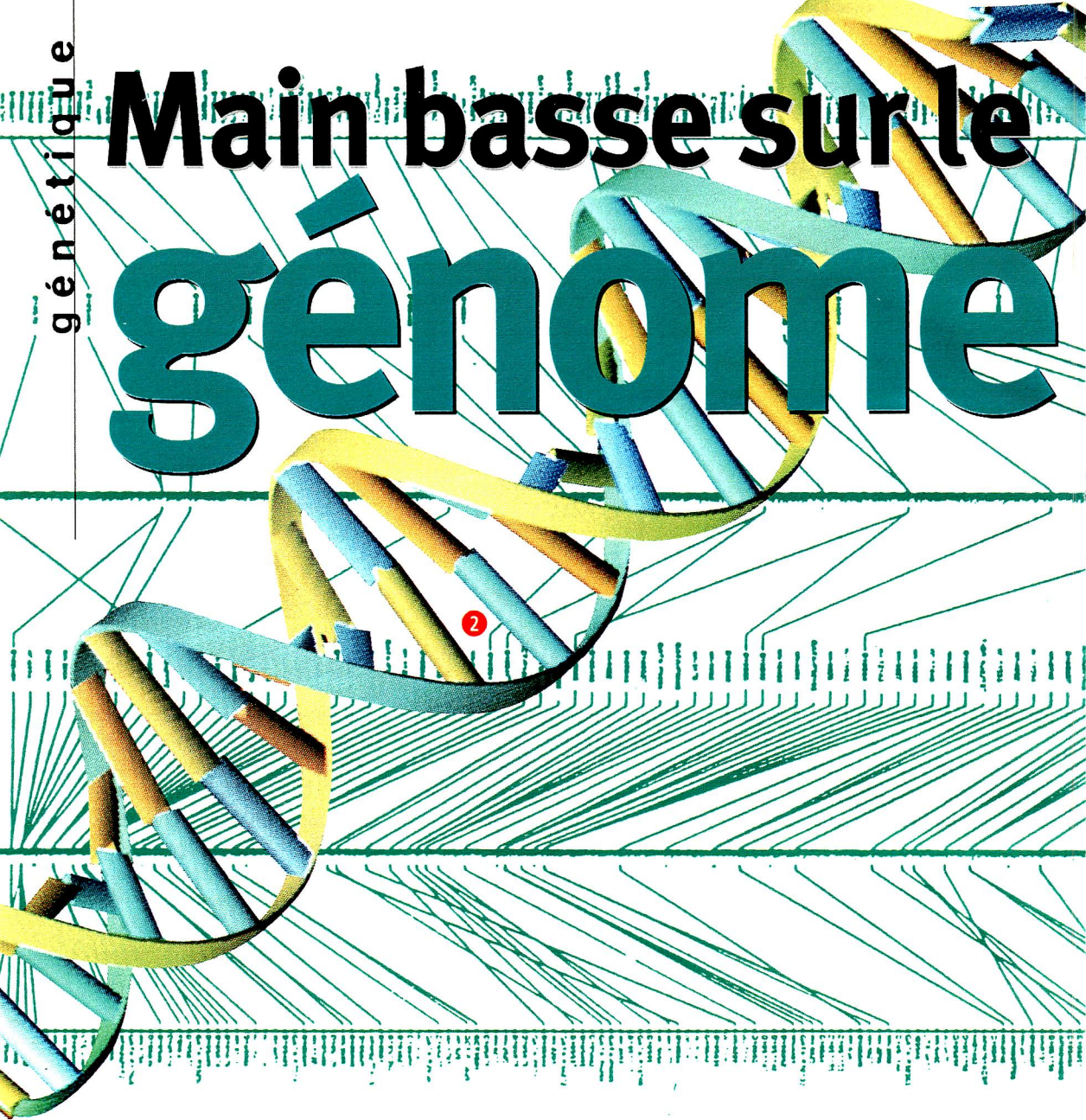
Les mouvements de l'air contribuent à la circulation du courant

processus météorologiques, en particulier la condensation ou la cristallisation de l'humidité ambiante dans les nuages, amplifient encore cette séparation des charges.

A très haute altitude, la conductibilité est suffisante pour qu'il s'opère un lent déplacement des charges sous l'influence du champ électrique. Dans la basse atmosphère,

sol vers les nuages, d'où elles repartent vers le haut avec les courants de Wilson. En fin de compte, un courant global circule en continu tout autour de la terre, les rayons cosmiques se chargeant de reconstituer les ions + et – qui s'écoulent. Ce sont donc les étoiles qui rechargent sans cesse l'immense condensateur terrestre. ■

Main basse sur le génome

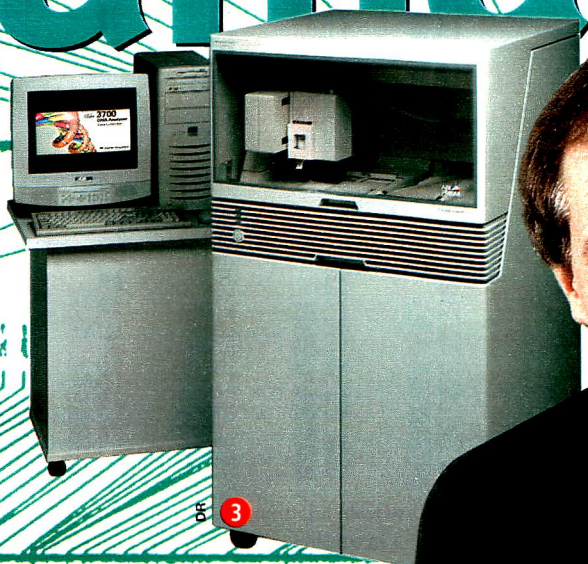


PH. PLAILLY-ESRF/EURELIOS

Ce sont nos chercheurs qui ont dressé les premiers la carte du génome humain. Ce savoir a engendré une féroce compétition commerciale, où les brevets valent de l'or. Mais les Français n'ont pas su profiter de leur avance, et ils ont accumulé un retard considérable. Est-il encore temps de le combler ?

«Après avoir été longtemps en tête de la course au génome humain, la France, si elle ne réagit pas dans les prochaines années, pourrait en devenir la lanterne rouge et se faire raffer de précieux brevets par les Etats-Unis. » Tel est le pronostic du Pr Francis Quétier, directeur général adjoint du Genoscope d'Evry (Essonne), groupe d'intérêt public qui dépend du CNRS et du ministère de l'Edu-

humain



H. FAGUET/EURELIPS

1

cation nationale et de la Recherche scientifique.

En effet, la connaissance du génome va déboucher sur la mise au point de "kits" de diagnostic, sur la thérapie génique et sur la production de médicaments, d'où des enjeux financiers gigantesques. Par conséquent, seuls les pays dotés de gros moyens et de chercheurs motivés et pragmatiques pourront accéder à ce pactole. Les autres devront se contenter du rôle de spectateur, comme c'est le cas

La France sème, les Etats-Unis récoltent

La carte intégrée 1 de l'ADN humain 2 fut dressée, dans sa majorité, par le Français Jean Weissenbach (ci-contre). C'est grâce à cette carte et à un type de séquenceur 3 qu'ils sont les seuls à posséder que les Américains ont pris une avance considérable dans le séquençage du génome humain.

de la Russie, qui, dans la crise sans fin qu'elle traverse, a renoncé à s'impliquer.

Actuellement, la compétition se joue essentiellement entre les Etats-Unis, la Grande-Bretagne et la France, avec cependant un net avantage aux Américains. Avantage qui risque de se creuser de jour en jour car quelques chercheurs d'outre-Atlantique commencent à faire bande à part et à ne plus respecter les règles éthiques définies par la communauté scientifique internationale. Quand tant d'intérêts économiques sont en jeu, l'argent finit par prendre le pas sur la morale...

Pourtant, si les Américains sont parvenus au niveau où ils sont, c'est parce que les chercheurs français leur ont fourni la fameuse carte du génome humain, sans laquelle il est impossible de localiser les gènes porteurs des instructions nécessaires à notre vie et à notre survie (voir *Science & Vie* n° 902, p. 30).

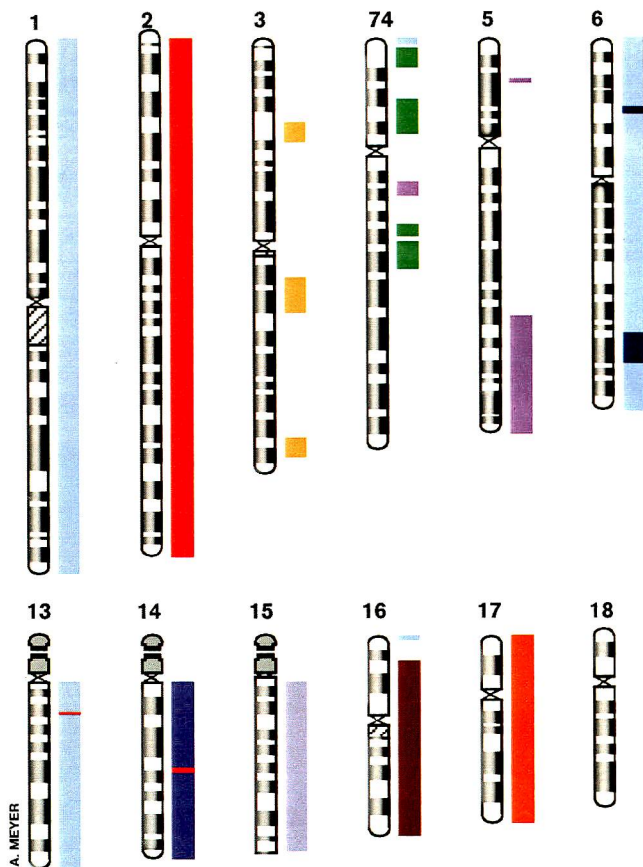
Par génome humain on entend l'ensemble de l'information génétique portée par la molécule d'acide désoxyribonucléique (ADN) qui

l'adénine est associée à la thymine et la cytosine à la guanine. De ce fait, les deux brins de la molécule d'ADN sont complémentaires et la

gène. Selon les dernières estimations, le génome humain comprendrait environ 80 000 gènes, chacun alignant, en moyenne, quelques dizaines de milliers de paires de bases. Cependant, certains gènes n'ont que 800 paires de bases, alors que d'autres peuvent en avoir près d'un million. Si l'on se risque à une comparaison, le génome humain équivaut à une bibliothèque de 2 000 livres de 500 pages, écrits en petits caractères.

L'ODYSSÉE DE L'ADN

Pour établir l'ordre des lettres de la molécule d'ADN, la tâche est plus que pharaonique, du fait qu'elle mesure 1,80 m de long pour 2 millièmes de millimètre d'épaisseur, et qu'elle se trouve pelotonnée dans un espace de quelques micromètres. Quand on possèdera la totalité du texte – ce qui devrait être chose faite en 2003 –, il restera encore un énorme travail à effec-

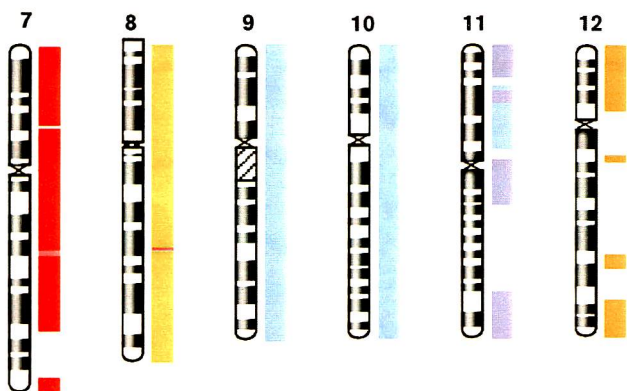


Le génome humain comprend environ 80 000 gènes

constitue les vingt-trois paires de chromosomes de l'espèce humaine. Logée dans le noyau de chacune de nos 40 000 milliards de cellules, cette molécule est un serpent à deux bandes, chacune étant formée d'une suite d'unités fondamentales, les nucléotides. Lesquels sont eux-mêmes constitués de trois éléments : un phosphate, un sucre et une base. Ces bases, au nombre de quatre (adénine, cytosine, guanine, thymine), sont disposées en vis-à-vis sur chacune des deux bandes, selon une règle immuable, c'est-à-dire que

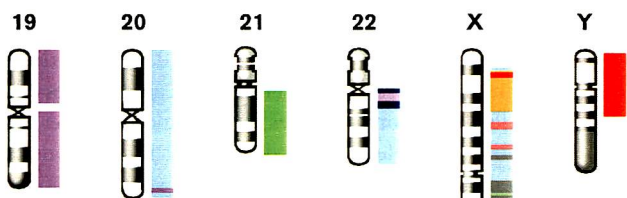
la connaissance de l'un permet de déduire celle de l'autre. Par commodité, les initiales de ces bases (A, C, G, T) définissent l'alphabet génétique, avec lequel est écrit, en langage codé, la totalité de l'information génétique. Au total, le génome humain comprend environ 3 milliards de paires de bases.

Enfin, les lettres forment les gènes, qui sont un peu l'équivalent des phrases dans un roman. Chaque gène correspond à une information génétique, celle-ci étant définie par le nombre et l'ordre de succession des bases au sein du



séquences qui n'ont aucune fonction connue. Quand tous les gènes seront identifiés, il s'agira de déterminer leur fonction, ce qui demandera beaucoup de temps. A ce jour, quelque 6000 gènes ont été localisés sur les cartes, alors que plusieurs milliers d'autres séquences, correspondant très vraisemblablement à d'autres gènes, le seront dans un avenir proche.

C'est en 1990 que l'Américain James Watson, découvreur, avec Francis Crick, de la molécule d'ADN, lançait le programme Génome humain. Il s'organisait autour de deux pôles principaux : les National Institutes of Health (instituts nationaux de la santé) aux Etats-Unis et le Centre d'étude du polymorphisme humain (CEPH), créé par le Français Jean Dausset, prix Nobel de médecine en 1980. Cette entreprise d'envergure inter-



tuer. On se trouvera dans la position des premiers égyptologues face aux hiéroglyphes, avant la découverte de la pierre de Rosette. Il faudra identifier les gènes, ce qui ne sera pas aisé, car ils ne contiennent qu'une faible proportion (environ 5%) d'ADN codant pour des protéines, c'est-à-dire pour les principaux constituants du corps humain.

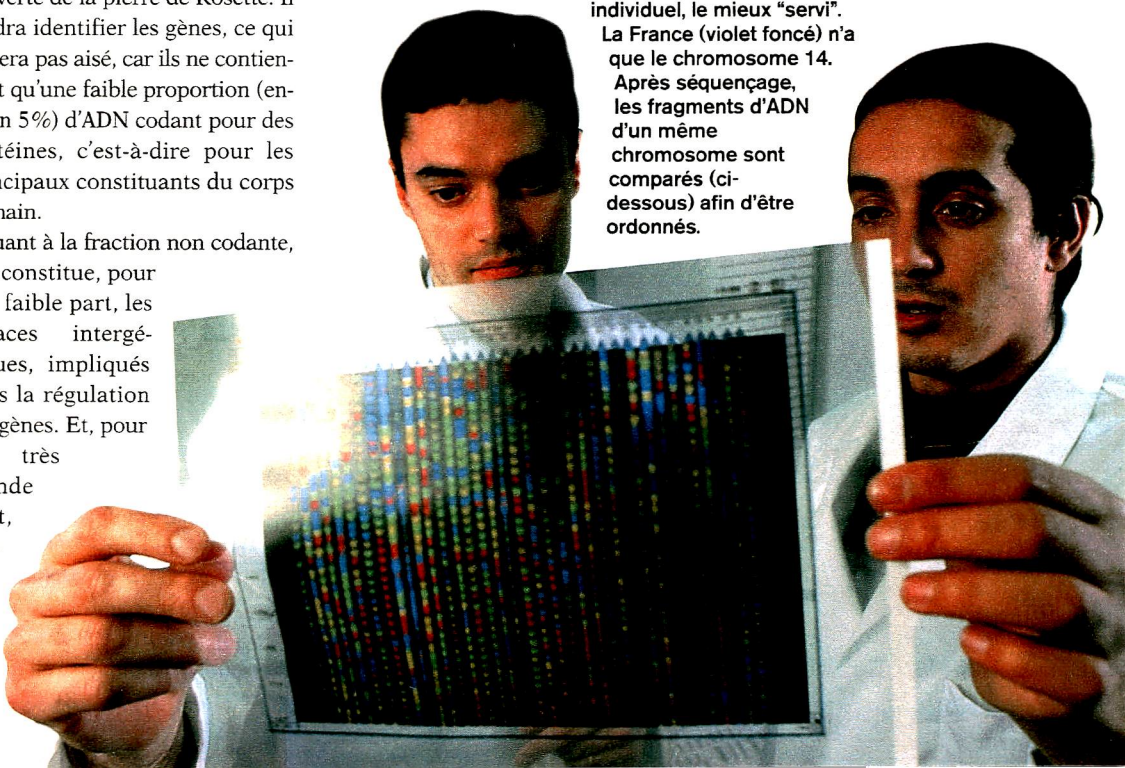
Quant à la fraction non codante, elle constitue, pour une faible part, les espaces intergénomiques, impliqués dans la régulation des gènes. Et, pour une très grande part, des

Un partage inégal

Les 23 chromosomes humains ont été distribués à différents centres génomiques du monde entier, pour y être séquencés. Si la majorité des chromosomes a été attribuée à des laboratoires américains (orange, jaune, vert, rose, violet clair, marron foncé et marron clair), le groupe britannique Sanger (bleu) a été, à titre individuel, le mieux "servi".

La France (violet foncé) n'a que le chromosome 14.

Après séquençage, les fragments d'ADN d'un même chromosome sont comparés (ci-dessous) afin d'être ordonnés.



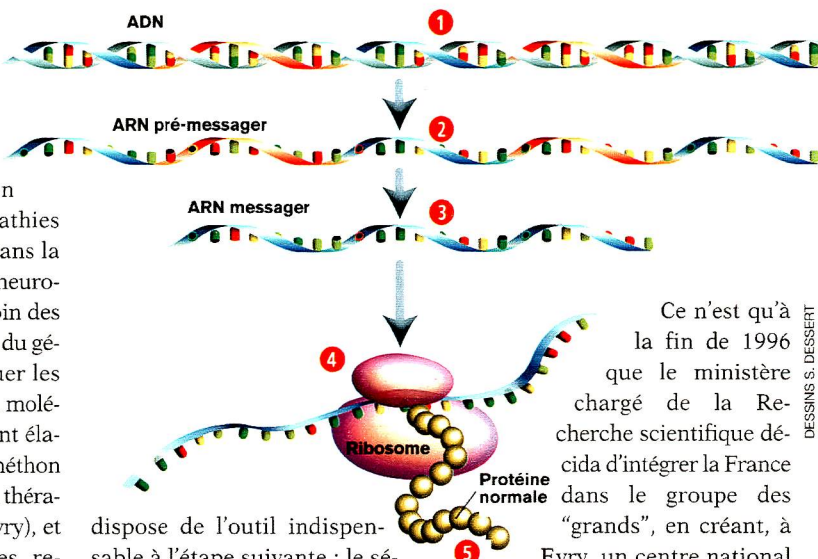
nationale a pu être qualifiée de programme Apollo de la biologie.

Le travail des Français fut orienté par l'Association française contre les myopathies (AFM), qui s'était lancée dans la recherche sur les maladies neuromusculaires. Elle avait besoin des cartes physique et génétique du génome humain, afin de situer les gènes de ces maladies sur la molécule d'ADN. Ces cartes furent élaborées par le CEPH et le Généthon (laboratoire de recherche en thérapie génique, également à Evry), et financées par les sommes recueillies lors du Téléthon.

L'INTRUSION DU SECTEUR PRIVÉ

La première, physique, qui localise "géographiquement" les gènes sur la molécule d'ADN, fut dressée à 70% par le Pr Daniel Cohen, puis achevée avec le concours des chercheurs de l'institut de technologie du Massachusetts (MIT). La seconde, génétique, qui situe les gènes selon leur fonction, fut entièrement menée à bien par le Pr Jean Weissenbach. Coût de l'opération : 180 millions de francs. Depuis 1995, carte physique et carte génétique ont été réunies dans une carte dite intégrée.

Grâce à cette carte, la communauté scientifique internationale



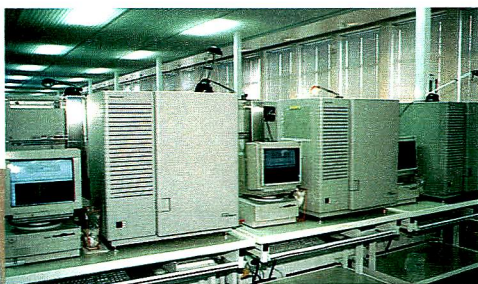
dispose de l'outil indispensable à l'étape suivante : le séquençage du génome humain, c'est-à-dire le décryptage lettre par lettre de l'ensemble de l'information génétique. Afin que les travaux soient menés le plus rationnellement possible, tous les responsables des Genome Centers du monde entier se réunirent aux Bermudes, en 1996, et procédèrent au partage du génome. Les Etats-Unis s'octroyèrent la plus grosse part du gâteau. La France, elle, s'accorda une période de réflexion, car elle ne savait pas encore quelle attitude adopter...

Ce n'est qu'à la fin de 1996 que le ministère chargé de la Recherche scientifique décida d'intégrer la France dans le groupe des "grands", en créant, à

Evry, un centre national de séquençage, le Genoscope. A la suite de quoi, la France hérita, en 1998, lors de la désormais traditionnelle réunion annuelle des Bermudes, des chromosomes 3 et 14.

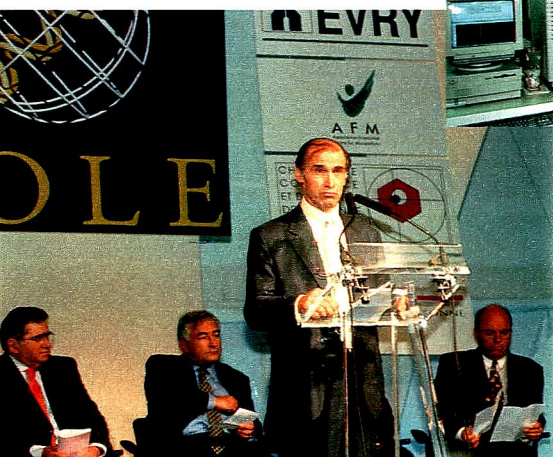
Par des accords internationaux, également définis aux Bermudes, entre les Genome Centers, il était prévu que toute portion d'ADN séquencée à l'aide de fonds publics devait être publiée dans la littérature scientifique et diffusée rapidement sur Internet, afin de se trouver disponible pour la communauté des chercheurs.

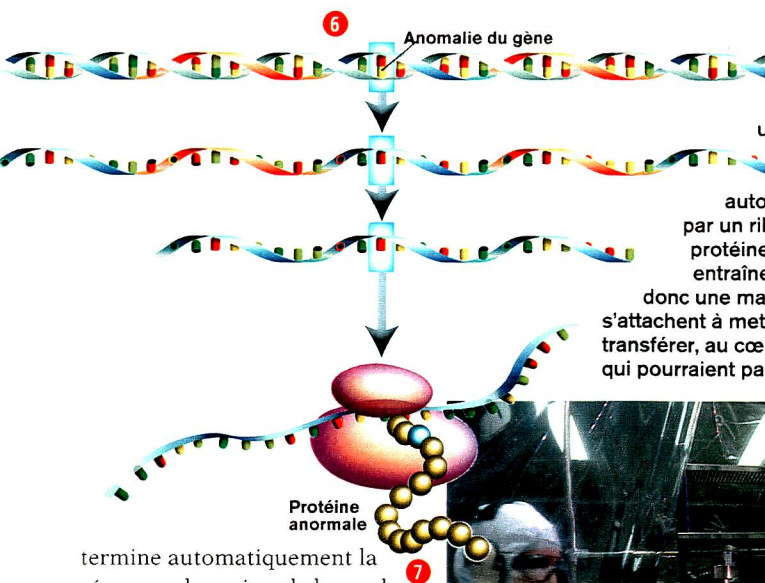
Mais c'était compter sans l'intrusion du secteur privé. Ainsi, au début de l'année dernière, le chercheur Craig Venter, directeur du Genome Center américain TIGR, et le géant américain de l'électronique Perkin-Elmer, s'associaient dans le but d'accélérer le processus de séquençage. Pour y parvenir, ils envisagent d'employer les grands moyens : 200 séquenceurs de grande puissance mobilisés jour et nuit. (Un séquenceur est un appareil qui dé-



La France met les bouchées doubles

Aux séquenceurs peu performants utilisés en France (ci-dessus) devaient s'ajouter, cette année, des séquenceurs américains les plus compétitifs. C'est l'une des premières mesures prises par le Genopole d'Evry. Elle a été annoncée par son directeur, Pierre Tambourin, lors de l'inauguration du site (ci-contre), en octobre dernier.





Du gène à la maladie

Quand un gène entre en action, il fabrique une copie de l'ADN ① qui le constitue, c'est l'ARN pré-messager ②, qui devient un ARN messager ③ après excision automatique des parties inutiles. Traduit par un ribosome ④, l'ARN messager donne une protéine ⑤. Toute mutation au niveau du gène ⑥ entraîne la synthèse d'une protéine anormale ⑦, donc une maladie génétique. Les chercheurs s'attachent à mettre au point des vecteurs capables de transférer, au cœur de la cellule, des gènes sains qui pourraient pallier l'anomalie génétique (ci-dessous).

termine automatiquement la séquence des paires de bases de fragments de la molécule d'ADN.)

Mais ce n'est pas tout ! TIGR et Perkin-Elmer ont annoncé que les résultats de leurs travaux resteraient privés, autrement dit que la communauté scientifique n'en verrait pas la couleur. De plus, ils se sont arrogé le droit de breveter tout gène virtuel mis en évidence sur des fragments séquencés disponibles sur Internet.

L'INFERNALE COMPÉTITION

Pour identifier un gène, on peut, en effet, utiliser des moyens informatiques dont l'objectif est de repérer, dans la longue suite inintelligible que constitue toute séquence, les éléments caractéristiques de la présence d'un gène. Opération analogue à celle qui consiste à repérer, dans un message codé, les éléments pertinents et à les transcrire en langage clair. On peut aussi employer les techniques classiques de la génétique moléculaire, qui consistent à faire s'exprimer dans un tube à essais, dans une bactérie ou dans une cellule le fragment de génome susceptible de contenir un gène, afin d'en préciser la réalité et la fonction.

« Un morceau d'ADN susceptible de contenir un gène n'a aucun in-

térêt commercial immédiat. Ce qui est important, c'est de connaître le gène lui-même et la fonction qu'il remplit. Logiquement, on ne devrait pouvoir breveter que les gènes dont la fonction a été clairement établie, sinon on risque de déboucher sur d'innombrables litiges, qui devront être tranchés par les tribunaux », estime le Dr Pierre Tambourin, directeur de Genopole, à Evry, une structure, inaugu-

Bioford Consultants...

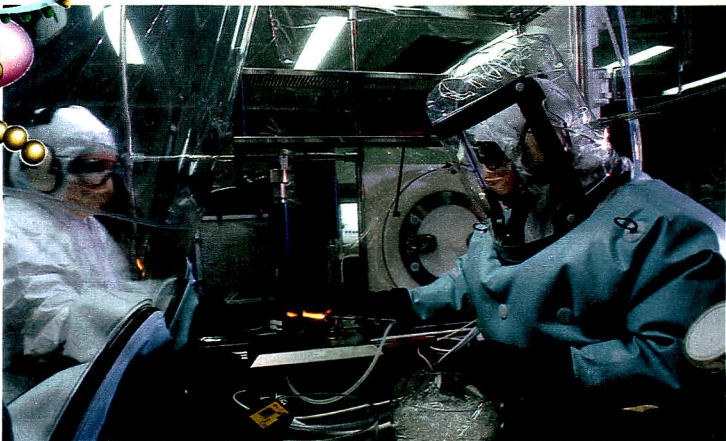
D'autres remous se sont produits ces derniers mois. Plusieurs Genome Centers publics américains ont décidé de travailler sur des régions de l'ADN attribuées à d'autres pays. Ainsi se sont-ils autorisés à empiéter sur le chromosome 14 des Français et sur le chromosome 9 des Britanniques, par exemple. Entre-temps, la France a renoncé au séquençage du chromosome 3,

Des centres américains travaillent sur des chromosomes attribués à d'autres pays

rée en octobre dernier, qui est à l'étude des génomes ce que la Silicon Valley est à l'électronique et à l'informatique. Elle fédère le Genoscope, le Centre national de génotypage, le Généthon et des entreprises de renommée internationale comme Rhône-Poulenc, Genset,

car elle est incapable de soutenir le rythme de la compétition internationale.

De surcroît, le secteur privé américain refuse de plus en plus d'appliquer les règles éthiques admises par la communauté scientifique internationale, notamment en ce



H. RAQUET/EURELIOS

qui concerne le clonage humain et les manipulations d'embryons.

En France, nous n'en sommes heureusement pas là. Il n'empêche que, si l'on ne veut pas se retrouver en queue de peloton, il faut réagir très vite, ce qui implique un bouleversement total des mentalités. En effet, les chercheurs français sont restés les petits-fils de Pierre et Marie Curie : pour eux, la science doit être désintéressée.

« Si l'on veut retrouver notre rôle de premier plan, il est capital que notre communauté se mobilise dans les trois années qui viennent. Il faut donc que nos chercheurs prennent conscience de l'intérêt économique de leurs recherches. Au besoin, ils doivent créer des entreprises de biotechnologies ou qu'ils aident à leur création », insiste le Dr Tambourin.

Le ministre de l'Education nationale, de la Recherche et de la Technologie, Claude Allègre, en est bien conscient. Il a donc préparé une loi, actuellement en discussion, qui stipule que les chercheurs pourront participer en qualité d'associé, d'administrateur ou de dirigeant à une entreprise à laquelle ils apporteront leur collaboration scientifique ou technique, tout en conservant la possibilité d'exercer des

Belgique ont déjà pris de telles mesures, ces dernières années.

« Si l'on traîne, on ne sera plus dans la course », avertit le Pr Michel Renaud, vice-président de l'université d'Auvergne, chargé de la valorisation et du transfert tech-



L. MORVAN/AFM

Beaucoup d'argent, mais à quand les résultats ?

Le dernier Téléthon a réuni près de 500 millions de francs. Grâce à ces dons, Bernard Barataud (au premier plan), président de l'Association française contre les myopathies, espère que la thérapie génique fera enfin des progrès décisifs.

nologique. La loi Allègre devrait être votée au début de cette année. Si les projets sont bien ficelés, les banques devraient suivre.

Enfin... Car nous avons accumulé un retard considérable sur la Grande-Bretagne. A titre de comparaison, le Sanger Centre emploie 400 personnes et jouit d'un budget annuel de plus de 320 millions de francs, alors que le Genoscope ne dispose que de 130 personnes et de

peuvent analyser simultanément en une heure et demie 600 paires de bases sur 96 échantillons distincts. Alors que les appareils du Genoscope ne sont capables de décrypter que 1 200 paires de bases sur une soixantaine d'échantillons, en une dizaine d'heures. Les premiers séquenceurs capillaires 96 devraient être livrés cette année.

En outre, la force des Etats-Unis repose sur un réseau serré de petites entreprises de biotechnologies, plus de 1 500, qui font travailler 150 000 personnes, alors que la France n'en a qu'une centaine employant 400 personnes. Ces petites entreprises sont d'un intérêt primordial, car c'est souvent sur elles que s'appuient les grands trusts pharmaceutiques pour développer leurs stratégies scientifiques. A preuve, une partie importante des ressources de la société privée française Genset provient des gros contrats passés avec l'industrie pharmaceutique.

LES CHANCES DE LA "BIOVALLEY" EUROPÉENNE

Evry offre à la France un cadre favorable à l'installation de telles entreprises, de même que Clermont-Ferrand (avec Biopôle), Grenoble et Montpellier. En Europe, la région du Rhin supérieur, à cheval sur la France, l'Allemagne et la Suisse, constitue un site propice, car elle regroupe le plus dense réseau scientifique européen dans le domaine des sciences de la vie. On l'a d'ailleurs baptisée BioValley...

« La guerre de demain sera féroce entre les entreprises de biotechnologies et les trusts pharmaceutiques. La qualité des brevets sera donc déterminante », prédit le Dr Tambourin. ■

Les chercheurs français du public pourront bientôt collaborer avec le privé

activités d'enseignement dans le service public. De plus – et c'est une révolution –, ils pourront acquérir une participation dans le capital social de l'entreprise. L'Allemagne, le Royaume-Uni, les Pays-Bas, la

80 millions de francs de crédits.

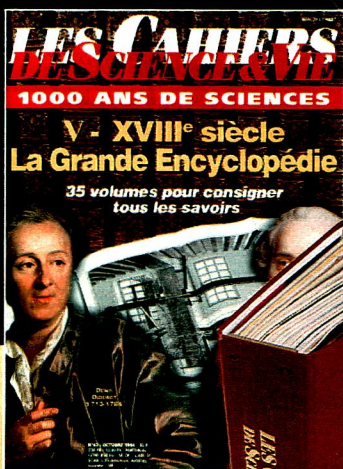
Quant à notre handicap sur les Etats-Unis, il est colossal. Les chercheurs américains ont quelques séquenceurs très performants, les séquenceurs capillaires 96, qui

Abonnez-vous aux
**CAHIERS DE
SCIENCE & VIE**
et découvrez
l'histoire des sciences
pour
149 francs.

*Saint
Thomas
d'Aquin*

Newton

Descartes



VOTRE CADEAU

Cette superbe reliure
au logo des Cahiers de Science & Vie
vous permettra de classer vos magazines.

Bulletin d'Abonnement

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

OUI

Je m'abonne aux **CAHIERS DE SCIENCE & VIE**
et je choisis la formule suivante :

Cochez les cases de votre choix

- ☐ **1 AN - 6 NUMEROS** pour **149 francs** au lieu de 192 francs*
soit 43 francs d'économie
et recevez en cadeau la reliure des Cahiers de Science & Vie**

● Je choisis de régler par :

- ☐ chèque bancaire ou postal à l'ordre des CAHIERS DE SCIENCE & VIE
☐ carte bancaire

N°

expire à fin mois année

Date et signature obligatoires

Nom

Prénom

Adresse

Code postal Ville

Offre valable jusqu'à fin 1999 pour un premier abonnement livré en France métropolitaine

Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 17

(* Prix de vente normal chez votre marchand de journaux

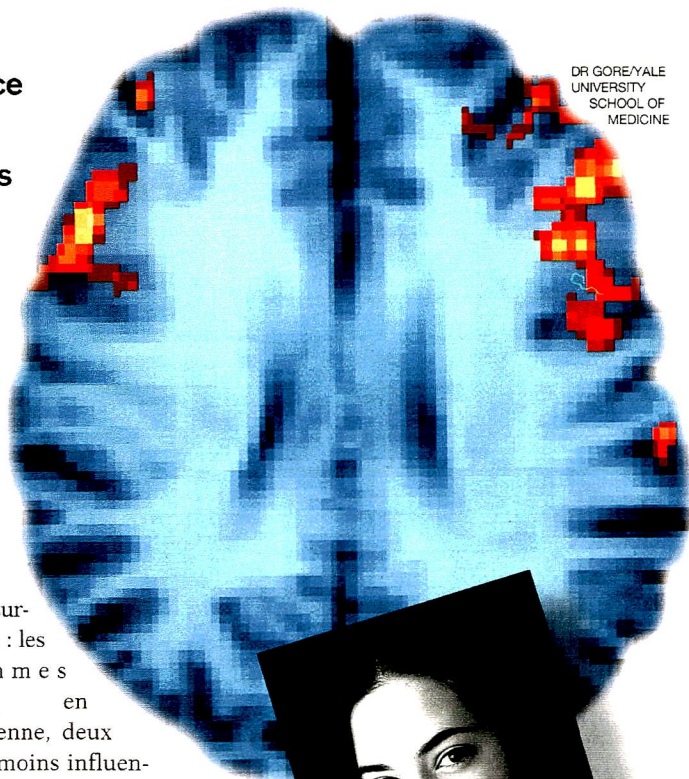
**Prévoir un délai de réception de 4 à 5 semaines et dans la limite des stocks disponibles.

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.

SV 977

Le cerveau a-t-il

Une expérience menée dans un laboratoire parisien relance le débat sur les différences entre le cerveau des hommes et celui des femmes. Pourquoi perçoivent-ils le monde différemment ? La neurologie n'a pas fini d'explorer la difficile question des liens entre le cerveau et le sexe.



DR GORE/YALE
UNIVERSITY
SCHOOL OF
MEDICINE

Comment le cerveau traite-t-il les informations spatiales ? C'est l'une des questions qui passionnent les chercheurs du laboratoire d'Alain Berthoz, au Collège de France. Ainsi, sa jeune collaboratrice Isabelle Viaud-Delmond a monté une expérience pour évaluer l'influence de la perception visuelle sur la perception "corporelle" du mouvement. Elle installe les sujets dans un fauteuil et les équipe d'une visière de réalité virtuelle. Sur l'écran de la visière, un paysage fictif décrit une rotation de 90%, tandis que le fauteuil pivote sur lui-même de 180%.

COMMENT PEUT-ON COMPTER LES NEURONES ?

Les informations visuelles modifient la perception du mouvement : tous les sujets, treize hommes et treize femmes, sous-estiment la rotation du fauteuil. Mais l'analyse des résultats réserve

une surprise : les femmes sont, en moyenne, deux fois moins influencées que les hommes par les informations visuelles. Est-ce pour cette raison qu'elles sont plus souvent sensibles au mal des transports ? Le cerveau des femmes ne traiterait-il pas les informations spatiales de la même façon que celui des hommes ? L'expérience vient relancer le débat sur la sexualisation du cerveau.

La question de la différence sexuelle préoccupe la neurologie depuis toujours, pour des motifs parfois fort peu scientifiques. Ainsi, au XIX^e siècle, Paul Broca, découvreur de l'aire cérébrale du langage, estimait qu'il ne fallait pas accorder le droit de vote aux femmes parce qu'il croyait leur cerveau plus petit que celui des hommes. Ironie de la science : on vient de s'apercevoir que l'aire de Broca,



le cortex du langage, est plus développé chez les femmes que chez les hommes.

Quant à la taille globale de leur cerveau, il semble difficile d'établir une comparaison. Pour certains neurologues, il y aurait une différence de 250 cm³ en faveur des hommes, et des études récentes avancent que leur cortex contiendrait 4 milliards de neurones de plus.

Mais ces données sont largement entachées d'approximations. Le volume du cerveau est mesuré sur des cadavres dont l'état de conser-

un sexe ?

vation est plus ou moins bon, et le comptage des neurones est une extrapolation à partir de petits échantillons. Même si l'on admet l'exactitude de ces chiffres, ils ne disent rien d'une improbable supériorité de l'homme sur la femme, ou inversement. En effet, personne n'a jamais montré qu'un plus gros cerveau procure de plus grandes aptitudes, intellectuelles ou autres.

Cependant, on sait depuis près de cinquante ans que, en moyenne, les hommes sont plus doués pour l'abs-

traction mathématique et l'orientation spatiale que les femmes. Lesquelles sont plus fortes en arithmétique, perçoivent plus vite les similitudes ou les différences entre les objets et sont nettement meilleures dans les tâches langagières (communication, sémantique, orthographe et phonétique).

Quelle est la part, dans ces inégalités, de la nature et celle de l'éducation, de l'environnement culturel ? C'est impossible à déterminer. On remarque toutefois que certaines différences n'apparaissent qu'à la puberté, quand les hor-

mones sexuelles inondent le corps tout entier, cerveau inclus. Est-ce la raison pour laquelle les performances en géométrie, identiques avant la puberté, ne le sont plus après ? La sexualisation du cerveau serait alors directement liée aux hormones.

DES DIFFÉRENCES PHYSIOLOGIQUES MANIFESTES

Aux premiers stades de son développement, même lorsqu'il est porteur du chromosome Y, l'embryon est femelle. Jusqu'au moment où se forment les testicules, qui sécrètent la testostérone, laquelle entraîne le développement du pénis et du scrotum. Si l'on bloque l'action de la testostérone – chimiquement ou par castration du fœtus –, l'embryon ne se masculinise pas : le rat né dans ces conditions aura un comportement sexuel femelle.

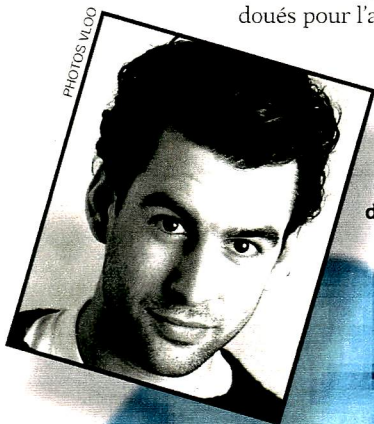
Inversement, l'administration d'œstrogènes à des nouveau-nés femelles leur donne un comportement mâle, car, au-delà d'un certain seuil, les œstrogènes participent aussi à la masculinisation. Le phénomène se vérifie dans l'espèce humaine : les filles atteintes d'une maladie des glandes surrénales sont exposées à des taux élevés de testostérone surrénalienne qui masculinisent leurs organes sexuels et rapprocheraient leurs performances cognitives et leur comportement de ceux des garçons.

Du point de vue du fonctionnement cérébral, les avancées de la science ne sont pas spectaculaires. On a souvent émis l'hypothèse selon laquelle les hommes et les femmes ne se servent pas de leurs deux hémisphères cérébraux de la

Le genre des mots

D'après ces images qui représentent l'activité cérébrale moyenne de 19 femmes (ci-contre) et de 19 hommes (ci-dessous) lors d'exercices identiques de langage, selon le sexe, ce ne sont pas les mêmes zones cérébrales qui entrent en jeu.

Les aires du langage apparaissent plus latéralisées chez les hommes.



même façon. Mais les observations menées sur des patients qui souffrent de lésions du cortex ou les données de l'imagerie cérébrale restent fragmentaires et ne permettent pas d'en avoir le cœur net. D'après Doreen Kimura, du département de neurologie de l'université Western Ontario, à London (Canada), «les asymétries dans l'activité du cerveau sont plus souvent associées à des fonctions dis-

tingentes qu'à la différence sexuelle».

Pour Philippe Ciofi, du laboratoire de neuro-endocrinologie morphofonctionnelle de l'INSERM à Bordeaux, «les différences sont manifestes sur les plans anatomique, chimique et neuronal, dans le système voméronasal».

Ce système implique l'amygdale, structure clef du système limbique, responsable de l'émotivité et du comportement social. Chez

les femmes, il participe à la régulation du cycle menstruel. Il est aussi affecté par des réorganisations permanentes des connexions neuronales, qui ne se produisent pas chez l'homme. En outre, on note d'importantes différences liées au sexe dans la concentration de divers neuropeptides, substances chimiques échangées par les neurones.

Il est tentant de voir dans ces différences physiologiques l'origine de différences d'ordre cognitif ou comportemental. Mais, selon Philippe Ciofi, c'est aller trop vite en besogne. D'une part parce que ces observations sont souvent faites chez l'animal, d'autre part parce qu'on ne sait pas établir clairement les rapports entre biologie et comportement, entre structure et fonction.

DEMAIN, DES TRAITEMENTS ADAPTÉS À CHAQUE SEXE

L'affaire se complique terriblement quand on sait que, pour accomplir une tâche, le cerveau peut recourir à de nombreux moyens. Ainsi, pour retrouver leur chemin dans un labyrinthe, les femmes se servent d'indications telles que des dessins sur les murs, tandis que les hommes mettent plutôt à profit des repères géométriques. Mais, si les seuls repères dont elles disposent sont géométriques, les femmes résolvent le problème de la même manière que les hommes.

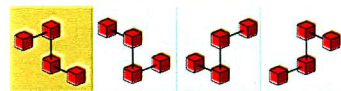
Décidément, la neuropsychologie soulève encore beaucoup plus de questions qu'elle ne sait résoudre. A n'en pas douter, la recherche des composantes cérébrales de l'identité sexuelle sera au cœur des recherches des prochaines années. Dès aujourd'hui, les grands laboratoires pharmaceutiques s'y intéressent, persuadés que les traitements du système nerveux central devront être adaptés selon le sexe des patients.

À CHACUN SA SPÉCIALITÉ

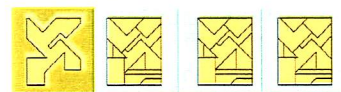
HOMMES



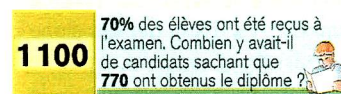
Ils trouvent plus facilement que les femmes où se situeront les trous dans une feuille de papier pliée quand on la dépliera.



Ils se représentent plus aisément les rotations dans l'espace.



Ils retrouvent plus vite une forme simple cachée dans une figure complexe.



Ils sont meilleurs en raisonnement mathématique.



Ils sont plus précis lorsqu'il s'agit de guider ou d'intercepter un projectile ou d'atteindre une cible.

.....
Hommes et femmes n'atteignent pas les mêmes scores pour chaque test. Mais il faut garder à l'esprit qu'il ne s'agit que d'une moyenne.

FEMMES



Elles ont une plus grande rapidité d'association quand, par exemple, il faut énoncer le maximum d'objets d'une même couleur.



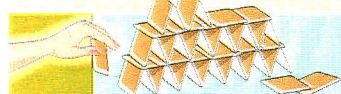
Elles sont plus fortes en arithmétique



Elles trouvent plus vite quels objets sont appariés (rapidité de perception).



Elles distinguent mieux les objets qui ont été déplacés.



Elles ont une meilleure coordination motrice et une meilleure précision manuelle.

Les **Bios** de

SCIENCE & VIE

JUNIOR



**3^e ÉDITION
DU GRAND
CONCOURS
de**

**biologie
géologie**

JEUDI 20 MAI 1999

Pour tout renseignement sur les inscriptions :
"Les BIOS de SCIENCE & VIE JUNIOR"

5, rue Jean-Grandel - 95109 ARGENTEUIL Cedex
Tél. : 01 39 98 06 33 - Fax : 01 39 81 50 81

Pour tout autre renseignement : Sandra KLEIN
"Les BIOS de SCIENCE & VIE JUNIOR"

1, rue du Colonel-Pierre-Avia - 75503 PARIS Cedex 15
Tél. : 01 46 48 48 30 - Fax : 01 46 48 49 39

- C'est un jeu-concours de biologie-géologie
- Tous les collégiens de France métropolitaine peuvent participer
- Les professeurs de SVT inscrivent leurs élèves au concours
- 85 000 collégiens se sont inscrits en 1998
- Chaque participant est récompensé et c'est nouveau !

**Clôture
des inscriptions
le mardi 20 avril 1999**



AVEC LE SOUTIEN
DE L'INSPECTION GENERALE DU
MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

L'invasion du fossile vivant

Le triops, un petit crustacé envahissant, est devenu la bête noire des riziculteurs. Mais les scientifiques ont trouvé des méthodes originales pour concilier la protection des rizières avec la survie de ce joyau de l'évolution aux étonnantes facultés d'adaptation.

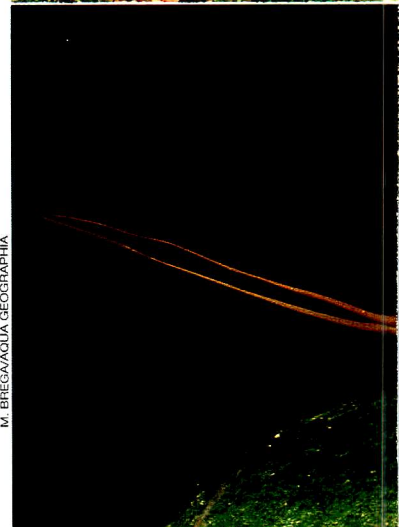
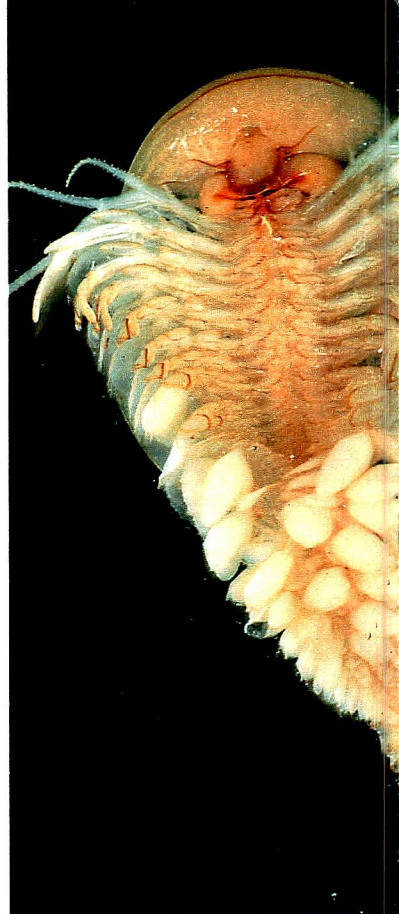
Un fossile vivant, le triops, va peut-être bientôt disparaître. Son crime : il colonise les rizières. Ce petit crustacé est un fléau pour les riziculteurs : certes, il ne s'attaque pas directement aux plants de riz, mais sa façon de s'alimenter se révèle particulièrement nuisible.

« Pour chercher sa nourriture, du phytoplancton ou des matières minérales et organiques en suspension dans l'eau, le triops "creuse" la boue avec ses pattes », explique le biologiste Alain Thiéry (faculté des sciences d'Avignon), unique spécialiste français du triops. « Puis il conduit le cordon de boue agglutiné vers son ventre pour le digérer. »

Les riziculteurs accusent le triops de troubler l'eau, donc de réduire la photosynthèse, ce qui expose les jeunes plants de riz à une mort certaine. On le soupçonne même de déraciner les plantules. Toutefois, les écologistes soulignent la place du triops dans l'écosystème des rizières, où il fait partie de la chaîne alimentaire. « Il constitue la proie principale des

T. cancriformis sur toutes les coutures

Ce petit crustacé aplati, doté d'une carapace dorsale (photo du centre), possède de 48 à 57 paires de pattes selon les individus. Le dernier segment abdominal porte une paire de filaments articulés (la furca).



M. BREGVAQUA GEOGRAPHIA

PAR MARIE-SOPHIE GERMAIN



hérons», explique Alain Thiéry.

Pour concilier le respect de l'environnement et les impératifs de la riziculture, il faut d'abord comprendre la biologie du triops. *Triops cancriformis*, qui appartient à l'ordre des notostracés, est un formidable vestige de l'évolution. L'espèce existait déjà au Trias (il y a de 245 à 205 millions d'années), et le genre *Triops*, encore plus ancien, remonte au Permien (de 295 à 245 millions d'années).

Les triops ne mesurent pas plus de 10 cm et vivent de deux à trois mois. « On ne les trouve que dans des milieux temporairement inondés, explique Alain Thiéry. Les œufs doivent respecter une phase de diapause, c'est-à-dire une période d'arrêt de leur développement, provoquée par une dessiccation. C'est la raison pour laquelle on n'en trouve pas dans les lacs. »

Aujourd'hui, quatre espèces se partagent la planète : *Triops granarius*, qui vit en Afrique et en Asie, *Triops longicaudatus*, qui occupe

rope occidentale et la Russie. C'est surtout le dernier nommé qui intéresse les scientifiques. En France, l'espèce est courante dans l'Est et dans les régions littorales, en particulier en Camargue.

DES PATTES POUR RESPIRER

Comme son nom l'indique, le triops (de *opsis*, vision, vue, en grec) a trois yeux : deux yeux composés, très proches l'un de l'autre, et un œil "nauplien" (cyclopéen), constitué de cellules dermiques, situé en arrière des deux premiers.

Une carapace brune et translucide protège le corps plat du crustacé, qui ressemble à un limule. Ses cinquante-sept paires de pattes jouent un rôle actif dans la recherche de la nourriture. « Le triops utilise aussi ses pattes dans la fonction respiratoire, ajoute Alain Thiéry. Elles servent de supports aux branchies. »

Le dernier segment abdominal, le telson, porte une paire de filaments articulés appelée furca. La taille des triops est très variable, selon le milieu dans lequel ils vivent. Les mâles sont généralement plus petits que les femelles.

Mais ce n'est pas la seule originalité du triops. Ce qui intrigue encore davantage les scientifiques, c'est son mode de repro-

duction et son appareil génital, tout à fait extraordinaires. Les populations de triops sont composées de mâles, de femelles et d'hermaphrodites. Chez les femelles du Nord de l'Europe cen-

trale, les ovaires contiennent à la fois des ovules et des lobes capables de donner des spermatozoïdes. Mais plus on descend vers le Sud, plus les mâles sont nombreux. La fécondation est alors assurée par l'accouplement. On rencontre aussi des cas de parthénogenèse : l'ovule se développe sans avoir été fécondé.

Les œufs, rouges et sphériques, peuvent rester émergés jusqu'à neuf ans et éclore ensuite au contact de l'eau. Quand le milieu s'assèche, les œufs sont transportés par le vent ou la boue sur les pattes des animaux, ou encore mangés par des oiseaux. Ils se dispersent ensuite et éclosent ailleurs, parfois dans des zones qui n'ont jamais été inondées auparavant. Il suffit alors que le milieu devienne favorable pour que le triops apparaisse.

DES ANTENNES POUR NAGER

A l'éclosion, les triops sont de petites larves roses de 1 mm, qui nagent avec leurs antennes. Deux semaines plus tard, ils mesurent 1 cm. Et, au vingt-troisième jour, les femelles sont déjà capables de porter les œufs qui donneront la génération suivante.

Le troisième œil

En arrière de ses yeux, accolés au sommet de la tête, le triops a un troisième œil, dit "nauplien", composé de cellules dermiques.



M. BREGAQUA GEOGRAPHIA



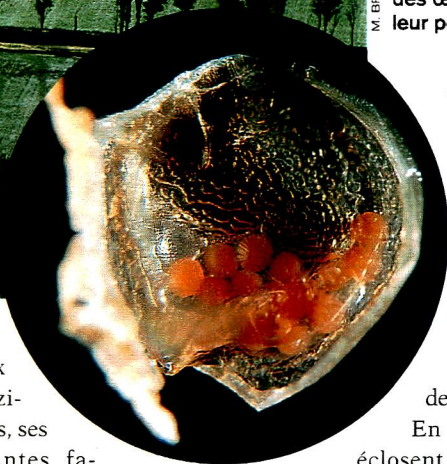
F. JOURDAN/EXPLORER



M. BREGAZZOLA GEOGRAPHIA

Un milieu favorable

Les rizières camarguaises, alternativement inondées et asséchées, offrent un milieu idéal à la reproduction du triops (ci-dessous, des œufs dans leur poche de mucus).



Aux yeux des rizi-culteurs, ses étonnantes facultés d'adaptation font du triops un redoutable envahisseur. Et les tentatives d'éradication ne réduisent jamais à néant les populations de crustacés. Les exploitants ont vainement essayé de drainer les rizières : dès que les champs sont "remis en eau", de nouveaux triops éclosent. Deuxième stratégie : la lutte chimique. Mais les pesticides, comme le parathion, ne sont pas absolument efficaces. A peine une population de triops est-elle traitée que les œufs non détruits donnent une nouvelle génération. Le temps qu'on la détecte, les triops ont déjà pondu...

Une autre méthode consiste à alterner les cultures de riz avec des cultures de maïs, pour créer des rizières neuves. Mais, au bout d'un certain temps, les triops parviennent quand même à coloniser le milieu.

La biologiste Paola Mosconi Bernardini (université de Pavie, Italie) a adopté une autre démarche, issue de ses analyses sur la reproduction

du triops. Elle a découvert que l'éradication n'est efficace que si l'on y procède entre le neuvième et le dix-septième jour qui suivent l'inondation de la rizière.

En effet, les œufs éclosent au plus tard le neuvième jour et les jeunes n'atteignent pas la maturité sexuelle avant le vingt et unième jour. Il faut donc éliminer les triops avant le dix-septième jour, dans l'espace de temps qui précède la ponte. Cette méthode est malheureusement loin d'être idéale, car un traitement aux pesticides ou au sulfate de cuivre affecte gravement l'écosystème.

Pour passer d'un mode de plante terrestre à un mode de plante aquatique, le riz a subi des modifications anatomiques et physiologiques : immergées, les feuilles développent des tubes qui conduisent l'oxygène aux racines. Afin que la plante reste en vie, cette modification a lieu dans les quarante-huit heures qui suivent la mise en eau.

CULTIVER LE RIZ SANS EAU

Pour que le triops ne cause pas de dégâts, il suffit donc de laisser le riz se développer au sec les premiers mois de sa vie, ce qui est d'ailleurs son mode de croissance naturel. Et, quand les rizi-culteurs ajoutent l'eau au bout de quelques mois, les grands plants ne sont plus vulnérables aux triops. Lorsque les crustacés réapparaissent, ils peuvent chercher leur nourriture sans abîmer le riz.

«C'est peut-être une bonne méthode, mais elle demande un savoir-faire, des techniques et des moyens exceptionnels, commente Alain Thiéry. En France, pour limiter les populations de triops de la Camargue, nous employons un autre procédé : nous ajoutons à l'eau des rizières de l'eau légère-

A peine une population est-elle détruite qu'une nouvelle apparaît...

Il a donc fallu chercher autre chose. Pourquoi ne pas planter le riz sans inonder le champ ? Cette solution invraisemblable sera pourtant la bonne... Car le riz n'est pas un végétal aquatique. L'ancêtre des variétés actuelles ne poussait pas dans l'eau. En fait, si le riz a besoin de tant d'eau, c'est qu'il a dû s'adapter aux régions où on l'a d'abord planté : les zones inondées par la mousson.

ment salée, pompée dans le Rhône en aval d'Arles. Or, les œufs ne peuvent éclore que dans l'eau douce... De toute façon, ils sont certes présents dans les rizières, mais ils ne sont pas si envahissants qu'on veut le laisser croire.»

Une chance pour le fossile vivant, qui, comme beaucoup d'autres animaux, aurait bien pu disparaître face aux impératifs économiques.

Maurita

le peuple qui veut sauver sa pêche

Les Imraguen redressent la barre

Pour préserver les ressources marines, longtemps surexploitées, les Imraguen sont désormais les seuls autorisés à pêcher dans les eaux du banc d'Arguin, qu'ils protègent des braconniers.

B. BOISSON



nie

PAR LOÏC CHAUVEAU

Le banc d'Arguin, où s'échoua la fameuse *Méduse* en 1816, est aujourd'hui une immense réserve naturelle, vitale pour son peuple, les Imraguen, et pour toute la Mauritanie.

La communauté internationale s'est mobilisée pour protéger ce paradis aquatique africain.

«**G**âce à Dieu, les choses vont bien mieux. Le parc est notre chance.» Mohammed Oul Souidi, chef du village de Ten Alloul, au cœur du parc national du banc d'Arguin, dans le Nord de la Mauritanie, remercie sincère-



D. GALLAND

l'amélioration des conditions de vie de son peuple, les Imraguen, ces pêcheurs qui vivent sur ce bout de désert depuis toujours. Mohammed Oul Souidi sait qu'en échange de l'eau et de l'électricité il doit occuper le banc

échoué le vaisseau *la Méduse* (celui du fameux radeau), le 2 juillet 1816. Des vasières, résidus d'estuaires de fleuves depuis longtemps disparus, étendent leurs herbiers sur 450 km². Ces hauts-fonds sont baignés par des remon-

Le banc d'Arguin a été déclaré patrimoine mondial par l'UNESCO

ment Gabriel Hatti, le directeur de cette immense réserve naturelle de 12 000 km², partagée par moitié entre terre et mer.

Le chef est assez vieux pour avoir vécu les évolutions de ce milieu fragile, convoité. Il mesure

d'Arguin, pour en repousser les braconniers. La sauvegarde de la ressource halieutique de la Mauritanie en dépend.

Au banc d'Arguin, autant la terre est aride et ingrate, autant la mer est vivante et riche. Le Sahara s'enfonce doucement dans l'océan. A 50 km de la côte, il n'y a que 5 m d'eau. C'est ici que s'est

tées d'eaux profondes, froides, riches en éléments nutritifs.

« Nul n'a vraiment étudié le cycle de vie de cet endroit », dit Jean Worms, conseiller scientifique et technique du parc. « Mais la présence de millions d'oiseaux nous permet d'affirmer que c'est ici que viennent se reproduire une grande partie des poissons qui vivent sur



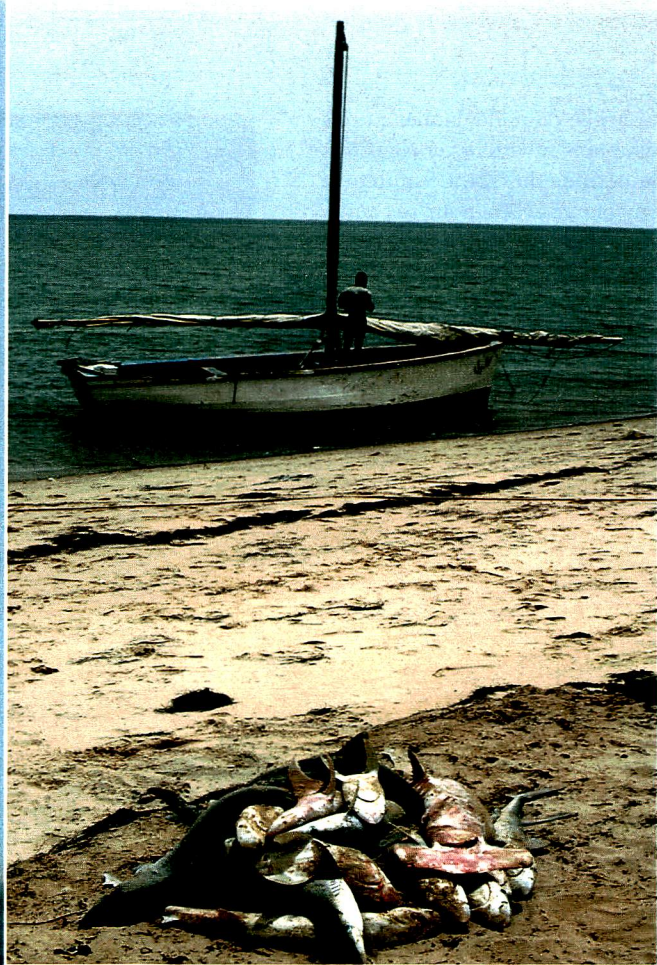
Des millions d'oiseaux...

Attirés par l'abondance des poissons, les oiseaux migrateurs (ici, des flamants roses) viennent par millions de toute l'Europe afin d'hiverner dans les vasières.

les rives de l'Afrique occidentale. »

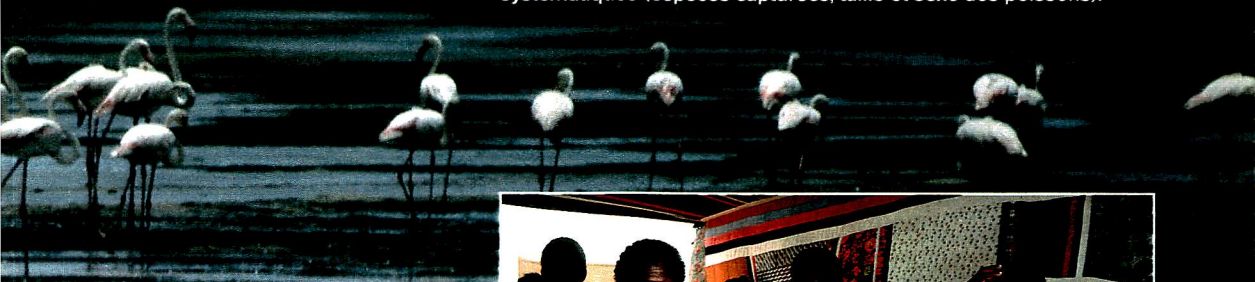
Les oiseaux... Ce sont eux qui ont attiré l'attention des hommes. C'est sur le banc d'Arguin que viennent hiverner par centaines de milliers les flamants de nos contrées, les tadornes, les courlis, les hérons. Superbe spectacle... Au début des années 70, Théodore Monod tombe amoureux du site. L'homme du désert fait le siège du gouvernement mauritanien. En 1976, il obtient la création d'un parc national. Le banc est classé en zone humide d'importance internationale (convention de Ramsar, Iran) en 1982 et déclaré patrimoine mondial par l'UNESCO en 1989.

Jusqu'au début des années 90, le banc n'est fréquenté que par les ornithologues. Les Imraguen, eux, y pratiquent la pêche tradi-



Liberté surveillée

La pêche traditionnelle fait aujourd'hui l'objet de rapports scientifiques systématiques (espèces capturées, taille et sexe des poissons).



PHOTOS B. BOISSON

Un fructueux partenariat

À Ten Alloul, au cœur du parc naturel, une réunion de concertation entre gestionnaires et habitants, étroitement associés à la protection du site.

tionnelle du mulot jaune, que les dauphins rabattent vers la côte à la période du frai. Le mulot est surtout convoité pour ses œufs,



dont on fait la poutargue, mets raffiné très recherché en Europe.

Dans les années 80, la demande de poutargue augmente. Plus question de pêche traditionnelle. Les autres pêcheurs de la côte mauritanienne – des Sénégalais, principalement – adoptent la

Mais comment surveiller 6 000 km² d'océan ?

technique du filet tournant, bien plus efficace que le petit filet que les Imraguen portent traditionnellement sur l'épaule. En prélevant les femelles avant la ponte, les hommes ont arrêté le cycle de reproduction.

Au début des années 90, il n'y a plus suffisamment de mulots à pêcher. Les pirogues à moteur sénégalaises commencent à longer vers le banc d'Arguin, où elles sont interdites de séjour. Le braconnage s'intensifie, d'ailleurs pour pas grand-chose, puisque le stock de mulots vivant sur le banc

s'est lui aussi effondré.

Le mulot jaune épuisé, un deuxième marché s'ouvre – à Hongkong, cette fois, qui demande des ailerons de requin. A 400 F le kilo d'ailerons, la chasse au requin et à la raie guitare est extrêmement lucrative. C'est aujourd'hui la principale ressource des Imraguen et des pêcheurs sénégalais. Mais, là encore, nul ne sait combien de temps ces pré-

lèvements vont pouvoir durer.

« Situé au sommet de la chaîne alimentaire, le requin n'a pas de prédateur, explique Jean Worms. Sa stratégie de reproduction vise donc à éviter la prolifération de l'espèce. Il atteint la maturité sexuelle à 10 ans, et les femelles n'ont qu'un petit à la fois. Ces populations ne sont donc pas armées pour affronter un prédateur aussi redoutable que l'homme. »

PHOTOS B. BOISSON





Construire l'avenir

Mohammed Oul Soudi (ci-contre), chef du village de Ten Alloul, apprécie le développement économique du parc. Un chantier naval (petites photos) vient d'ouvrir à Rgeiba. Les vieilles "lanches", embarcations à voile latine, y sont réparées, et quatre bateaux neufs ont été construits.



Cette fois, les autorités mauritaniennes réagissent d'autant plus vigoureusement que les stocks de poissons, exploités dans leurs eaux territoriales par des bateaux-usines provenant du monde entier, ont commencé à fléchir. Or, le poisson représente la moitié des entrées en devises de ce pays – l'un des plus pauvres du monde – et 20 % de son produit intérieur brut. Sans cette

ressource, la Mauritanie n'aurait plus qu'à mettre la clef sous la porte... Il est donc urgent de protéger le banc d'Arguin, lieu de reproduction des espèces marines.

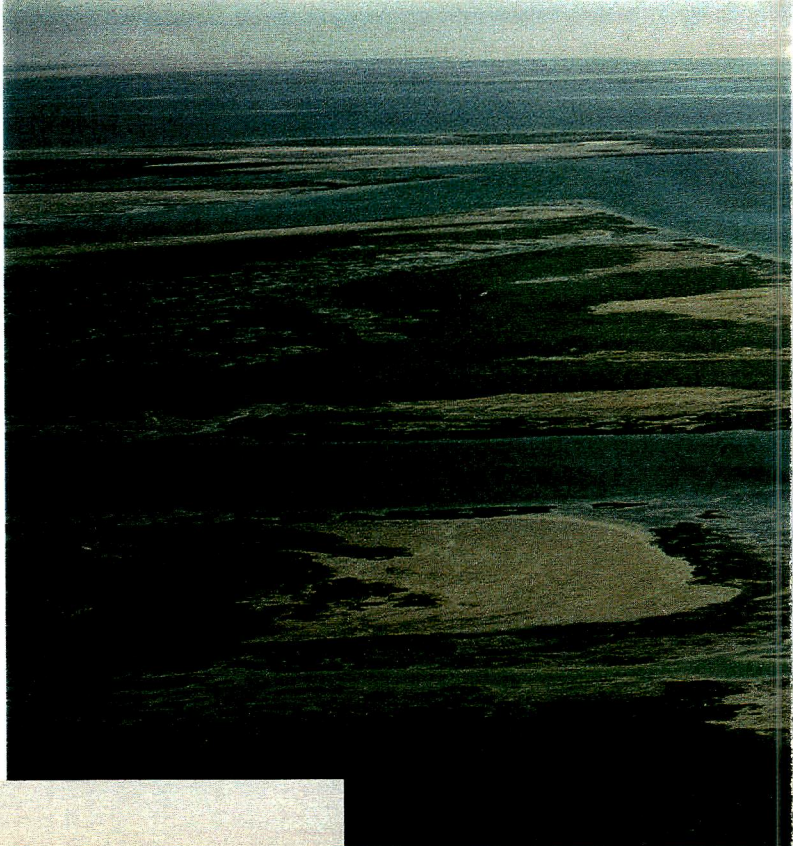
Mais comment surveiller efficacement les 6 000 km² d'océan du parc ? L'Etat mauritanien a vite compris qu'il n'a pas les moyens d'une politique de préservation. Il

a donc abandonné sa souveraineté à la Fondation internationale du banc d'Arguin (FIBA), organisme qui regroupe des membres aussi différents que le World Wildlife Fund (WWF, Fonds mondial pour la nature), l'Union internationale de conservation de la nature (UICN), le Muséum na-

tional d'histoire naturelle de France ou la Société internationale pour la protection des oiseaux. Depuis cette année, le parc est directement placé sous la tutelle du conseil scientifique de la FIBA.

PLUS DE NATURE SOUS CLOCHE

Pour tous ces organismes, le banc d'Arguin est un des lieux qui symbolisent un nouveau mode de protection des milieux naturels. Depuis le début des années 90, il ne s'agit plus de mettre la nature "sous cloche". La création de réserves naturelles d'où les populations autochtones sont exclues n'a pas toujours donné de bons résultats. Les riverains de ces parcs, souvent pauvres, ont eu le sentiment qu'on confisquait l'une de



leurs rares sources de revenus. Ces lieux sont donc devenus des objets de convoitise. Le braconnage y est souvent si important que les espèces à protéger ont paradoxalement été mises en danger par le système de protection.

Des sociétés savantes telles que l'UICN – qui regroupe 74 Etats, 110 organismes de droit public, 646 organisations non gouvernementales (ONG) nationales, 60 ONG internationales, et qui gère un budget de près de 300 millions de francs – ont donc réorienté leur action. Désormais, il s'agit d'assurer un développement harmonieux entre les milieux à pro-



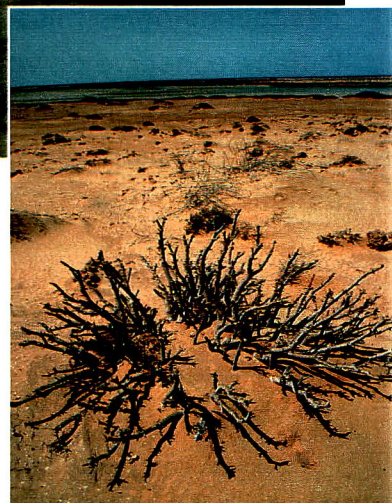
Un peuple de pêcheurs

« Les pêcheurs avec le filet sur l'épaule », tel est le nom donné par les Mauritaniens aux Imraguen. Ce peuple serait l'un des premiers à s'être installés en Mauritanie (ici, le village de Teichot). Le parc naturel compte des sites qui datent du Paléolithique.



D'eau et de désert

L'incroyable richesse biologique de ces eaux peu profondes et abritées contraste avec l'aridité du désert qui s'enfonce doucement dans l'océan.



téger, les espèces qu'ils recèlent et les hommes qui y vivent. En contrepartie de la surveillance attentive du site, ces populations sont autorisées à prélever les richesses dont elles ont besoin.

Assurer l'harmonie entre le milieu et les hommes

Cette notion de "codéveloppement" se propage partout dans le monde, avec de notables succès, notamment en Afrique.

La protection du banc d'Arguin implique le développement économique des Imraguen. « Chacun sait que, lorsqu'une ressource appartient à tout le monde, elle n'est gérée par personne », écrit Luc Hoffmann, président de la FIBA. « En réservant les eaux du parc aux Imraguen, on encourage

un sentiment de propriété, donc de responsabilité vis-à-vis de la ressource. »

Plus que l'installation d'aérogénérateurs et d'unités de dessalement de l'eau de mer – qui vont améliorer de façon spectaculaire les conditions de vie du bon millier d'habitants de la région (chacun d'eux vit actuellement avec moins de 10 litres d'eau par jour) –, ce sont les "lanches" qui illustrent le codéveloppement homme-nature.

Ces petits bateaux à voile latine (quelques dizaines), abandonnés sur la côte au siècle dernier par des pêcheurs canariens, sont les seuls habilités à croiser dans les eaux du banc. Pour les restaurer, la FIBA a fait appel à deux charpentiers bretons, qui, pendant quatre ans, ont enseigné à quelques Imraguen l'art de la charpenterie navale. Leur mission vient de se terminer, et les Imraguen ont un chantier naval...

C'est pourquoi Mohammed Oul

Souidi est optimiste. Le vieux chef a fini par accepter que des scientifiques examinent quotidiennement sa pêche. Cette surveillance contraignante est le prix à payer pour la survie de son peuple. Mohammed Oul Souidi a compris qu'un jour proche il faudra cesser de tuer les requins, car l'avenir des Imraguen est intimement lié à la sauvegarde du poisson. Gabriel Hatti résume : « Pour sauver l'économie de la pêche en Mauritanie, il faut sauver le banc d'Arguin. Mais, avant tout, il faut sauver les Imraguen. »

Saint-Exup

La bonne affaire de la gourmette

La gourmette trouvée au large de Cassis appartenait-elle à Saint-Exupéry, disparu en mer le 31 août 1944 ? Malgré l'ampleur et la qualité des technologies mises en œuvre, l'affaire conserve de vastes zones d'ombre... A qui profite le doute ? *Science & Vie* a mené l'enquête.

La nouvelle est stupéfiante. Le lundi 28 octobre dernier, on apprend qu'un pêcheur marseillais a découvert, au large des calanques de Cassis (Bouches-du-Rhône), une gourmette en argent portant une inscription selon laquelle le bijou aurait appartenu à Antoine de Saint-Exupéry, disparu le 31 août 1944, lors d'une mission de reconnaissance aérienne au-dessus de la Provence.

Dans tout autre affaire de disparition mystérieuse, l'événement serait considérable. Dans le cas de Saint-Exupéry, c'est tout simplement incroyable, car, depuis des années, d'importantes recherches en mer, très documentées et très coûteuses, ont été entreprises pour retrouver l'épave de son avion, un P 38 Lightning, aisément reconnaissable à sa double queue. Mais, jusqu'à ce jour, elles n'avaient jamais été orientées vers la région marseillaise : ce trajet n'était ni logique ni étayé par le moindre témoignage visuel.

Cependant, les précisions données sur

les conditions de la découverte de la gourmette, et sur les recherches effectuées pour retrouver l'avion d'où elle proviendrait, suscitent une polémique. Trouvé le 7 septembre dans les mailles du chalutier *l'Horizon*, le bijou a d'abord été confié à Henri-Germain Delauze, PDG de la Comex, entreprise



A. ROSENFELD/
PHOTOCEANS



PAR FRANK JUBELIN

J. PHILLIPS/LIFE MAGAZINE

marseillaise qui fut longtemps leader mondial de l'ingénierie sous-marine et qui dispose du Minibex.

Ce petit bateau de recherches est équipé d'instruments de positionnement et de prospection (sonar à balayage latéral), ainsi que d'un ROV (engin télécommandé équipé de caméras vidéo) et surtout du Remora 2000, un sous-marin habitable qui permet d'identifier rapidement des objectifs repérés de la surface. Pendant trois semaines, le Minibex a minutieusement parcouru la zone présumée de la découverte. Sans résultat...

Aussi l'annonce de la trouvaille suscite-t-

Y a-t-il une gourmette sous la manche?

Elle n'apparaît sur aucun document photographique. Les recherches entreprises aux alentours du lieu où la gourmette a été découverte n'ont pas permis de retrouver l'épave de l'avion de l'écrivain.

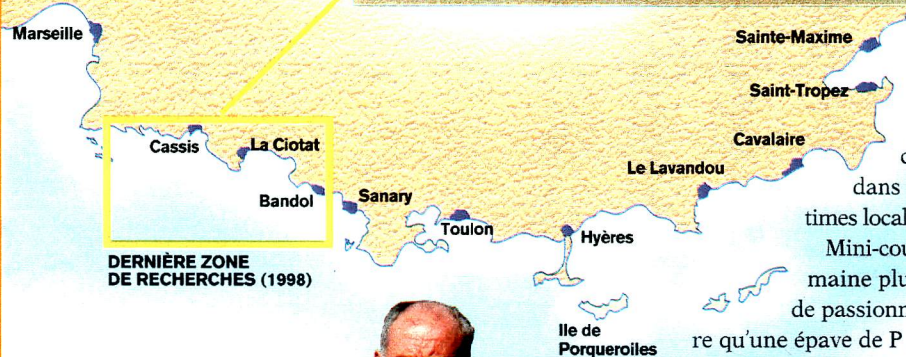
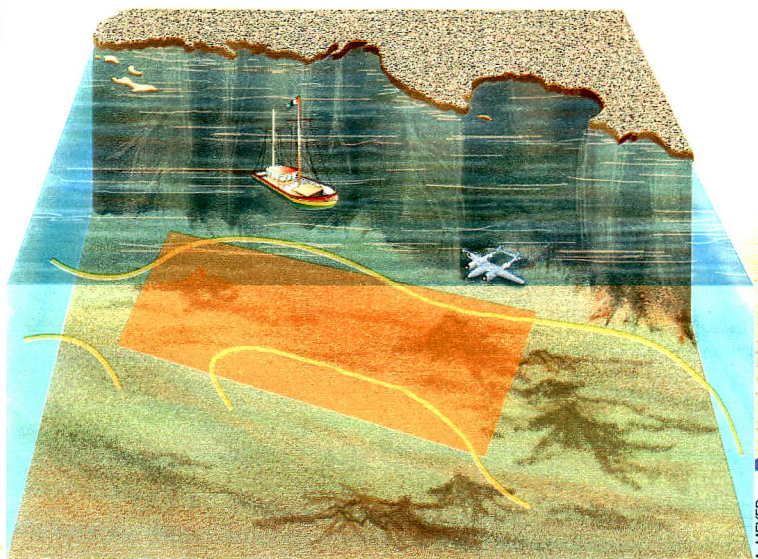
elle un cortège de suspicions : la gourmette est-elle authentique? A-t-elle réellement appartenu à l'auteur du *Petit Prince*? Pourquoi l'"invention" de l'objet n'a-t-elle pas été faite de manière réglementaire, au moyen d'une déclaration auprès des Affaires maritimes? Comment peut-on pêcher un si petit objet sans retrouver d'autres éléments plus probants? L'avion aurait-il pu tomber dans le secteur de Marseille, en plein jour, en août 1944, sans qu'il y eût de témoins? Autant d'interrogations, avivées par la réputation des acteurs de la pièce médiatique qui se joue alors : Henri-Germain Delauze, charismatique patron de la Comex, et Jean-



Saint-Exupéry

Découverte en eau trouble

La gourmette devait se trouver entre 80 et 120 m de fond. En deçà, les chalutiers n'ont pas le droit de pêcher – mais ils le prennent parfois. Au-delà, la profondeur est un obstacle. En orange, la zone explorée par la Comex. L'épave de La Ciotat est à quelques kilomètres.



DERNIÈRE ZONE DE RECHERCHES (1998)

Un "inventeur" peu loquace

Patron du chalutier *l'Horizon*, Jean-Claude Bianco reste évasif sur le lieu et les circonstances de sa découverte. Figure de la Canebière, il gravite autour d'un groupe fasciné par le "mystère Saint-Exupéry".



P. CECCARINI/SIPA

Claude Bianco, capitaine de *l'Horizon*, un patron pêcheur omniprésent dans les affaires maritimes locales.

Mini-coup de théâtre une semaine plus tard : une équipe de passionnés d'aviation déclare qu'une épave de P 38, signalée depuis plus de trente ans à l'entrée du port de La Ciotat (Var), pourrait bien être celle de l'appareil de Saint-Exupéry ! Déclarations sensationnelles, accompagnées d'une campagne de presse dans plusieurs magazines à grand tirage (*Le Figaro Magazine*, *Paris-Match*...). Pourtant, les auteurs de ces révélations, regroupés dans une association baptisée Aéro-RELIC, avaient, quelques années plus tôt, formellement identifié cette épave comme celle d'un avion américain abattu en janvier 1944.

L'affaire tourne à l'embrouille, alors qu'elle pose des questions cruciales pour tous les chasseurs d'épaves : comment délimiter une zone d'investigation raisonnable et crédible ; sur quels éléments d'identification peut-on s'appuyer ? C'est le b.a.-ba de l'"archéologie sous-marine post-médiévale", discipline de l'archéologie sous-marine apparue il y a un quart de siècle.

Saut technologique dû à des raisons fort éloignées des contingences archéologiques,



c'est de la crise pétrolière de 1974 que va naître le développement d'instruments spécifiques aux recherches offshore. Une fois la campagne de forage achevée, plusieurs dizaines de têtes de puits jalonnent le champ pétrolière sous-marin. Il s'agit de sélectionner les forages les plus prometteurs, afin d'y installer les plates-formes d'exploitation.

Apparaissent donc, pour accomplir ces recherches, des magnétomètres performants, des sonars à balayage latéral, de la vidéo sous-marine haute résolution et, surtout, des moyens de positionnement en temps réel, précis au mètre près. Ce dernier élément est la clef d'une campagne de prospection gagnante : même si l'on se sert du matériel de détection le plus performant du monde, on doit impérativement s'assurer qu'il ne subsiste pas d'espace non prospecté. Le maillage de la zone doit être exhaustif. Faute de quoi, le doute s'installe, s'amplifie dès lors qu'on fait chou blanc, et toute la prospection est à recommencer...

AUCUN TÉMOIN N'A JAMAIS MENTIONNÉ SON EXISTENCE

L'arrivée du GPS-D (*Global Positioning Satellite Différentiel*), voilà dix ans, a révolutionné ces questions de précision. Le GPS est un système de vingt-quatre satellites qui effectuent deux fois par jour le tour de la Terre : deux au moins sont toujours "visibles" de n'importe quel point terrestre. Le positionnement s'obtient par simple triangulation avec ces deux satellites, dont on connaît en permanence la position ; le "différentiel", qui apporte une précision métrique, est obtenu en croisant l'information satellitaire avec un étalonnage à partir d'une balise terrestre. Conséquence logique de cette précision : les découvertes d'épaves se multiplient.

Avec l'affaire inopinée de la gourmette, on se trouve dans une situation contraire à la démarche habituelle : au lieu de chercher une épave pour y dénicher un élément



A. ROSENFELD/PHOTOCOLANS

d'identification, il s'agit de trouver un avion abîmé dans un secteur inattendu, dont se serait échappé un indice capital. Mais la fameuse gourmette est-elle un élément d'identification crédible ? Aucun témoin n'a jamais mentionné son existence avant qu'elle surgisse des profondeurs...

André Jacquemont, responsable des photographes de l'escadrille GR 2/33 en Corse, confirme : « Personne ne l'a jamais vue ; j'ai questionné les six ou sept camarades de l'escadrille encore en vie : aucun souvenir. D'ailleurs, l'une des dernières photos de Saint-Exupéry, prise quelques jours avant sa disparition par John Phillips, reporter-photographe à *Life*, le montre en tenue de vol. On voit parfaitement ses avant-bras : il ne porte qu'une montre. »

L'authentification ne repose que sur les affirmations de son égérie d'alors – Saint-Exupéry vivait séparé de sa femme, Consuelo –, qui se souviendrait, cinquante-quatre ans plus tard, d'un bijou qu'il ne portait apparemment pas en permanence ! Le fait peut surprendre, à moins que la gourmette ne soit chargée d'une forte valeur sentimentale. On peut toutefois en douter.

Le bijou est présenté comme un cadeau de l'éditeur de l'écrivain, la maison Reynal and Hitchcock, ce qui n'explique pas l'inscription surprenante : « Antoine de SAINT EXUPÉRY (Consuelo) ; c/o REYNAL and HITCHCOCK Inc., 386 4th Ave, NY City, USA. » Or, fait remarquer l'historien amateur Patrick Ehrhardt, spécialiste de ces questions, « la mention c/o veut dire "*care of*", c'est-à-dire "aux bons soins de", ce qui correspondrait à une adresse postale de Saint-Exupéry aux États-Unis ».

Ainsi décryptée, la gourmette prend une toute autre signification : celle d'un objet utilitaire, une sorte de carte de visite, et l'on

L'épave n'était pas au rendez-vous

Pendant trois semaines, le Remora 2000 de la Comex a plongé au large de Marseille. Ce petit sous-marin habité, spécialisé dans la recherche d'objets, a exploré les fonds en vain. Peut-être n'y avait-il rien à trouver à cet endroit...



Saint-Exupéry

voit mal le pilote la porter. D'autre part, les règlements de l'aviation interdisaient aux pilotes d'emporter des éléments permettant leur identification s'ils étaient abattus. Néanmoins, là encore, il est difficile de trancher : Saint-Exupéry n'était pas homme à se soumettre à ce genre de prescriptions...

Par ailleurs, quand on observe attentivement les clichés de la gourmette – soumis à un embargo public de la part des personnes qui gèrent l'héritage de l'écrivain –, l'état de conservation du bracelet et la fraîcheur de l'inscription ne manquent pas d'étonner. On sait qu'un objet en argent, même après un long séjour dans l'eau de mer, peut être préservé par une gangue de concrétions. Cependant, il se forme généralement une croûte de chlorure d'argent ("argent corné") dont l'enlèvement mécanique laisse apparaître des micro-creusements de surface. Seule solution pour éviter ces dégâts, un traitement par réduction cathodique, que l'équipage du chalutier n'a manifestement pas appliqué.

DE NOMBREUSES TRACES DE BALLES

Toutefois, il est possible que la gourmette soit restée brillante. Une différence de potentiel devrait s'être créée entre son métal et l'eau. Elle aurait engendré un courant électrique qui aurait arraché des particules au bijou. A moins qu'il n'y ait eu dans les parages une autre différence de potentiel, encore plus importante, liée à la présence de pièces massives telles que le carter moteur en alliage de magnésium d'un avion. Celui-ci aurait alors joué le rôle d'anode soluble et protégé le reste de la structure.

Dans ces conditions, si la gourmette a été protégée par une masse plus sensible à l'électrolyse, cela implique qu'elle se trouvait à proximité de la carlingue d'un avion. Se pose alors la question de la découverte. Le pêcheur affirme n'avoir récupéré que des morceaux épars : le chalutier peut-il être passé au-dessus d'un avion, voire

l'avoir traîné au fond de la mer, sans s'en apercevoir? *A priori*, non.

Car, lorsqu'un chalut accroche un obstacle de cette importance, deux possibilités se présentent : soit le filet se fend, le chalutier accélère immédiatement, les panneaux d'ouverture s'écartent, et il ne reste plus qu'à remonter les lambeaux de filet à bord; soit le chalut bute sur l'obstacle, le bateau freine, le patron pêcheur débraye aussitôt et note au plus vite l'emplacement du "point de croche", avant d'essayer de se dégager. Or, le patron du chalutier *l'Horizon* affirme n'avoir rien remarqué de particulier ce jour-là : « Il y avait un orage terrible. Vers midi et demi, on a remonté le chalut. Quand on l'a vidé, on a été attiré par un morceau qui brillait dans un paquet de concrétions. »

Aussi les incertitudes sur la localisation de la zone où la gourmette a été récupérée laissent sceptique : l'endroit est globalement "mal pavé", avec de nombreuses brondes (talus) rocheuses qui sont autant de points de croche potentiels. Quand un pêcheur met un chalut à l'eau dans ces parages, il connaît parfaitement le parcours (rarement linéaire) qu'il doit effectuer pour chaluter en toute tranquillité. Et les morceaux d'avion sont rarement les bienvenus. Toutefois, les poissons n'ayant pas un terrain de jeu attiré, il est parfois tentant de marauder dans des zones ou à des profondeurs non autorisées.

En tout état de cause, le patron de *l'Horizon* connaît parfaitement le trajet et sa durée : 10 milles nautiques pendant deux heures. Si la prospection d'Henri-Germain Delauze, à bord du Minibex, a été menée dans la bonne zone, elle présente



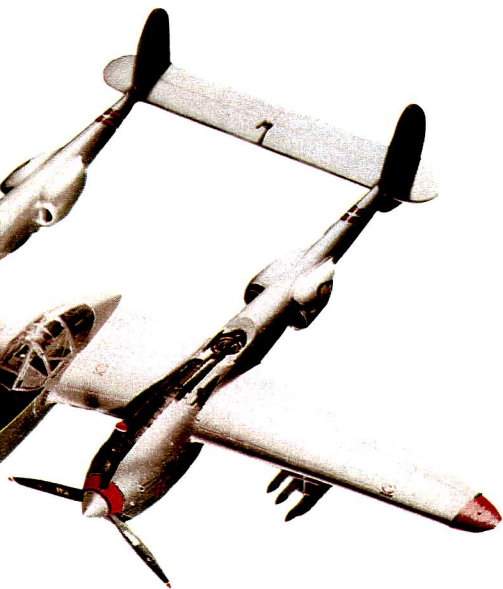
PH. M. OMONT/SIPA



M. DEBATTI/PHOTOCANS

Protégée par le sable

Cette autre épave de P 38, trouvée à proximité de La Ciotat il y a un an, était dans un excellent état de conservation, car complètement ensablé. L'avion est celui d'un pilote américain.



PHOTOS : S. COMPOINT/SYGMA

L'épave de La Ciotat

L'épave de l'avion (ci-contre, le cockpit recouvert de filets) trouvée à La Ciotat comporte des impacts de balles (ci-dessus, sur le réservoir à oxygène et sur une aile) qui devraient, en théorie, être absents sur l'avion de Saint-Exupéry.

d'indiscutables garanties de sérieux (1). On peut donc supposer que l'épave se trouve ailleurs.

Quant au P 38 – qui gît depuis des années par 31 m de profondeur, à 500 m des chantiers navals de la Ciotat –, trop d'indices prouvent qu'il ne peut s'agir de l'appareil de l'auteur de *Vol de nuit*. Celui-ci effectuait un vol à haute altitude (30 000 pieds), qui devait logiquement le mettre à l'abri des attaques des chasseurs allemands. Or, de nombreuses traces de balles, visibles sur les

.....
(1) La polémique, stérile, sur le droit de la Comex d'effectuer ces recherches n'entre pas en ligne de compte, car il ne s'agit que de l'effet secondaire d'une loi trop restrictive relative aux biens culturels maritimes. La gourmète n'a de valeur, surtout pour le patron de la Comex, qu'en fonction de la possibilité de situer l'avion de Saint-Exupéry...

photos publiées dans la presse, montrent que l'avion de La Ciotat a été mitraillé. Avion de reconnaissance, celui de Saint-Ex emportait pas moins de sept appareils de prises de vue, tous protégés par des hublots dont les débris de verre épais seraient un indice indiscutable. Jusqu'ici, on n'en a pas trouvé trace à La Ciotat.

Une autre querelle d'experts porte sur les éléments observés ou remontés à la surface. Ayant étudié une plaque prélevée lors d'une tentative de renflouement de l'avion de La Ciotat, en mai 1997, Patrick Ehrhardt révèle (2) qu'il s'agit d'un P 38 issu d'une série F-5A, avion différent de celui de Saint-Exupéry, issu, lui, d'une série F-5B.

Il s'agit d'une plaque, datée du 7 dé-

.....
(2) *Le Fana de l'aviation*, n° 349, décembre 1998.



Saint-Exupéry

cembre 1942, rivetée sur une poutre centrale qui n'était pas interchangeable. Elle mentionne un numéro de contrat (W535 - AC 21217) qui indique à coup sûr que l'épave de La Ciotat et l'avion du lieutenant Agliani, abattu le 29 avril 1944, ne font qu'un.

Quelles sont maintenant les pistes à suivre ? Il faut avant tout lever l'hypothèque de la gourmette : étude des poinçons, examen chimique de l'objet par des spécialistes de la corrosion des métaux, etc. Selon Patrick Granjean, directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines (DRASSM), ces investigations « relèvent plus de la criminologie que des méthodes d'identification archéologique traditionnelles ». Le ministère de la Défense, qui a remis la gourmette aux ayants-droits, affirme, interrogé par nos soins, que « les expertises pratiquées n'ont pas permis d'authentifier la gourmette, cependant rien ne permet à ce stade de mettre en doute

son authenticité. » Bel exemple de langue de bois... D'autant qu'il est probable que les experts sont aujourd'hui fixés sur cette rocambolesque affaire. Pour notre part, nous exprimons le plus grand scepticisme sur l'authenticité du bijou.

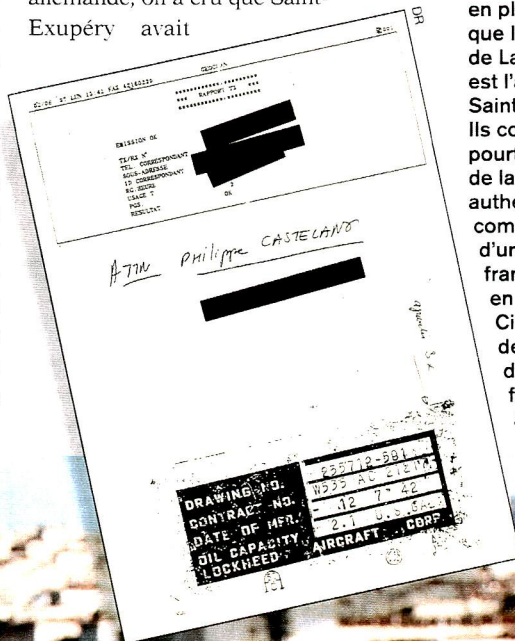
Un aspect très intéressant de ce dossier repose sur des travaux de recherche de l'épave menés au début des années 90. Par l'entremise de l'Association des amis de Saint-Exupéry (et le mécénat des champagnes Louis Roederer), un groupe de travail de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER), dirigé par Jean Roux, avait exploré le dossier.

Pendant très longtemps, sur la foi d'un article paru en 1972 dans une petite revue allemande, on a cru que Saint-Exupéry avait

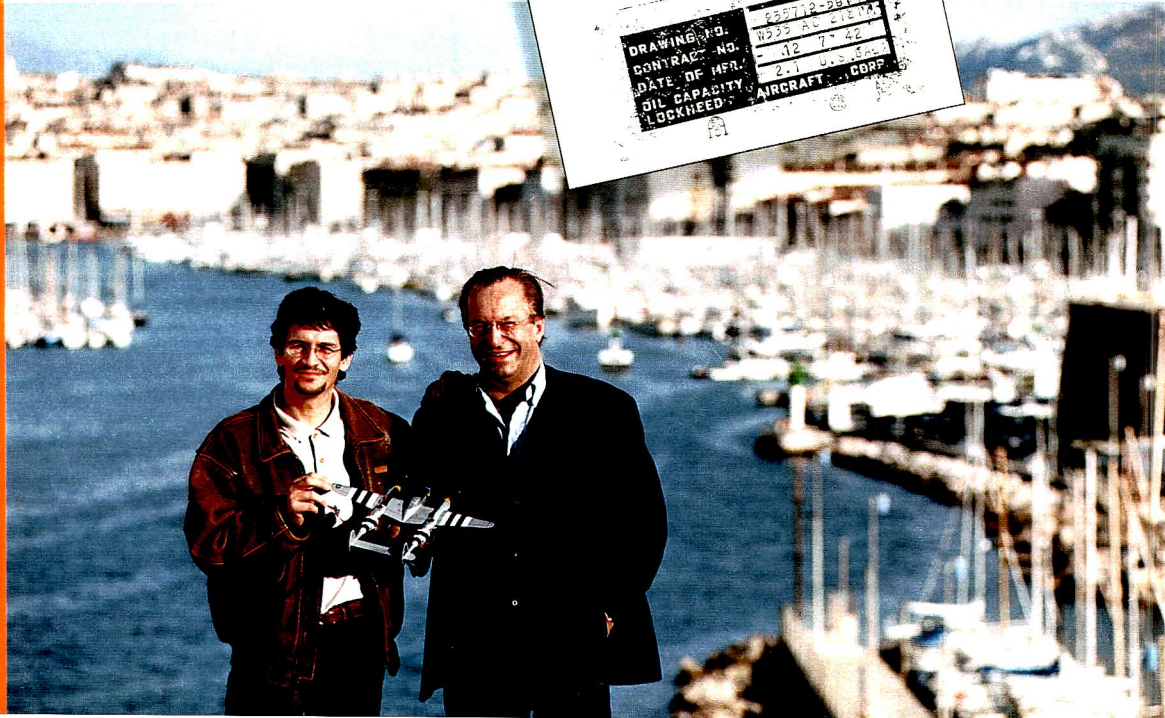
Embrouille ?

Philippe Castellano (à gauche), président de l'association Aéro-RELIC et Pierre Becker, directeur de la société Géocéan, « pensent de plus en plus fortement » que l'épave du port de La Ciotat (Var) est l'avion de Saint-Exupéry. Ils connaissent pourtant l'existence de la plaque qui authentifie l'avion comme celui d'un lieutenant français abattu en avril 1944.

Ci-contre, le texte de la plaque d'identification faxé par Becker à Castellano.



S. COMPOINT/SYGMA



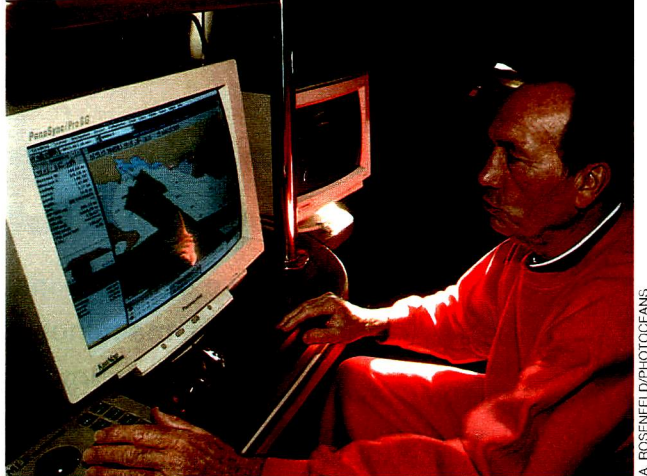
été abattu par deux FW 190, au large d'Agay (Var). En réalité, le récit publié était une nouvelle qui imaginait comment aurait pu se passer le dernier combat aérien de l'écrivain. Mais le battage médiatique autour des préparatifs de l'IFREMER pour chercher l'avion dans ces parages a fait surgir de nouveaux témoignages, qui ont permis de délimiter quatre zones réunies dans un parallélogramme (voir carte) où, vraisemblablement, des crashes se sont produits à la fin du mois d'août 1944.

La campagne de prospection de 1992 n'a pas apporté de réponse pour Saint-Ex, mais a montré, à l'évidence, la relativité des témoignages. « Au large de Monaco, nous avons repéré un avion de tourisme perdu peu de temps auparavant, se souvient le chef de mission. Sa trajectoire avait été suivie par un radar de l'aéroport de Nice, et une vedette de sauvetage avait repêché des passagers. Nous disposons d'un point de chute présumé... qui se trouvait en réalité à plusieurs kilomètres ! » Dans ces conditions, comment accorder foi à des récits vieux d'un demi-siècle qui ne s'appuient sur aucune donnée technique ?

LE SCOOP DE LA DÉCENNIE !

De plus, l'interprétation d'un enregistrement de sonar à balayage latéral est malaisée, en particulier dans les zones au relief sous-marin tourmenté. L'image obtenue est similaire à l'ombre d'un objet éclairé latéralement, avec d'inévitables distorsions. Encore faut-il que quelque chose dépasse du sol ! La découverte récente à proximité de La Ciotat d'un autre P 38, qui date lui aussi de la dernière guerre, a permis de constater qu'il était presque entièrement ensablé. Aujourd'hui, il serait judicieux d'entreprendre un carroyage de la zone qui va de l'île Riou à la pointe du Déffend, au moyen d'un magnétomètre de grande précision tel celui du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) récemment employé pour prospecter les fonds de la baie d'Alexandrie.

Un magnétomètre classique mesure l'intensité du champ magnétique terrestre de manière discontinue, ce qui peut mettre en évidence une forte anomalie magnétique due à la présence d'une masse ferreuse. Le magnétomètre moderne à multi-résonance



A. ROSENFIELD/PHOTOCANAL

La Comex comme caution

Henri-Germain Delauze, PDG de la Comex, entreprise spécialisée dans l'ingénierie sous-marine, a déployé des moyens de recherche très élaborés pour retrouver l'avion de Saint-Exupéry. En vain... Il semble que la notoriété internationale de la Comex ait été utilisée dans le but de donner un certain crédit à la gourmette de Saint-Exupéry.

utilise deux capteurs synchrones – les poissons immergés – qui travaillent en continu et permettent de s'affranchir du magnétisme naturel. A la clef, une exceptionnelle sensibilité, de l'ordre d'un nanotesla, mille fois supérieure à celle des instruments traditionnels et plus que suffisante pour repérer n'importe quel avion.

En fin de compte, l'intervention de la Comex aura surtout servi, du fait de sa notoriété, à crédibiliser le fait que la gourmette appartenait bien à Saint-Exupéry. Ce n'est pas sans rappeler la mésaventure de l'IFREMER lors de l'expédition à la recherche du *Titanic*, montée en 1985 par l'Américain Robert Ballard, scientifique et homme d'affaires avisé. Bien qu'il connût la position du *Titanic* – qui figurait sur des relevés hydrographiques britanniques secrets –, Ballard ne disposait pas d'instruments de détection assez crédibles pour organiser son expédition et trouver des financements.

En revanche, l'IFREMER pouvait mettre en œuvre le très performant SAR 6000, un module sous-marin qui réunit sonar latéral, magnétomètre, "pénétrateur" de sédiments, etc. Ballard se servit donc de la caution de l'organisme français pour monter une formidable campagne médiatique aux fructueuses retombées financières. Le matin même de sa découverte, un hélicoptère vint récupérer au milieu de l'Atlantique les photos du paquebot. Le scoop de la décennie ! La stratégie faillit pourtant tourner court, car, grâce à ses puissants moyens de détection, l'IFREMER repéra l'épave dès le début de sa prospection – sans toutefois l'annoncer –, mais pas dans la zone qui lui avait été assignée... Comme la Comex au large de La Ciotat ? ■

Le second souffle

Le Maroc va inaugurer un site de 84 éoliennes. Ces machines s'affirment de plus en plus comme une source d'énergie d'avenir : 20 000 mégawatts devraient être "installés" dans le monde en 2005.

Optimiser la production d'électricité est bien sûr la première mission assignée à une éolienne. Mais il faut aussi respecter l'environnement : des dizaines de machines alignées risquent de gâcher le paysage, et le bruit qu'elles émettent peut être fort désagréable.

Ces deux inconvénients ont été écartés dans le premier parc éolien marocain, édifié à Koudia al-Baïda, à une vingtaine de kilomètres au nord de Tétouan, par l'Office national d'électricité (Maroc), Electricité de France, Paribas Affaires industrielles et le cabinet français d'ingénieurs conseil Germa. Ce parc sera inauguré prochainement.

Un complexe d'importance : 84 éoliennes disposées au long d'une dizaine de kilomètres, sur des crêtes d'altitude inhabitées (de 370 à 560 m) où le vent souffle particulièrement fort. Chacune s'élève à 40,5 m au-dessus du sol et est équipée d'une hélice tripale de

42 m de diamètre, captant l'énergie sur 1 400 m², pour une production totale annuelle de 50,4 mégawatts (MW) – soit 2 % de la consommation électrique marocaine –, équivalant à la consommation de 400 000 habitants.

**230 000 TONNES DE CO₂
EN MOINS CHAQUE ANNÉE**

Capable de produire de l'électricité sans brûler de combustible fossile, le parc éolien de Koudia al-Baïda évitera de rejeter chaque année dans l'atmosphère 230 000 tonnes de gaz carbonique (CO₂), par comparaison avec une centrale électrique brûlant du charbon. Il faudrait planter plus de 12 millions d'arbres pour obtenir un effet équivalent de réduction du gaz carbonique. De

même, elle réduira de 700 tonnes par an l'émission des agents responsables des pluies acides (oxydes de soufre).

Par ailleurs, afin de ménager des passages pour la migration des oiseaux, les turbines ont été assemblées en trois groupes séparés les uns des autres par des espaces de plusieurs centaines de mètres.

Le prix du kilowattheure produit par le parc de Koudia al-Baïda sera économiquement viable. Il devrait être proche du prix moyen d'achat par EDF de l'énergie éolienne française, soit 38,5 centimes le kilowattheure. C'est beaucoup en regard du nucléaire dont le Maroc veut s'équiper (en France, 12 centimes le kilowattheure, mais ce bas prix tient à ce que les installations sont déjà amorties). Mais c'est très peu par rapport au solaire : de 0,60 à 1 F le kilowattheure, selon les ré-

L'INDUSTRIE DU VENT EN FRANCE

■ Le plan français Eole 2005 a déjà lancé deux appels d'offres. L'installation de 77 MW a été retenue pour le premier et celle de 25 MW pour le second (exclusivement en Corse et dans les DOM). C'est ce qu'EDF va

prochainement annoncer. Pour le troisième appel d'offres, qui ne concerne que la France continentale, et dont les résultats définitifs ne seront connus qu'en avril, 75 MW sont d'ores et déjà retenus.

Centrale éolienne de Marie-Galante, en Guadeloupe.



d'Eole



Le Maroc diversifie ses sources d'énergie

Les éoliennes de Koudia al-Baïda (ci-dessus) vont fournir en énergie l'équivalent des besoins d'une ville de 400 000 habitants. La consommation électrique du Maroc s'élève aujourd'hui à 10 843 MW. Le thermique représente 86%, l'hydraulique 14%. Le parc se compose de vingt-cinq usines hydrauliques, cinq centrales thermoélectriques fonctionnant à la vapeur, huit centrales à gaz, trois centrales diesel de secours et de réseaux isolés, comme le solaire et, maintenant, les installations éoliennes.

gions. Le solaire reste ainsi réservé aux zones éloignées du réseau de distribution, où il évite de coûteux raccordements et des chantiers difficiles.

Le site marocain vient agrandir le parc mondial (voir *Science & Vie* n° 957, p. 144). Aux Etats-Unis, on dénombre plus de 16 000 turbines éoliennes, pour une puissance installée de 1 700 MW, dont la production équivaut à la consommation annuelle d'une ville comme San Francisco ou comme Washington.

Avec plus de 5 000 MW éoliens installés, l'Europe possède aujourd'hui le plus grand parc éolien du monde (environ 40 milliards de francs investis).

Leader en Europe, le Danemark a lancé une politique de promotion de l'énergie éolienne et vise un taux de pénétration de 10% de son réseau électrique entre 2000 et 2010. Avec un parc de plus de 1 150 MW, ce taux y est déjà supérieur à 5%.

Des pays tels que l'Allemagne, le Royaume-Uni ou l'Espagne ont

développé l'énergie éolienne à des tarifs d'achat incitatifs. Ainsi, en Allemagne, chaque année on installe de nouvelles turbines éoliennes pour une puissance de 500 à 600 MW; le parc actuel totalise plus de 2 200 MW – ce qui est déjà important quand on sait que les centrales nucléaires ont des réacteurs de 900, 1 300 ou 1 450 MW.

UNE TAXE SUR LES ÉNERGIES FOSSILES

Au Royaume-Uni, un programme de réduction des émissions de gaz carbonique a instauré le prélèvement d'une taxe sur les énergies fossiles, reversée aux énergies qui n'émettent pas de gaz carbonique. Cette disposition a permis de construire plus de 330 MW d'installations éoliennes.

En Espagne, le gouvernement conduit un programme de 2 500 MW d'éoliennes à l'horizon 2010. Trois grands sites sont déjà opérationnels au cap Finistère, en Galice, et dans les environs de Pampelune.

En France, le ministère de l'In-

dustrie, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et EDF ont mis en place Eole 2005 (voir encadré page ci-contre), un plan de développement de l'énergie éolienne. Il vise à installer une puissance de 250 à 500 MW d'ici à 2005. Aujourd'hui, 177 MW sont déjà assurés et la "francisation" d'une filière éolienne est en bonne route. Pour divers créneaux, comme les générateurs, les mâts, les freins, les aérogénérateurs de moyenne puissance destinés aux zones insulaires, ou encore l'ingénierie, l'offre française est d'ores et déjà compétitive à l'exportation. Et, d'ici à 2005, cette industrie devrait créer plus de mille emplois.

Quant à l'avenir de cette énergie, les plus récentes projections montrent que le parc mondial d'éoliennes atteindra 20 000 MW installés en 2005, ce qui représente un investissement de quelque 160 milliards de francs. L'Amérique du Sud, l'Asie et l'Afrique du Nord seront les premières à bénéficier de ce développement. ■

SCIENCE & VIE

HORS SÉRIE

Chaque numéro de
SCIENCE & VIE HORS SÉRIE
vous invite à entrer au cœur d'un
domaine de l'actualité scientifique avec
une variété de photos et d'explications,
une diversité de schémas
et de développements.

N° 205 DECEMBRE 1998

SCIENCE & VIE

HORS SÉRIE

L'UNIVERS DE LA GRAVITATION

- La gravitation
et les autres forces
fondamentales
de la nature

- Comment
le vivant
s'adapte
à la gravité

- Les objets
compacts
de l'Univers

- Des mirages
pour voir
l'invisible

- Six cent mille
ans après
le Big-Bang :
la gravitation
construit l'Univers



Comment Einstein
a dépassé Newton

EN VENTE PARTOUT

DIRIGÉ PAR ROMAN IKONICOFF

e
n
@
i
a



P. MENZEL/COSMOS

L'INVASION DES PUCES. Il aura fallu la vision d'un artiste pour illustrer la prééminence des microprocesseurs, donc de l'informatique, dans notre vie quotidienne. Pour prendre cette photo, Peter Menzel a extrait de la maison d'une famille américaine moyenne tous les objets qui contiennent des puces électroniques. En vingt-cinq ans d'existence, les puces ont envahi la planète. On a calculé qu'un Américain se sert de soixante-dix puces, contenues dans divers appareils, avant l'heure du déjeuner. R. I.

Virtuellement humains...

Doués d'autonomie, capables de communiquer, les humanoïdes virtuels vont envahir les écrans et les réseaux. Comment les chercheurs s'y prennent-ils pour les mettre au monde ? **p.112**

ACTUALITÉ **p.106**

Les dernières nouvelles des réseaux

INTERNET **p.118**

Observatoires portes ouvertes

CD-ROM **p.120**

Une sélection critique des ouvrages du mois

CONSO **p.122**

Les appareils multimédia les plus récents, testés par *Science & Vie*.



Copie non conforme



Les effets spéciaux issus de la technologie numérique n'envahissent pas seulement les films fantastiques et de science-fiction. Ils peuplent déjà – discrètement – des films on ne peut plus réalistes. La preuve : ci-dessus, en haut, la photo d'une séquence du

film de Claude Lelouch *Un homme et une femme*. Dessous, la photo de la même séquence retouchée "numériquement" (par le studio Mac Guff Line) afin de remplacer le cigare de Jean-Louis Trintignant par un stylo, et les motifs de la couverture et de la dernière page du journal par d'autres motifs. **R. I.**

L'ENFANCE CHOQUÉE

■ Un tiers des enfants britanniques âgés de 6 à 16 ans (2,4 millions d'âmes) surfent sur la Toile. Mais 20 % d'entre eux disent avoir été dérangés par certains contenus « grossiers », « effrayants » ou pouvant leur « causer des ennuis » (sondage commandé par Microsoft et la BBC). **R. I.**

9,4 millions de Chinois

seront connectés à Internet en 2002. Ils étaient 1,4 million en 1997 (selon IDC).

La Java de la liberté



Dans la guerre stratégique que se livrent les puissances du monde de l'informatique, Microsoft, l'entreprise de Bill Gates, vient de perdre une bataille. Objet du litige : le langage de programmation Java, conçu par le géant de l'informatique Sun Microsystems dans le but de fournir au réseau des réseaux un langage de programmation universel, fonctionnant sur toutes les machines branchées à la Toile, quel que soit le programme qui les gère – le système d'exploitation –, comme Windows (de Microsoft), MacOs (Apple), Unix (Sun, IBM, etc.), Linux (logiciel libre), etc.

Mais la compatibilité totale n'est possible que si on les équipe d'une "machine virtuelle Java" (programme) qui permet d'interpréter un logiciel écrit dans ce langage. Or, Microsoft a légèrement modifié la machine virtuelle de son système Windows de sorte qu'elle ne fonctionne qu'avec des programmes en Java issus de Windows. Un juge de la cour du district de San José (Californie) vient de condamner la firme de Bill Gates à rendre sa machine virtuelle compatible avec le Java de Sun. De plus, Sun vient d'annoncer que Java va devenir un langage quasiment libre pour tous ses utilisateurs, ce qui devrait contribuer à sa généralisation. **R. I.**

E-mail en liberté



IBM a annoncé l'ouverture du code-source de son logiciel de messagerie électronique (e-mail) Secure Mailer : tout internaute a désormais la liberté de copier et de modifier son programme. IBM espère ainsi démontrer la fiabilité de sa technologie. Objectif : pousser les internautes à utiliser le courrier électronique pour acheter des produits et des services en ligne, afin d'accélérer l'avènement du commerce électronique. Pour des raisons commerciales, IBM intègre donc le "club" des promoteurs du logiciel libre. **R. I.**

Français moyen



Alors que le nombre de Français qui se servent régulièrement d'Internet s'établit à 2,9 millions (selon Médiangles On Line), ils sont 6,1 millions (10,5 % de la population) à avoir eu accès au moins une fois au réseau des réseaux entre mars et septembre 1998. Par ailleurs, selon l'institut Motivation et Benchmark Group, le cyberconsommateur français (celui qui achète via la Toile) est principalement un homme (83 %) de 30 à 40 ans (30 %), qui vit dans la région parisienne (34 %), cadre ou profession libérale (59 %), aux revenus annuels supérieurs à 250 000 francs (39 %).

R. I.

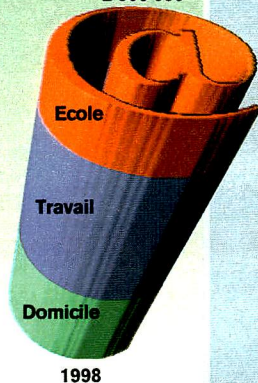
Le nombre de Français qui surfent a progressé de 159 % entre 1997 et 1998.



1 120 000



2 900 000

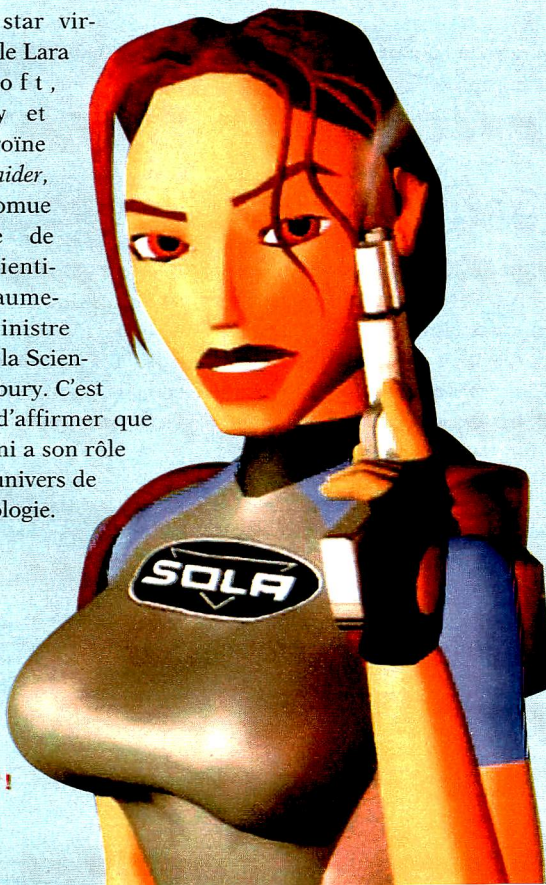


Lara ambassadrice



La star virtuelle Lara Croft, sexy et redoutable héroïne du jeu *Tomb Raider*, vient d'être promue "ambassadrice de l'excellence scientifique du Royaume-Uni" par le ministre britannique de la Science, Lord Sainsbury. C'est une manière d'affirmer que le Royaume-Uni a son rôle à jouer dans l'univers de la haute technologie. **R. I.**

L'héroïne de Tomb Raider, "ambassadrice de l'excellence scientifique du Royaume-Uni" !

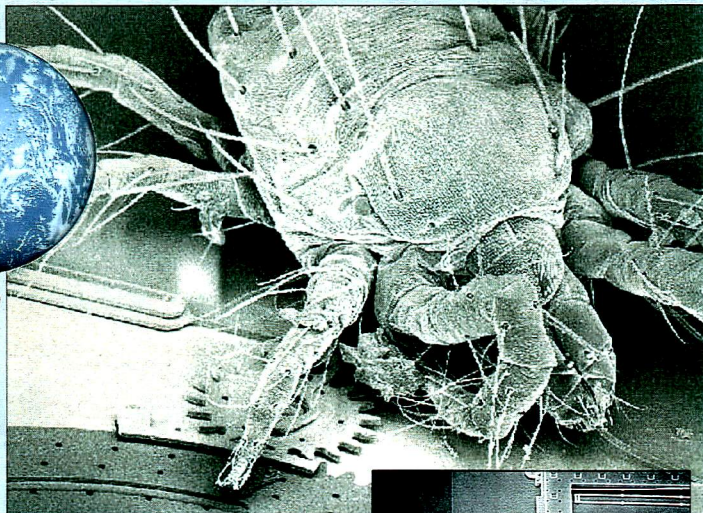


Europe branchée

S'ils ne sont encore que 12,5 millions, les foyers européens connectés à la Toile devraient être au nombre de 43 millions en 2003 (selon Datamonitor). En attendant, d'ici à l'an 2000, l'Europe va créer 500 000 emplois en nouvelles technologies de l'information, qu'elle aura du mal à pourvoir (selon la Commission européenne).

Mille milliards de dollars

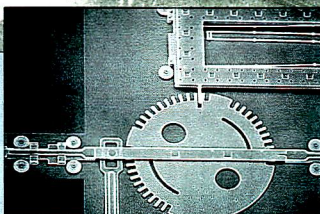
Tel est le montant que devrait atteindre le commerce électronique (e-commerce) en 2002 (selon Cisco Systems).



Micro-verrou



A l'ère du tout-numérique, c'est, paradoxalement, un verrou mécanique qui pourrait déclencher une révolution dans la sécurité informatique. Pourvu de six roues dentées (de 300 millièmes de mètre de diamètre), le verrou a 10 mm de longueur et 0,5 mm de largeur. Pour l'enclencher, il faut former avec les roues



Le plus petit verrou mécanique du monde.

une combinaison particulière (sur 1 million de combinaisons possibles). A l'instar d'un interrupteur, il déclenche alors un signal électrique qui débloquent le système électrique de l'ordinateur.

R. I.

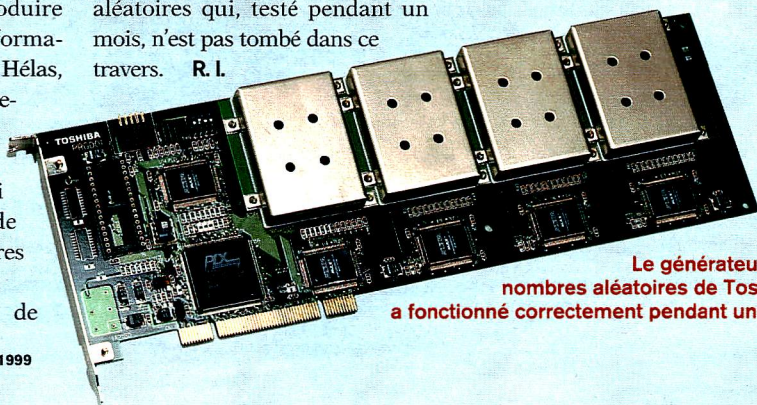
Difficilement aléatoire



Les événements aléatoires – non reliés par des lois mathématiques – sont majoritaires dans la nature. Aussi, quand les scientifiques veulent simuler sur ordinateur des phénomènes naturels, ils doivent introduire dans les programmes informatiques un élément aléatoire. Hélas, si un ordinateur sait parfaitement ordonner des catégories (mots, nombres, symboles...), il est démuné quand on lui demande de fournir une série de nombres rangés aléatoirement. Certes, des "générateurs de

nombres pseudo-aléatoires" existent déjà, mais, au bout de quelques minutes, ils finissent par produire une série de nombres régulière. L'entreprise japonaise Toshiba annonce qu'elle a conçu un générateur de nombres véritablement aléatoires qui, testé pendant un mois, n'est pas tombé dans ce travers.

R. I.



Le générateur de nombres aléatoires de Toshiba a fonctionné correctement pendant un mois.

Rayons assassins



Un danger nouveau, et inattendu, guette les appareils électroniques équipés de microprocesseurs. Au cours de la prochaine décennie, la taille des composants électroniques des microprocesseurs va descendre sous 0,18 μm (0,18 millionième de mètre), sa limite actuelle.

A cette échelle, la plus infime perturbation peut occasionner des bogues (erreurs dans l'exécution d'un programme informatique). Or, le monde est

plongé dans une mer de rayonnements, inoffensifs pour l'homme, mais capables d'altérer les microprocesseurs des prochaines générations. Principales menaces : le rayonnement cosmique (chargé de neutrons), dangereux pour les microprocesseurs embarqués dans les avions, et la radioactivité (émission de particules alpha). Celle-ci met en péril tous les microprocesseurs, car le plomb des soudures des circuits électriques émet des rayons alpha en quantité suffisante pour dérégler de si petits composants. Les scientifiques n'ont pas encore trouvé la parade.

R. I.



FC! 53 AB. 73 PORT DE BOUL' 69 VILLERMAINE 71 CHALON SUR SÂONE NORD 75 PARIS PORT D'AUTERRE 76 HYPERMONTESON 91 SIE GENIEVE DES BOIS 93 ST DENIS 98 MORACO



FCA!

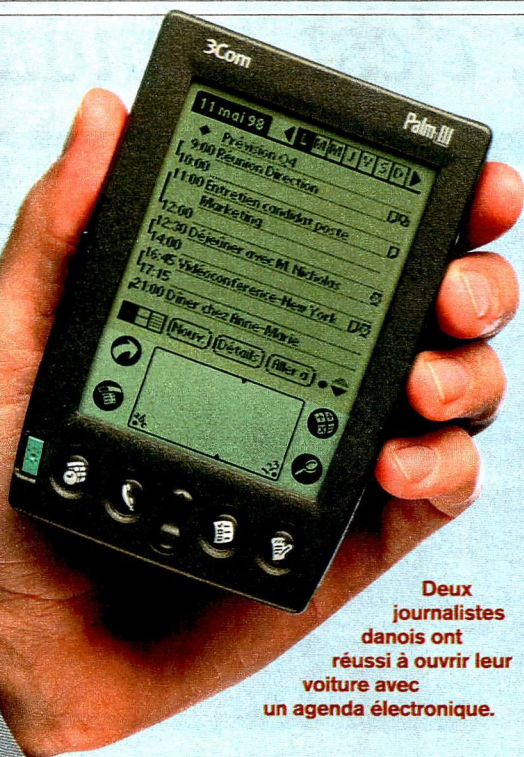
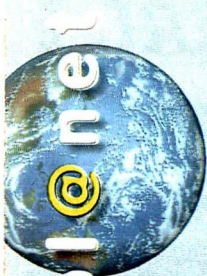
FCA!

Rendez-vous à l'Espace Services Financiers de votre magasin



Assistance téléphonique 7i/7 de 9 h à 22 h pendant 1 an.

*Infonie vous adresse un cheque de 2000 F pour tout abonnement à Internet de 24 mois auprès d'Infonie Promotion au prix de 149 F TTC/mois. Offre valable sur justificatif d'achat d'un PC Multimedia chez Carrefour. Voir conditions dans le "Passerport Internet" fourni dans l'emballage.



Deux
journalistes
danois ont
réussi à ouvrir leur
voiture avec
un agenda électronique.

Monte-en-l'air numérique



L'invasion du numérique dans les communications apporte son lot de surprises.

C'est ainsi que deux journalistes danois du magazine *PC World* ont réussi à ouvrir la porte de leur voiture simplement en pianotant sur un ordinateur de poche, le Palm Pilot.

Cette machine, aux dimensions proches de celles des téléphones portables, sert d'agenda, d'annuaire téléphonique, etc. Elle a, notamment, la particularité de pouvoir communiquer, *via* un émetteur-récepteur à infrarouges, avec d'autres appareils, comme un micro-ordinateur.

Pour parvenir à leurs fins, les journalistes se sont servi de leur clef de voiture, équipée d'un système de verrouillage à infrarouge. Ils ont

d'abord capté et enregistré dans le Palm Pilot le signal infrarouge émis par la clef, puis ont transmis le signal du mini-ordinateur à la voiture. Les portes se sont alors ouvertes. Si l'on se fie au succès croissant du Palm Pilot (plus de 2 millions d'exemplaires vendus dans le monde), la performance risque de lancer un sacré défi aux constructeurs automobiles. R. I.

Le Web 40



S'inspirant du CAC 40 de la Bourse, la société AuditWeb vient de créer le Web 40 : c'est

la valeur globale attribuée selon certains critères à un ensemble composé de quarante grands sites français pour rendre compte de la qualité des sites de l'Hexagone. Les critères de notation et la liste des "quarante" se trouvent à l'adresse www.auditweb.net R. I.

153,7 millions de dollars

C'est le chiffre d'affaires du troisième trimestre 1998 d'Amazon.com, la plus importante librairie en ligne, en hausse de 306 % par rapport à la même période de l'année précédente. Cela confirme la montée en puissance de ce nouveau marché.

10%

de l'économie américaine passera par la Toile, sous la forme de commerce électronique, d'ici à cinq ans (selon Forrester Research).

LE PC SUR LE NEZ

■ IBM vient de commercialiser (uniquement au Japon) le premier ordinateur "portable comme un vêtement" ("Wearable PC"). Le système ressemble à une demi-paire de lunettes. Sur l'unique branche, un verre constitue l'écran de l'ordinateur que l'œil distingue en accommodant. L'unité centrale est logée dans la branche et communique par radio avec le disque dur placé dans la poche. La souris, reliée à l'écran par un mince fil, tient dans le creux de la main.

R. I.

Parlons

la solution à tous vos maux de langues...



Composition :

- plus de 500 heures de cours
- mises en situations de vie quotidienne et professionnelle
- écoute et compréhension
- prononciation, avec reconnaissance vocale et 20 natifs du pays
- expression écrite et orale
- vocabulaire et grammaire
- vidéos pédagogiques et culturelles
- un livre d'exercices de 350 pages
- exercices et jeux interactifs

Indication :

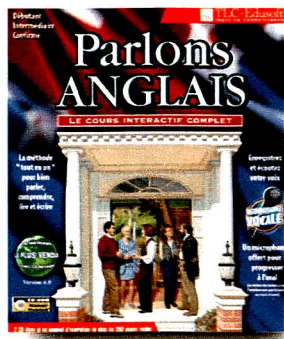
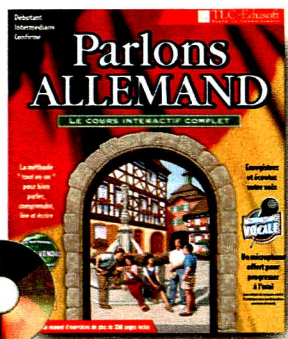
indiqué chez l'adulte et l'adolescent, dans le traitement de carence en langues étrangères.

Posologie :

utilisation à volonté chez le débutant comme chez l'initié.

Prix conseillé : 490 F TTC, un microphone offert*.

Parlons la méthode **tout-en-un** sur deux 2 CD-Rom, conçue pour tous les niveaux.



Compatible PC et Macintosh.

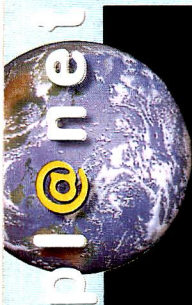
Venez découvrir le monde en ligne de TLC-Edusoft sur <http://www.tlc-edusoft.fr>

Pour recevoir notre catalogue, écrivez-nous à l'adresse suivante :

TLC-Edusoft : 132, bd Camélinat - 92247 Malakoff Cedex



TLC-Edusoft
Toute La Connaissance



Virtuellement humain...

Jeux, cinéma, sécurité, santé : la technologie des humanoïdes virtuels trouve des applications dans tous les domaines.

A condition que ces créatures soient douées d'autonomie et du pouvoir de communiquer.

Face à ce casse-tête, les informaticiens déploient des trésors d'ingéniosité.

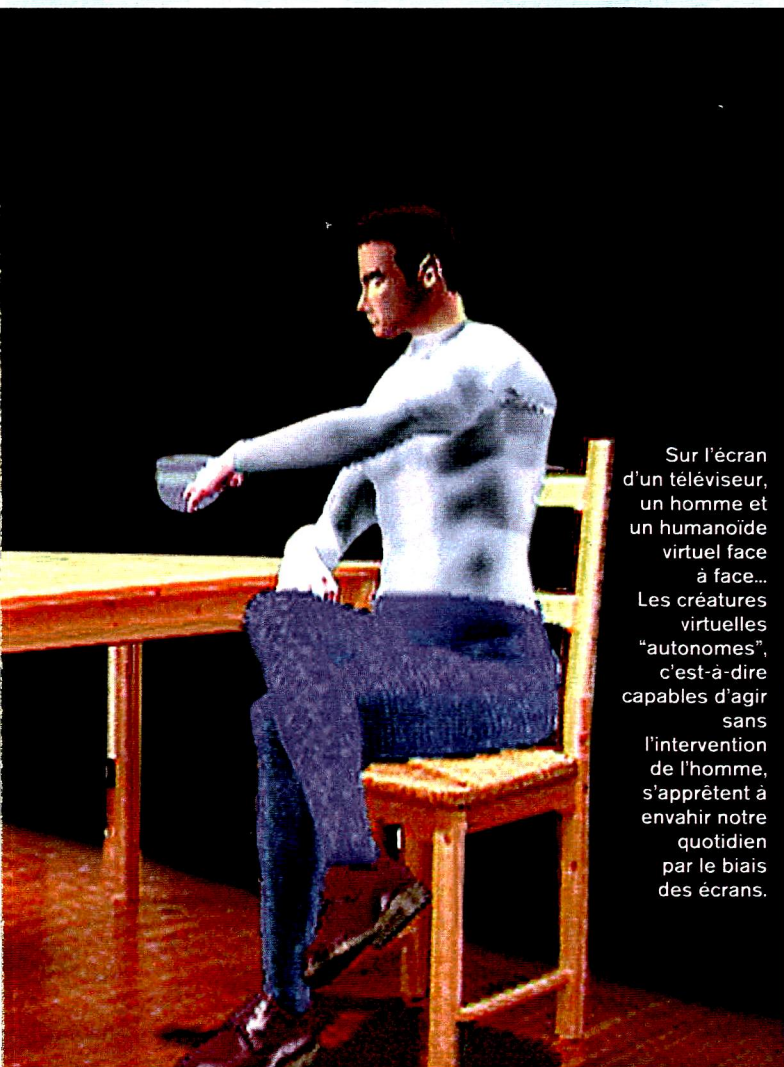


Le vieux rêve de l'humanité, créer un homme, a investi le champ de la réalité virtuelle, espace qui n'existe que sur l'écran de l'ordinateur mais qui simule toutes les caractéristiques des espaces physiques. Les chercheurs en informatique, tels des Dr Frankenstein modernes, enfantent une foule grouillante d'humanoïdes qui tentent désespérément de conquérir leur autonomie. Objectif : fabriquer des compagnons de jeu, des assistants, des acteurs de cinéma, des cobayes, et se rapprocher un peu de l'homme artificiel.

De nombreux industriels s'y intéressent. Thomson-CSF, Matra-Communications, Philips, British Telecom, pour ne citer que les sociétés les plus connues, mais aussi des spécialistes des effets spéciaux, des concepteurs de jeux, des producteurs de télévision..., collaboreront activement à des projets européens concernant les créatures virtuelles, en partenariat avec le Laboratoire d'informatique graphique (LIG) de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (Suisse) (1). Une fois les projets réalisés, les partenaires industriels en seront les premiers utilisateurs.

Des centres médicaux, des hôpitaux et des mairies suivent également de près les progrès de ces petites créatures. Car elles pourraient servir de thérapeutes virtuels pour la rééducation des accidentés, ou bien simuler une foule évoluant dans un centre urbain ou fuyant paniquée l'incendie d'un édifice, et mettre ainsi en évidence des défauts de conception du bâtiment...

.....
(1) Le LIG est l'un des trois laboratoires les plus en pointe dans ce domaine, avec le département de robotique de l'université Stanford (Palo Alto, Californie) et le centre de modélisation et de simulation d'humains de l'université de Pennsylvanie, à Philadelphie.



Sur l'écran d'un téléviseur, un homme et un humanoïde virtuel face à face... Les créatures virtuelles "autonomes", c'est-à-dire capables d'agir sans l'intervention de l'homme, s'apprennent à envahir notre quotidien par le biais des écrans.

DREAM INK

Certes, les créatures virtuelles ne sont pas une nouveauté. Voilà déjà quelque temps que des héros et des héroïnes de ce genre peuplent les jeux vidéo – la plus connue étant Lara Croft (voir Actu Pl@net, p.

miné par le programme qui les pilote. Les humanoïdes numériques qui intéressent les chercheurs en informatique sont fort éloignés de ces pantins : ils peuvent effectuer des tâches de façon autonome,

Les humanoïdes autonomes sont fort éloignés des pantins des jeux vidéo

107). Mais ces personnages n'ont pas d'autonomie. Soit ils sont télé-guidés par le joueur à la manière des voitures télécommandées, soit ils ont un comportement prédéter-

communiquer avec d'autres humanoïdes et même avec des humains. Dans un village virtuel, plein de rues, d'arbres, d'immeubles et d'escaliers, des créatures animées se

rencontrent, se séparent, cherchent leur chemin, évitent les obstacles, comme nous le ferions...

A quoi peuvent-elles servir? L'industrie du jeu y voit un intérêt immédiat : un monde virtuel autonome rendrait les jeux bien plus riches, en nombre de possibilités et en quantité de personnages indépendants pouvant intervenir dans son déroulement (voir photos). Le film d'animation y trouve, lui, un avantage économique : plus besoin de définir "à la main" le comportement et les déplacements de chacun d'entre eux (voir *Science & Vie* n° 975, p. 132). Par exemple, l'ordre "se diriger en foule vers le roi" suffira à déplacer des dizaines, voire des centaines, de figurants virtuels. Mais il y a mieux.

LEUR MÉMOIRE EST PUREMENT VISUELLE

Dans les films interprétés par des acteurs en chair et en os, les humanoïdes autonomes pourront bientôt participer aux scènes de multitude... Déjà, dans certaines scènes de *Titanic*, des personnes de la foule étaient en réalité des humanoïdes, cependant non autonomes. Mais c'est l'amorce d'un phénomène qui va se généraliser.

Comme pour l'homme, la condition primordiale de l'autonomie d'une créature virtuelle, c'est qu'elle soit dotée de certains sens qui lui permettent de connaître et d'évaluer le monde (virtuel) qui l'entoure pour prendre des décisions. On l'équipe donc de trois des cinq sens humains : la vision, l'audition et le toucher.

Comment peut-on parler de personnages doués de sens, alors que ce sont seulement des programmes informatiques qui s'exécutent sur l'écran de l'ordinateur? C'est le grand paradoxe de la réalité virtuelle. Le programme informatique qui définit le village virtuel et celui qui façonne le personnage se co-



toient dans le même micro-processeur, mais les informaticiens ont pris le parti de dresser des frontières entre les deux programmes : le programme de la créature ne peut accéder aux données qui spécifient la structure du village. La vision lui est alors nécessaire : en termes informatiques, voir signifie acquérir une parcelle des données de la structure du village. Ces données, le personnage les réduira à leur plus stricte expression. Par exemple, quand il se trouve à 3 m d'un arbre, il extrait de son environnement l'information suivante : "arbre, 3 m", où "arbre" et "3 m" sont des catégories qu'il connaît car elles ont été spécifiées par le programmeur.

Si l'informaticien a doté son uni-



Des créatures virtuelles, non autonomes, ont déjà été utilisées pour figurer dans certaines scènes de foule "lointaine" du film *Titanic*.

parcourt le son jusqu'à la créature.

Enfin, le toucher, qui fait appel aux programmes informatiques qui simulent les collisions entre surfaces, empêche qu'un humanoïde distrait ne traverse une cloison

plir les mille et une actions qu'implique la vie dans une cité : s'orienter, monter un escaliers, prendre un ascenseur... Ne serions-nous pas complètement perdus sans notre savoir-faire et notre mémoire? Le savoir-faire, l'ensemble des connaissances empiriques que possède un individu, le dispense de redécouvrir comment fonctionne, par exemple, un ascenseur, chaque fois qu'il doit s'en servir. La mémoire des formes et des structures – pour ne parler que de celle-là – l'aide à s'orienter dans une ville qu'il connaît.

Des créatures dépourvues de savoir-faire et de mémoire, ou du moins d'un semblant, d'une simulation de ces aptitudes humaines, ne sauraient décemment être qualifiées d'humanoïdes autonomes. Hélas, l'homme ignore encore beaucoup de choses sur lui-même. Le fonctionnement de la mémoire est l'un des mystères qui intriguent le plus les biologistes, les cognitivistes et les psychologues. C'est pourquoi les informaticiens se servent de modèles extrêmement simplifiés

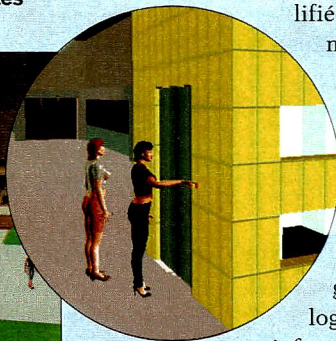
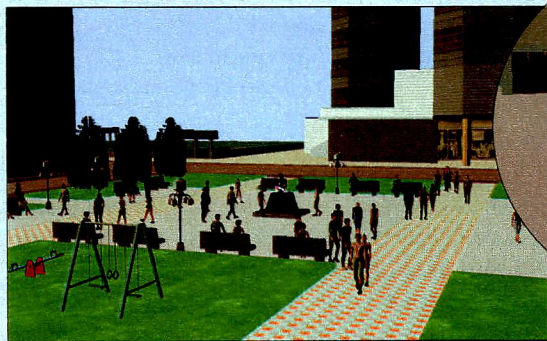
Des créatures autonomes qui possèdent un savoir-faire

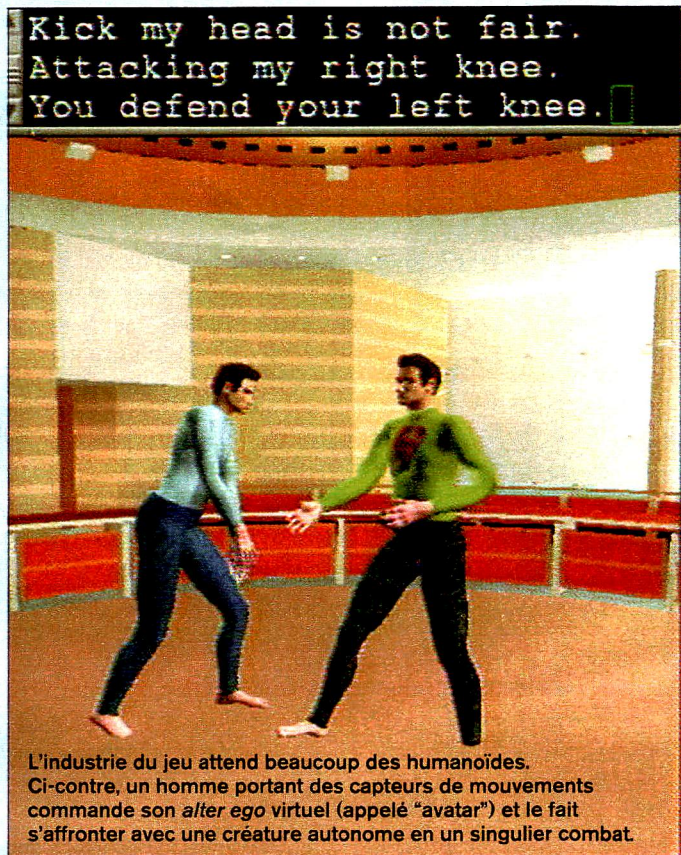
vers virtuel de bruits (réels ou virtuels eux aussi), l'audition fonctionnera de la même manière que la vision. Le programme traitera le bruit comme deux informations simples : sa nature (par exemple, bruit de voiture) et la distance que

à la manière d'un passe-muraille. Cette faculté lui permet aussi de "toucher" l'un de ses semblables.

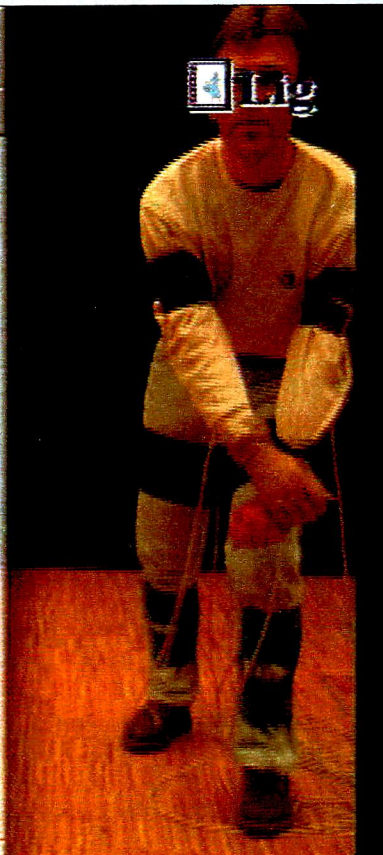
Mais rien jusque-là ne justifie le terme "autonome". Car voir, entendre et toucher ce qui se trouve à proximité ne suffit pas à accom-

A Lausanne (Suisse), les chercheurs construisent un village virtuel d'humanoïdes autonomes qui apprennent les gestes quotidiens, comme celui d'appeler un ascenseur.





L'industrie du jeu attend beaucoup des humanoïdes. Ci-contre, un homme portant des capteurs de mouvements commande son alter ego virtuel (appelé "avatar") et le fait s'affronter avec une créature autonome en un singulier combat.



ILLUSTRATIONS : LIGEPPE LAUSANNE

et arbitraires pour concevoir la mémoire de leurs créatures.

La mémoire qu'ils leur ont donnée est purement visuelle. Au fur et à mesure que l'humanoïde se déplace, il construit un plan "mental" simplifié de ce qu'il voit (stocké sous forme de données informatiques). Chaque objet (mur, banc, etc.) est remplacé par un ensemble de cubes – figures dont les caractéristiques géométriques

sont très simples et qui occupent donc très peu de place dans la mémoire de l'ordinateur – qui délimite grossièrement l'espace et la position de l'objet.

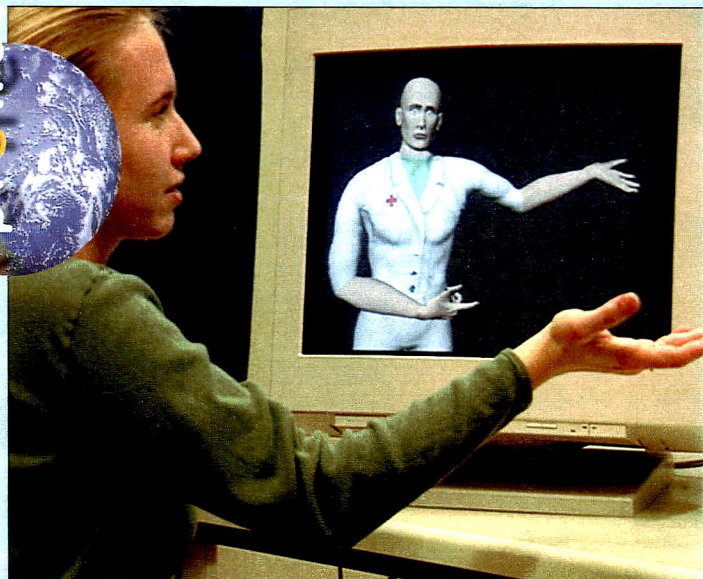
Les objets en mouvement (autres humanoïdes, ouverture ou fermeture d'une porte, etc.) sont repérés de la même manière. A ceci près : chaque fois que l'humanoïde aperçoit le changement de position de l'objet, il rafraîchit sa mémoire en

effaçant les cubes qui délimitaient l'ancienne position et en en plaçant de nouveaux à l'endroit où se trouve alors l'objet.

En ce qui concerne le savoir-faire (ouvrir ou fermer une porte, appeler un ascenseur, monter ou descendre un escalier), la solution communément adoptée ne ressemble en rien à ce qui caractérise nos connaissances pratiques. Il est impensable de charger le program-

Les chercheurs tentent aussi de faire communiquer entre elles les créatures. Ci-dessous, un leader rassemble une foule en communiquant par gestes.





Ici, un thérapeute virtuel aide un patient à rééduquer son bras accidenté. Grâce à une caméra, l'humanoïde suit les mouvements de son patient et peut le reprendre si celui-ci exécute mal le mouvement.

nants... que l'industrie suit avec attention.

Comment les humanoïdes virtuels communiquent-ils entre eux ? Au LIG, on étudie avant tout l'aspect "affectif" de la communication entre créatures virtuelles. A l'approche d'un autre, chaque personnage réagira selon les sentiments que celui-ci lui inspire (et qui ont été préétablis par le programmeur). Cela peut aller de l'attraction – les deux créatures restent proches – au rejet pur et simple – le personnage se détourne du nouveau venu. Chaque sentiment englobe un ensemble d'attitudes physiques, préétablies elles aussi. Le personnage qui ne veut pas communiquer présentera un dos courbé, une démarche lente et ignorera la présence de l'autre. Deux humanoïdes qui communiquent le font par des gestes (on évite ainsi d'introduire la complexité des communications verbales) qui montrent leur plus ou moins grande envie de dialoguer.

Mais, selon l'attitude de son partenaire, le sentiment d'un humanoïde peut changer au cours de la rencontre. Dans une expérience menée par Daniel Thalmann, directeur du LIG, on assiste à la rencontre de quelques humanoïdes,



Grâce à l'ajout de "sentiments" dans leurs programmes, les humanoïdes développent des comportements sociaux qui vont de l'attachement à la répulsion.

me de chaque humanoïde avec les actions simples qu'il doit savoir accomplir. La présence de quelques dizaines de créatures alourdirait tant les calculs que l'ordinateur se bloquerait.

C'est pourquoi les informaticiens ont décidé d'attribuer aux objets eux-mêmes les connaissances nécessaires à leur usage. Ainsi, quand une créature doit monter dans un

toucher, l'audition, la mémoire et le savoir-faire, les chercheurs ont créé les conditions de l'autonomie. Une créature à qui l'on ordonne de se rendre à la gare du village pourra chercher les panneaux indicateurs, ouvrir les portes, éviter les autres créatures du village, enfin arriver à bon port, non sans avoir mémorisé son trajet, afin de gagner du temps la fois suivante.

Si on leur ouvre la porte de la Toile, ils viendront jouer avec nous

ascenseur au premier étage d'un immeuble, ce qu'elle sait *a priori*, c'est qu'elle doit se rendre près de la porte de l'ascenseur. Une fois qu'elle s'y trouve, le programme qui pilote l'ascenseur informera celui de l'humanoïde des actions à effectuer pour s'en servir : appuyer sur le bouton pour appeler l'ascenseur, entrer dans la cabine, appuyer sur le bouton correspondant à l'étage de destination, etc. Le savoir-faire n'est donc mémorisé qu'une fois par l'ordinateur...

A l'aide de ces quelques attributs, relativement simples, la vision, le

Mais de telles créatures ne sont-elles pas vouées à déambuler éternellement sans s'apercevoir de la présence des autres autrement que pour éviter de se cogner à elles ? En effet, dans une ville, il ne suffit pas de voir, d'entendre, etc. Il faut pouvoir "communiquer" avec ses semblables.

Bien entendu, la communication humaine (et animale) est si complexe que les informaticiens sont contraints de s'appuyer là aussi sur des modèles extrêmement simplifiés. Il n'empêche que ces modèles conduisent à des résultats éton-

Autonomes et "sensibles", les créatures vont évoluer ensemble, simulant, par exemple, le comportement des individus dans une gare. Ce type de simulation sera très utile aux architectes, aux pompiers, aux services de sécurité, etc., pour prévoir les réactions d'une foule dans une situation extrême.

ARRIVALS

DEPARTURES

ILLUSTRATIONS : LIG/EPFL LAUSANNE

chacun ayant un état d'esprit défini au départ. Au fil des rencontres, des liens se nouent, se défont, les états affectifs évoluent. Le nombre d'états possibles est fixé par le chercheur, ainsi que l'état initial de chaque créature. Mais ensuite le tableau évolue. Le nombre immense d'interactions possibles entre tous les personnages rend cette évolution imprévisible.

La communication peut aussi s'établir entre un humanoïde et un homme. Les applications sont immédiates. Avec des hôpitaux et des centres médicaux, le LIG travaille à un projet européen de thérapeute virtuel dans lequel une créature aide un humain à rééduquer un membre malade. L'humanoïde suit les mouvements de son patient grâce à une caméra et à un programme de reconnaissance du mouvement. Si le patient exécute mal son geste, la créature le corrige jusqu'à ce qu'il s'y prenne bien. De leur côté, les producteurs de télévision voient dans la technologie des humanoïdes autonomes et "communicants" la possibilité de réaliser des spectacles où se mêleraient hommes et créatures virtuelles.

Mais la communication entre deux ou trois personnes n'est que l'un des processus sociaux. Il y a aussi le comportement d'une foule. La foule n'est pas seulement une somme d'individus, elle est aussi composée de sous-groupes qui ont des motivations communes : aller

au restaurant, faire des courses... L'industrie du bâtiment, les services d'urgence des hôpitaux, les pompiers sont des utilisateurs potentiels des programmes de foule virtuelle. Pour savoir, par exemple, si l'architecte a bien conçu la structure d'un centre commercial, il ne suffit pas qu'elle soit cohérente sur le papier, il faut aussi que les clients puissent circuler facilement. La simulation d'une foule de créatures virtuelles dans un bâtiment peut dévoiler des problèmes (goulets d'étranglement, formation de queues...) que l'architecte ou le responsable de la sécurité n'a pas prévus.

Dans le village virtuel bâti par l'équipe de Daniel Thalmann, on est en train de simuler un rassemblement : autour du leader, un petit noyau d'individus s'élargit par l'irruption de nouveaux venus. Bientôt, ils iront découvrir de nouveaux lieux virtuels. Et, pour peu qu'on leur ouvre la porte du réseau des réseaux, ils viendront jouer avec nous ou nous assister dans nos activités...





Observatoires portes ouvertes

Pour admirer les objets célestes, les astronomes amateurs peuvent désormais se dispenser de se rendre dans les observatoires. Internet met à leur disposition les plus grands instruments de la planète.



Le 4 juillet 1997, au moment où le robot Sojourner envoyait aux scientifiques de la NASA les premières images de la planète Mars, les internautes assistaient à l'événement en direct sur le réseau. Aujourd'hui, les plus

(<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/astropix.html>). Chaque jour, depuis 1995, un astronome professionnel explique une image de l'Univers. On y trouve les neuf planètes du système solaire, les galaxies les plus lointaines, ainsi que les technologies spatiales, (télescopes, fusées, etc.).

L'origine des images est systématiquement mentionnée; une grande majorité d'entre elles provient des télescopes optiques terrestres.

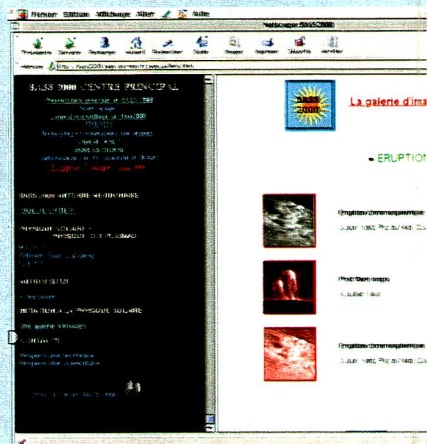
On remarque toutefois sans plaisir que les observatoires français sont rarement cités. Pourtant, à l'instar de celui de Haute-Provence (<http://www.obs-hp.fr/>), ils sont parfois à la source de découvertes majeures. Ainsi, après un an d'observa-

L'astronomie vulgarisée au jour le jour : trois ans d'archives à "feuilleter" à l'écran.

importantes découvertes en astronomie sont diffusées simultanément sur Internet.

Parmi les nombreux sites de vulgarisation de la science des astres, on retiendra celui de la NASA, Astronomy Picture of the Day

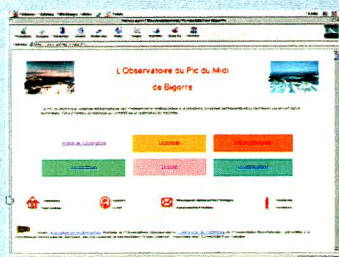
tions, les astronomes suisses Michel Mayor et Didier Queloz ont-ils annoncé, le 6 octobre 1995, la découverte de 51 Pegasi, première planète extra-solaire (0,5 fois la masse de Jupiter) en orbite autour d'une étoile semblable à notre Soleil. Les internautes pourront lire en détail ce travail de recherche, ainsi que les études sur les deux autres exoplanètes vues pour la



Spectacle d'éruptions solaires en ligne sur BASS 2000.

première fois à l'observatoire, Gliese 876 et 14 Her.

Situé à 2 877 m dans la chaîne pyrénéenne, celui du Pic-du-Midi s'intéresse plus particulièrement



L'observatoire du Pic du Midi va s'ouvrir au tourisme pour financer son fonctionnement. Détails de cette restructuration sur le serveur.

au Soleil. Sur son site (<http://www.omp.obs-mip.fr/omp/Pic/>), on apprend que la coupole Toulle contient une lunette de 50 cm équipée de nombreux instruments grâce auxquels on étudie la surface du Soleil, la photo-

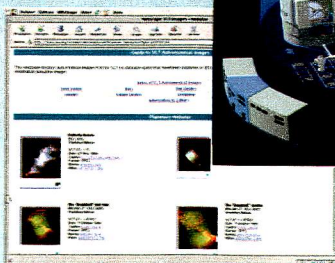
sphère et la chromosphère. Mais, si le serveur vante la qualité des images, il n'en présente aucune.

Pour les admirer, il faut se rendre sur BASS 2000 – Base de données solaires 2000 (<http://bass2000.bagn.obs-mip.fr/>). Cette adresse a pour principale vocation de constituer un catalogue d'images consultables en ligne. Les visiteurs y trouveront de spectaculaires photos d'éruptions solaires ou de protubérances éruptives (projection de matière de courte durée qui accompagne les éruptions du Soleil).

A l'heure actuelle, le gouvernement français délaisse financièrement les observatoires installés sur le territoire national pour investir dans de grands télescopes internationaux, tels que le Very Large Telescope, (VLT, très grand télescope) européen construit au Chili (<http://www.eso.org/paranal/>). En 2001, ce sera le plus grand observatoire du monde.

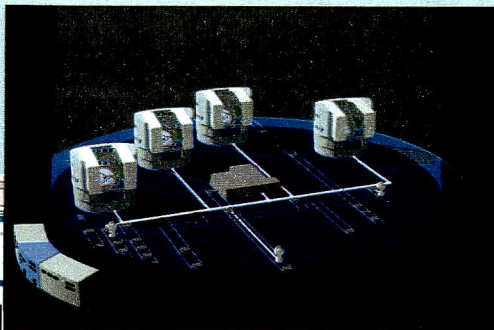
Sur le serveur, les amateurs découvriront cinquante images – de Jupiter, d'amas stellaires, de quasars, etc. – prises par le premier télescope du VLT, en service depuis mai dernier. Les internautes

Le futur plus grand observatoire du monde dévoile les premières images prises par VLT UT1.



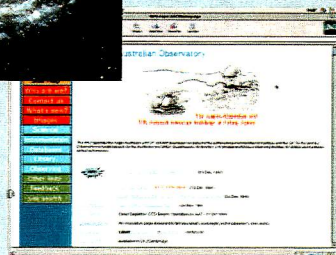
se familiariseront aussi avec ses sept instruments ou avec la technique de l'interférométrie : les faisceaux couplés des sept télescopes permettront d'obtenir des images semblables à celles d'un seul instrument d'un diamètre équivalant à la distance qui sépare les télescopes, soit 130 m.

Pour l'heure, le Keck américain, à Hawaii, est le plus grand observatoire au sol. Si son serveur (<http://www2.keck.hawaii.edu:3636/>) annonce fièrement que les deux télescopes de 10 m de diamètre explorent les régions les plus profondes de l'Univers, il ne montre qu'une dizaine d'images



prises par les instruments. Cette adresse est plutôt destinée aux astronomes professionnels : elle présente le planning d'utilisation des instruments pour 1999, les projets

Pour ouvrir la science des astres aux internautes, l'observatoire anglo-australien propose 200 photos astronomiques accompagnées d'une légende didactique.

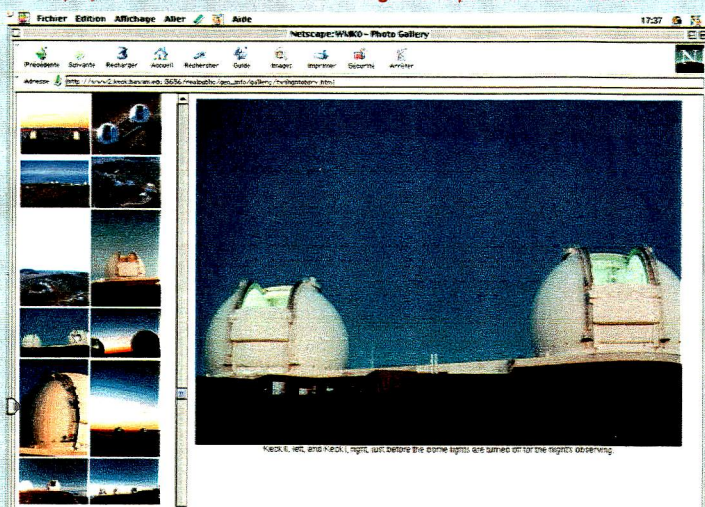


d'interférométrie, des propositions d'emploi, etc.

A l'opposé, le site de l'observatoire anglo-australien, à Coonabarabran, en Australie (<http://www.aao.gov.au/>), vaut le détour pour sa galerie d'images astronomiques. Plus de deux cents vues sont classées par thème : galaxies, nébuleuses, supernovæ, étoiles, etc.

Quant au précieux serveur Astroweb, créé par un consortium regroupant six pays (Allemagne, Argentine, Australie, Espagne, Etats-Unis, France), (<http://cdsweb.u-strasbg.fr/astroweb.html>), c'est un répertoire qui recense plus de 2 000 adresses dévoilant tous les secrets de l'Univers.

La galerie d'images montrant les télescopes du Keck est plus riche que celle qui présente les observations enregistrées par les instruments.





Une formation complémentaire pour les fanatiques de la croisière.

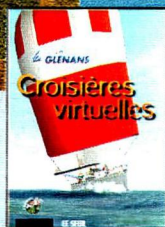


A la manœuvre!

CROISIÈRES VIRTUELLES

Voici la suite tant désirée du CD-Rom d'initiation à la navigation virtuelle de la célèbre école de voile des Glénans. Cette fois, on suppose que vous avez assimilé toutes

les techniques et que vous vous lancez dans la croisière. Plusieurs niveaux sont accessibles. A vous donc de régler le bateau et d'effectuer les manœuvres. Toutes les péripéties d'une croisière sont au rendez-vous : VHF en panne,



mal de mer, coup de mer non prévu par la météo, divers ennuis techniques qui nécessitent des réponses appropriées à trouver dans l'ouvrage.

Une "palette de circulation" très pratique permet de passer d'une partie du CD-Rom à l'autre pour résoudre les difficultés. L'aspect de jeu n'a certes pas été oublié, mais l'objet majeur de cette croisière virtuelle est très sérieux et nécessite l'assimilation d'une bonne dose de technicité. Ne nous en plaignons pas : c'est sa fonction. Pour les mordus de la mer.

.....
Seuil Multimédia, 349 F (pour PC).

Pilotes de guerre

COMBAT FLIGHT SIMULATOR Série Europe 39-45

Longtemps attendue, cette extension du fameux logiciel *Flight Simulator 98* étonne par ses grandes qualités graphiques et la fluidité de ses mouvements. Le jeu (mais n'est-ce vraiment qu'un jeu?) offre une sélection des plus célèbres avions de la dernière guerre : P-51 Mustang, Spitfire, P-A47D Thunderbolt, Messerschmitt 109E, etc. Innovation : on peut non seulement combattre un avion "pilote" par l'ordinateur, mais aussi se mesurer à des

adversaires du monde entier sur d'autres sites d'Internet.

Le graphisme, en 3D, des avions et de leurs postes de pilotage est particulièrement soigné. Les paysages du théâtre d'opérations européen au-dessus desquels volent les chasseurs sont d'une finesse extraordinaire. Enfin, la météorologie et l'heure de vol sont programmables. Que dire de plus, sinon qu'il s'agit de l'un des meilleurs logiciels de simulation de vol du moment.

Graphisme soigné pour ces avions d'une autre époque.



logie et l'heure de vol sont programmables. Que dire de plus, sinon qu'il s'agit de l'un des meilleurs logiciels de simulation de vol du moment.

.....
Microsoft, 349 F (pour PC).

Des bijoux dans

WORKS SUITE 99

C'est une bonne idée de commercialiser dans un seul coffret six logiciels utilitaires, tous fameux, *Works 4,5*, *Word 97*, *Atlas mondial Encarta 99*, *Autoroute Express*, *Picture it 99* et *Money 99*. Ils trouvent parfaitement leur place au sein de la famille : *Works 4,5* sert de base de données, d'organisation et de communication. *Word 97* est sans conteste le trai-

Sur les traces des hommes blêmes

Océanie Les grands découvreurs du Pacifique

C'est à une plongée dans l'univers des grandes découvertes que nous invite ce CD-Rom. La bonne idée est de faire raconter la conquête du Pacifique, dans la seconde moitié du XVIII^e siècle, par les Océaniens eux-mêmes : des incantations proférées par un mystérieux ancêtre témoigne de



l'arrivée sur leurs îles des hommes blêmes.

Mais on a aussi la version occi-

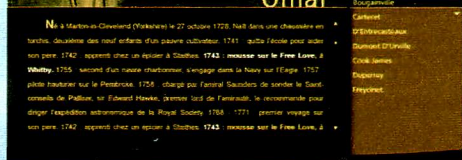
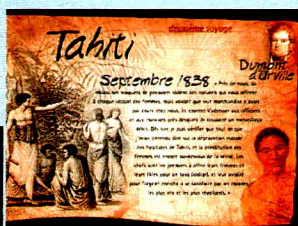
dentale des découvertes grâce aux extraits extraordinairement précis des journaux de bord des La Pérouse, Cook, Bougainville et autres. Aucun aspect matériel, spirituel, sociétal ou rituel des civilisations océaniques n'est négligé.

Un CD-Rom passionnant sur le fond, mais un peu décevant sur la forme : il se sert trop du principe des

fiches, à la manière d'un livre : pourquoi les techniques de l'interactivité multimédia n'ont-elles pas été plus systématiquement mises à profit ?

.....
Index +, 349 F.

La conquête de l'Océanie racontée par les autochtones et les découvreurs.



le coffret



tement de texte le plus utilisé dans le monde, et le plus pratique. Pour l'Atlas Encarta, inutile de préciser l'intérêt d'un atlas consultable

à chaque instant, dont on peut rattrapper les articles dans Word 97. Autoroute Express vous aide à préparer les itinéraires de vos ran-

données. Capable de traiter, voire de retoucher les photographies, Picture it 99 permet d'éditer des cartes illustrées. On ne présente plus Money : la gestion financière peut désormais se faire sur ordinateur, même si son apprentissage demande un certain temps.

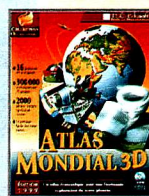
Chaque programme est compatible avec ses voisins. Un bon outil familial.

.....
Microsoft, 990 F (pour PC).

NOUS AVONS AIMÉ ENCYCLOPÉDIE GÉNÉRALE 1999

ATLAS MONDIAL 3D 1999

Arrivés trop tard pour figurer dans la présentation des encyclopédies de notre numéro de décembre dernier (p. 140),



ces deux CD-Rom y avaient pourtant leur place.

L'encyclopédie (6 millions de mots, 70 000 articles!) est entièrement en

hypertexte. On peut y entrer de plusieurs façons : par thème, par ordre alphabétique, par média et par recherche "multicritère". Sans parler des dictionnaires et des "spectacles multimédia"... L'atlas, avec ses seize globes terrestres en 3D et ses 2 000 photos satellite offre une vision inégalée de notre planète. On peut constituer ses propres dossiers et actualiser l'atlas sur Internet.

.....
TLC/Edusoft, 199 F et 249 F (pour PC).

L'ALBUM SECRET DE L'ONCLE ERNEST

Un "moteur" qui fait appel aux algorithmes de l'intelligence artificielle, basé sur l'aléatoire et la combinatoire, permet aux enfants à partir de 7 ans de rechercher le trésor de l'oncle Ernest dans un album peuplé de machines bizarres et d'animaux. Une occasion d'accroître ses connaissances en sciences naturelles et de structurer un raisonnement logique.

.....
Emme-Interactive, 249 F (pour Mac et PC).





Tout Windows en quelques mots

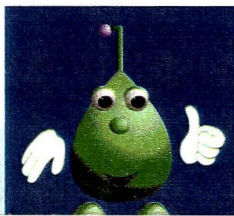
Spécialiste de la reconnaissance vocale professionnelle, notamment dans le domaine médical, Philips a adapté son savoir-faire au PC. Ainsi le logiciel FreeSpeech 98 donne accès à toutes les fonctions de Windows et des logiciels par simple énoncé de la fonction souhaitée. On peut également "dicter" un texte, en modifier le contenu ou déplacer des paragraphes sans avoir recours ni au clavier ni à la souris. Grâce à son

dictionnaire de 370 000 mots, FreeSpeech reconnaît les mots et les liaisons du langage naturel : nul besoin de "hacher" la diction. Enfin, pour accroître l'ergonomie de son logiciel, Philips propose de lui adjoindre un accessoire, le SpeechMike, qui regroupe un micro, un haut-parleur et un trackball ("bille" de commande du curseur) se substituant à la souris. Prix : 299 F le logiciel; 749 F avec le SpeechMike.

Le cybermonde à la carte

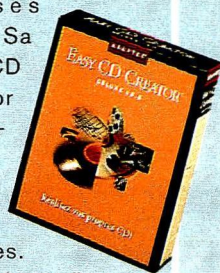
Aujourd'hui, Internet attire et préoccupe de nombreuses familles : quel ordinateur choisir, comment s'abonner, combien coûte la connexion, etc. C'est pour répondre à toutes ces questions que la société Galaxy présente le Pack Walawa. Il s'agit d'un abonnement mensuel qui inclut un ordinateur multimédia muni de Win-

dows 98, un CD-Rom d'initiation à Internet, un accès illimité et trente-quatre logiciels pratiques. Ce pack se décline en trois formules. L'offre de base coûte 399 F par mois. Pour 540 F mensuels, l'ordinateur est plus puissant et comprend un lecteur de DVD. La version professionnelle (726 F par mois) fournit un ordinateur haut de gamme.



SAUVEZ VOS VINYLES

Nos bons vieux disques en vinyle étaient bien sensibles aux outrages du temps. Rayures et usure avaient tôt fait d'affecter leur qualité sonore. Easy CD Creator d'Adaptect permet de les restaurer tout en les transférant sur un disque compact. Ce logiciel de traitement du son offre de nombreuses possibilités. Sa "section" CD Spin Doctor élimine automatiquement les craquements et les effets des rayures. D'autres extensions, telles que Sound Morph, Metalizer, GenderBlender ou Reverb, offrent une large palette d'effets. Prix : 690 F.



Echange standard

Le lecteur DVD DRD-841B de Goldstar peut se substituer au lecteur de CD-Rom de tout micro-ordinateur pour lire ces derniers à la vitesse de 32X. La lecture des DVD se déroule, quant à elle, à la vitesse de 4X. Le DRD-841B n'inclut toutefois pas de carte de décompression MPEG-2, indispensable à la lecture des films DVD. Prix : 1 190 F.



- 12000 articles en texte intégral
- 4000 illustrations
- 360 auteurs
- 885 catégories

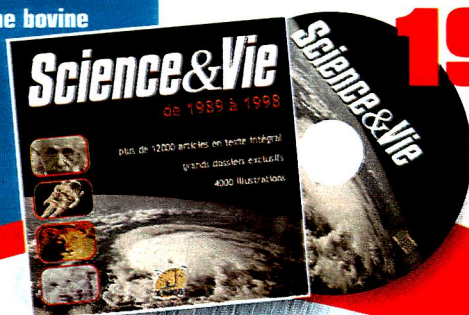
Recherche sur le cancer
Planètes extra-solaires
Conquête de Mars
Trafics alimentaires
Risques nucléaires
Destruction de l'environnement
Organismes Génétiquement Modifiés
Sang contaminé, Sida
Hormone de croissance
Encéphalite spongiforme bovine
Homéopathie
etc.

Revivez toute l'actualité scientifique de 1989 à 1998 à travers le **CD-ROM** des 10 ans d'archives de **Science & Vie**

**OFFRE
SPÉCIALE**

à partir de

199 francs seulement*



à compléter puis à retourner,
accompagné de votre règlement à l'adresse suivante :

- Pour l'Europe à SCIENCE & VIE - Service VPC
1, rue du Colonel-Pierre-Avia 75503 Paris Cedex 15 - France.
- Pour le continent américain à DE MARQUE
917 mgr Grandin, bureau 200, Sainte-Foy (Québec) Canada G1V 3X8

OUI je vous commande en exclusivité le CD-Rom des 10 ans d'archives de SCIENCE & VIE
(cochez la formule retenue ci-dessous)

- ☐ Je suis déjà abonné (e) à SCIENCE & VIE, et je bénéficie donc du tarif de 199 francs ttc qui m'est réservé (50,50 \$ canadiens pour le continent américain)
- ☐ Je ne suis pas encore abonné (e) à SCIENCE & VIE. J'ai bien noté que le CD-Rom des 10 ans de SCIENCE & VIE me coûtera la somme de 249 francs ttc (63,20 \$ canadiens pour le continent américain)

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

• Je vous adresse mon règlement, libellé à SCIENCE & VIE pour l'Europe ou bien libellé à DE MARQUE pour le continent américain (**):

☐ chèque postal ☐ carte bancaire N° _____

Expire le : _____

Date et signature obligatoires

(*) le tarif normal de vente du CD-Rom est de 249 francs. Le tarif préférentiel de 199 francs est réservé aux seules personnes déjà abonnées à SCIENCE & VIE. (**) achats et livraisons dans le reste du monde, nous consulter au 33.1.46.48.47.17. Configurations requises : PC 486 (Pentium recommandé) - lecteur CD 8 Mo de RAM - Windows 3.1 ou ultérieur. Macintosh - lecteur CD 12 Mo de RAM (16 recommandé) - Mac OS 7 ou ultérieur.

Attention : la présente offre est limitée aux seuls stocks existants de CD-Rom. Offre valable jusqu'au 28/02/1999. Conformément à la Loi Informatique et Libertés du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données personnelles vous concernant contenues dans nos systèmes informatiques. Les renseignements que nous vous demandons sont nécessaires au traitement de votre commande. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amenés à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous le signaler en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et si possible votre numéro d'abonné. Le présent CD-Rom contient les articles parus dans SCIENCE & VIE entre 1989 et 1998. La responsabilité de l'éditeur du magazine se limite à la livraison en Europe du CD-Rom. Le service après vente du CD-Rom est assuré pour le continent américain par DE MARQUE - Téléphone : (418) 658.9143. Pour l'Europe par MONTARNASSE MULTIMÉDIA - Téléphone : 33.1.47.03.69.17. Délais de livraison : 4 semaines. La souscription à cette offre implique l'acceptation de tous ses termes.


Bon de commande



consoplanet




Imprimante instantanée

 Elle tient peu de place sur le bureau (14,5 x 21,6 x 4,1 cm) et elle imprime en quinze secondes. La ColorShot de Polaroid est à l'heure actuelle l'imprimante la plus petite et la plus rapide. Elle se connecte au port parallèle de l'ordinateur. Une version en port USB est également disponible. D'une grande facilité d'utilisation, elle donne des

tirages Polaroid d'une qualité équivalente à celle des appareils instantanés et au même format (9 x 7,3 cm). Avec un avantage par rapport au papier d'imprimante couleur, la longévité du support Polaroid, et deux inconvénients, le format invariable et le coût du tirage (10 F). Elle est livrée avec un logiciel de traitement d'image. Prix : 1 995 F.

Pixels d'argent

 Chez Agfa, l'ePhoto 1680 succède au très remarqué ePhoto 1280, sorti l'année dernière. La forme de l'appareil est identique, seule la couleur a changé pour devenir argentée. On retrouve donc cette curieuse ergonomie qui enchante les uns et rebute les autres : un

boîtier plat avec un objectif qui peut s'incliner de 280°. Très astucieusement, le flash est solidaire de l'objectif. On regrette que cet appareil – qui détient l'un des meilleurs rapports qualité/prix – soit démuné de viseur optique, ce qui oblige à cadrer l'image sur l'écran à cristaux liquides, entraînant une forte consommation d'énergie. Mais il est livré avec un chargeur de piles qui remédie, en partie, à cet inconvénient. A noter que la résolution maximale (1600 x 1200 pixels) est obtenue par interpolation. Prix : 5 990 F.



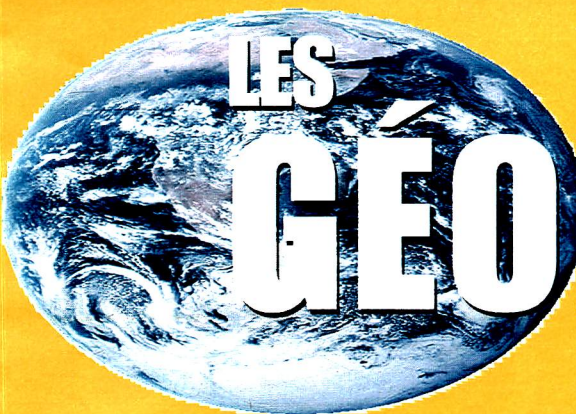
PASSAGE SANS SOUCI

■ Pour de nombreux ordinateurs, le passage de l'an 2000 risque d'être délicat. Pour les aider, Diamond Network Technology suggère de les équiper de la carte Y2K. Ce module électronique s'insère dans la machine et se substitue à l'"horloge" d'origine. Prix : 600 F.

Caméscope tactile

 Précurseur dans le domaine des écrans à cristaux liquides, la société Sharp commercialise aujourd'hui le caméscope numérique VL-PD 1, premier caméscope qui comporte un viseur couleur et un écran à cristaux liquides tactiles de 4 pouces (10,5 cm). Outre sa fonction première, qui consiste à cadrer ou visualiser les images, l'écran remplace les divers boutons et molettes que l'on trouve sur ce genre d'appareil. Il suffit d'effleurer les touches des fonctions sur l'écran pour les activer. On peut ainsi déclencher le zoom, commander l'avance ou le retour rapides, la balance des blancs, etc. Il dispose d'un zoom optique x 10 et d'un zoom numérique x 40 et bénéficie d'une grande autonomie (2 heures et demie). Son capteur 1/3 de pouce a une sensibilité de 770 000 pixels. Un appareil séduisant, mais un peu bruyant. Prix : 13 000 F.





LES GÉOPHILES

4^e ÉDITION

SCIENCE & VIE
JUNIOR 

**PARTICIPEZ
AU GRAND CONCOURS
DE GÉOGRAPHIE**

LE JEUDI 25 MARS 1999

Clôture des inscriptions le 23 février 1999



C'EST QUOI ?

- Un jeu-concours de géographie
- Pour tous les collégiens de France métropolitaine
- 200 000 collégiens ont joué le jeu en 98
- Les professeurs de géographie inscrivent leurs élèves
- Une récompense pour chaque participant, quel que soit son résultat

Pour tout renseignement sur les inscriptions :
Les GÉOPHILES de SCIENCE & VIE JUNIOR
5, rue Jean Grandel
95 109 Argenteuil Cedex
Tél. : 01 39 98 06 33 - Fax : 01 39 81 50 81

Ecrivez-nous pour recevoir les annales des
GÉOPHILES de SCIENCE & VIE JUNIOR
Retrouvez-nous sur le 3615 GÉOPHILES, 2,23F/min

Pour tout autre renseignement :
Les GÉOPHILES de SCIENCE & VIE JUNIOR
Sandra KLEIN
1, rue du Colonel Pierre Avia
75 503 Paris cedex 15
Tél. : 01 46 48 48 30
Fax : 01 46 48 49 39



Avec le soutien de
l'Inspection générale
du ministère de l'Éducation nationale



Il était le fils son frère

Londres, 2044, deux amis d'enfance se retrouvent. Chacun a connu une bien étrange histoire. Pour sauver son frère aîné, atteint de leucémie, Christopher a été conçu par clonage. Quant à John, il ressemble étrangement à un célèbre comédien de la génération précédente...

«**C**a alors, Marrow, qu'est-ce que tu fais ici ?
- J'attends l'Urbo-Speed, comme toi. Ça fait un moment, dis donc !

- Oh, oui ! dit le Pr John Segg. Ça devait être aux dix ans de la promo, à Exeter. T'as pas changé, tu sais. Tu habites le quartier ?

- Non, j'ai un client à deux rues d'ici. Je suis dans la réassurance. Et toi, toujours dans la médecine ?

- Oui, je suis gynécologue au Charing Cross Hospital, juste à côté.»

L'hydroglisseur londonien, qui reliait Woolwich Barrage à Teddington Lock, accosta. A peine vidé de ses passagers, il se rem-

plit aussitôt, embarquant les deux anciens camarades, et repartit à plus de 200 km/h sur l'eau grise de la Tamise.

Toujours aussi bavard, ce Christopher Marrow ! pensa le Pr John Segg. Et pendant que son ami d'enfance lui dressait la liste de tous les membres de la promotion 2024 qu'il avait revus ces dernières années, son esprit se mit à flotter dans le souvenir d'une matinée lointaine. Une matinée qui avait pour ainsi dire changé le cours de sa vie.

Rien d'extraordinaire au demeurant. Une journée comme les autres à la Kingston Grammar School. Une classe d'anglais, en sixième ou en cinquième. Mrs Le-

wis rendait des rédactions, en commençant par les meilleures comme à son habitude. Le sujet n'avait rien d'exceptionnel, lui non plus : «Faites le récit d'un acte de générosité remarquable.» A la surprise générale, elle annonça qu'elle souhaitait que le premier lise son devoir tant il l'avait émue. Il était signé Marrow, lui qui n'avait pourtant jamais brillé en anglais. Dans la classe, les derniers bavardages ne tardèrent pas à se dissiper au fil de son histoire.

Excellent élève, brillant joueur de cricket, le frère aîné de Christopher avait été atteint d'une leucémie à l'âge de douze ans. Les médecins avaient tenté tout ce qui était en leur pouvoir, mais il était apparu que seul un don de moelle pourrait sauver l'enfant. Or, un examen des apparentés avait révélé que la famille ne comptait aucun donneur compatible. Les chances d'en trouver un sur le registre national étaient infimes, et la liste d'attente, bien trop longue, pour qu'on s'autorise à nourrir quelque espoir.

A la suggestion des médecins,

PAR MONIQUE OLLIER

de

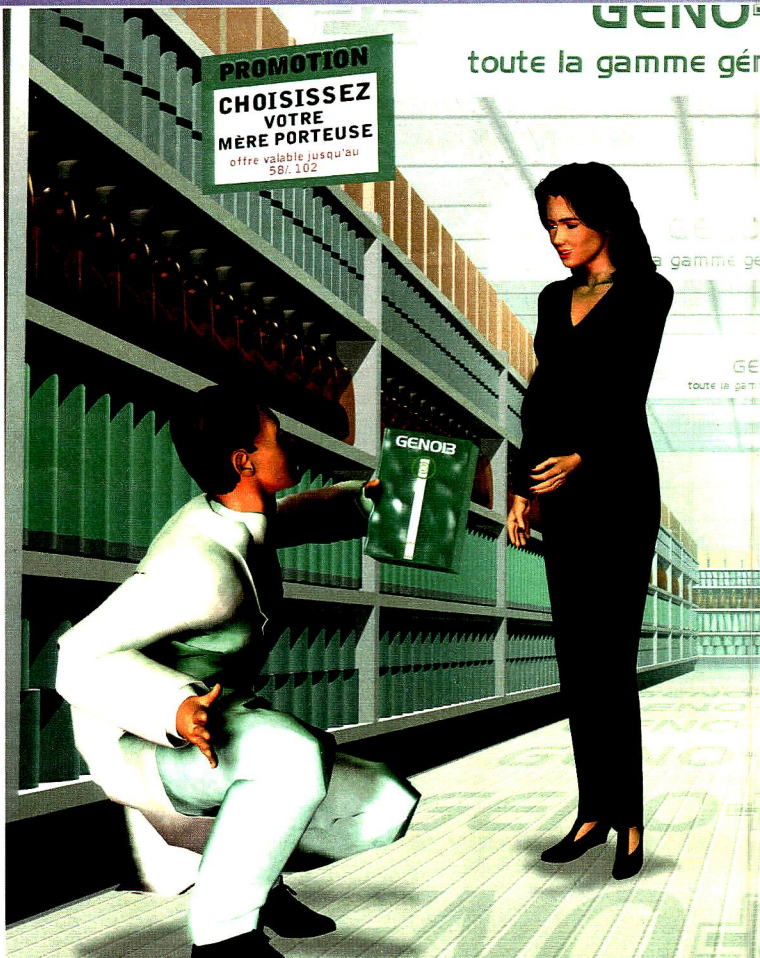


le couple Marrow décida de concevoir un frère ou une sœur dans l'espoir qu'il serait doté d'un type HLA (1) identique à celui de son aîné. On leur fit rencontrer le Dr Peacock, qui les convainquit que la seule façon de s'assurer une compatibilité à 100 % consistait à reproduire leur fils à l'identique. Bref, à le cloner. La leucémie étant liée à une lésion de certains gènes limitée aux cellules sanguines, la reproduction du programme génétique du fils Marrow à partir de toute autre cellule à laquelle on enlèverait sa spécialité pour lui rendre son état embryonnaire (2) permettrait d'obtenir un frère ou une sœur sain, double parfait de son malheureux aîné.

Avec le recul, John Segg se dit que ce cas extrême et légitime (3) avait dû être une sacrée aubaine pour le Dr Peacock. A cette époque, en effet, on maîtrisait très bien la technique du clonage des animaux, et les spécialistes, dans la discrétion de leurs laboratoires, parache-

(1) Tout comme ils appartiennent à tel ou tel groupe sanguin, les hommes appartiennent à divers groupes HLA (*human leucocyte antigens*), qui désignent la nature des antigènes présents à la surface de leurs globules blancs. Pour écarter les risques de rejet, c'est seulement au sein d'un même groupe qu'on choisit un donneur et un receveur lors d'une greffe.

(2) Pour cloner un individu, il faudrait lui prélever des cellules – de l'épiderme, par exemple. Avant de les fusionner *in vitro* avec un ovule prélevé chez une femme et dont on aurait retiré le noyau, il faudrait déprogrammer ces cellules. En effet, dès que l'embryon se développe, toutes les cellules qui le constituent se spécialisent. Les unes deviennent des cellules sanguines, d'autres des cellules nerveuses, d'autres encore des composants de tissus musculaires, etc. Or, le clonage ne peut s'effectuer qu'à partir de cellules non spécialisées (ou totipotentes). Dans le cas de la brebis Dolly, cette déprogrammation a été accomplie par la mise en culture des cellules mammaires d'une brebis de 6 ans dans un sérum spécifique, pauvre en éléments nutritifs. Considérablement affaiblies par ce régime, les cellules se mettent au repos et cessent de se diviser, donc d'exprimer leurs différences.



vaient les moyens de l'appliquer aux humains en dépit des moratoires. Le cas Marrow, resté secret comme sans doute de nombreux autres clonages, permettait de sauter le pas, au nom d'une indication thérapeutique imparable.

John Segg se souvenait du lourd silence qui avait pesé sur la classe lors de la lecture de Christopher. Dans sa seconde partie, la rédaction rendait un hommage ému-

(3) Aujourd'hui, l'interdiction des recherches sur le clonage d'un être humain fait l'unanimité. Toutefois, interrogés sur les indications qui pourraient justifier le recours à cette technique, les spécialistes s'accordent pour désigner l'acharnement procréatique de certains couples infertiles et le cas des enfants atteints d'une maladie grave, telle que la leucémie, que l'on ne peut soigner que par une greffe de moelle parfaitement compatible.

vant à la persévérance et au courage de Mrs Marrow, qui avait subi un nombre incroyable d'opérations pour être enfin en mesure d'attendre ce deuxième enfant. Selon l'auteur, le prix de générosité lui revenait, de toute évidence...

Pourtant, les yeux s'arrondirent quand tous ses camarades comprirent que le clone n'était autre que Christopher lui-même. Modeste, il achevait son devoir en précisant qu'il était né normalement et qu'on lui avait prélevé ce qu'il fallait de moelle osseuse pour sauver son frère. Il concluait fièrement que ce dernier venait d'être présélectionné pour la première expédition sur Mars. John Segg se rappelait maintenant qu'il avait fait un parcours sans faute, associant à jamais le

IVARI
tique à prix discount

que à prix discount

MART
à prix discount



Sans père, sans mère, sans utérus

Il devenait courant d'engendrer des enfants sans père, sans mère, sans utérus. Le commerce des embryons s'était généralisé en Europe, et les autorisations de clonage se multipliaient dans tous les pays. Les textes.

C. ET D. FAVOTTI / DREAM INK

ne qui ne fût à son effigie. Pas un soir sans que ses parents finissent par mimer l'un de ses gags. Un véritable culte...

Cependant, quand John essayait de savoir quand et comment ses parents avaient connu son fameux parrain, et s'il lui avait offert des cadeaux quand il était petit, ils restaient évasifs. Ils évoquaient le fan-club où Mister Mean venait de temps en temps signer photos et tee-shirts, entre deux tournées à l'étranger. Ils l'avaient bien connu, disaient-ils : ils l'avaient accompagné à l'aérospacioport un soir où il était en panne.

AMÈRE RESSEMBLANCE

John gardait surtout des souvenirs humiliants des saynètes, tirées des spectacles de Mean, que ses parents l'obligeaient à jouer devant la famille à Noël ou aux anniversaires. Avec amertume, il les entendait encore s'exclamer : « Vous ne trouvez pas qu'il lui ressemble ? », « Il a un vrai talent comique, c'est sûr ! » Ils avaient même voulu l'inscrire à un cours de théâtre. Et, chaque fois qu'il fallait se déguiser, sa mère lui confectionnait l'une des tenues de scène de Mister Mean et lui plaquait le masque de la star sur le visage...

Londres défilait, défigurée, derrière les vitres de l'hydroglisseur.

nom des Marrow à cette grande conquête, un jour d'août 2032.

« Et tu te souviens de Robin Limlet ? Je l'ai revu il y a quatre ans. Il est consultant en matériaux – complètement chauve, le pauvre... »

John hocha la tête, encore plongé dans l'évocation de leur enfance. Il avait, intact, le souvenir du trouble qu'il avait ressenti à l'idée que Christopher était en quelque sorte le fils de son frère. Le souvenir aussi de la jalousie que lui avait inspiré son camarade, qui jouissait du bonheur d'avoir à la fois un aîné et une mère qu'il admirait.

Lui, pourtant fils unique, avait toujours l'impression de passer inaperçu dans sa propre famille. Le seul qui semblait digne de toutes les attentions, de toutes les discus-

sions, c'était celui qu'on appelait son parrain, Mister Mean. John ne l'avait jamais rencontré.

Tout, dans la maison, évoquait ce comique anglais, mort dans un ac-

Obtenir un frère ou une sœur sain, double parfait de son malheureux aîné

cident d'avion après avoir connu un immense succès mondial. Chez les Segg, il n'y avait pas un DVD qui ne contînt l'un de ses spectacles. Leur maigre bibliothèque n'était constituée que d'ouvrages qui lui étaient consacrés. Les murs-écrans du salon affichaient son portrait en permanence. Pas un gadget, pas un accessoire de cuis-

Christopher Marrow poursuivait son monologue.

« Ah, tu sais que les parents de Bernard Fitzsimmons ont vendu leur maison ! »

John replongea avec une pointe de tristesse dans le passé. Le jour de la fameuse rédaction, il avait raconté l'histoire de Christopher à ses parents. Sa mère s'était exclamée :

« Tu sais, toi non plus, tu n'es pas tout à fait né comme tout le monde. On t'en parlera un jour. Quand tu seras plus grand... »

Il n'en avait pas fallu davantage pour semer le trouble dans son jeune esprit. Il s'était alors senti inquiet, mais également fier

textes. Il ne sut jamais si c'est cet intérêt particulier pour l'actualité scientifique qui l'orienta vers les études de médecine.

La vérité lui fut révélée lors de son dix-huitième anniversaire, juste avant qu'on lui offre son premier aéroscooter. Ses parents, pour l'oc-

« On a du mal à l'avoir pour les fêtes de famille ! Il est toujours en orbite. »

qu'une particularité soit attachée à sa naissance. Lui aussi était "différent". Il était surtout rassuré de ne pouvoir être le fils de son frère puisqu'il n'en avait pas !

Dans les années qui suivirent, et au fil des cours de biologie, il échafauda, intrigué, de nombreux scénarios sur les circonstances de sa naissance, tous plus inquiétants les uns que les autres. Sans oser poser la question.

À LA RÉUNION DU FAN-CLUB

Les titres de la presse et les annonces sur le réseau relaient les succès de plus en plus rapides de la science. Il devenait courant d'engendrer des enfants sans père, sans mère, bientôt sans utérus. En dépit des résistances initiales, le commerce des embryons s'était généralisé en Europe (4). Et les autorisations de clonage se multipliaient sous tous les pré-

.....
(4) Il est frappant de constater, à l'heure actuelle, la considérable différence d'attitude de l'Europe et des États-Unis sur le sujet de la procréation médicalement assistée, notamment sur l'identité des donneurs de sperme ou d'ovocytes. En France, l'anonymat est strictement observé dans les Centres d'étude et de conservation du sperme (CECOS). Outre-Atlantique, les catalogues de donneurs, avec photos et pedigree complet, s'affichent déjà sur Internet. A consulter, par exemple : la banque de sperme de Californie (<http://www.thesperm-bankofca.org/>) ou le registre Options National Fertility Registry, qui propose sperme, ovocytes et mères porteuses (<http://www.fertilityoptions.com>).

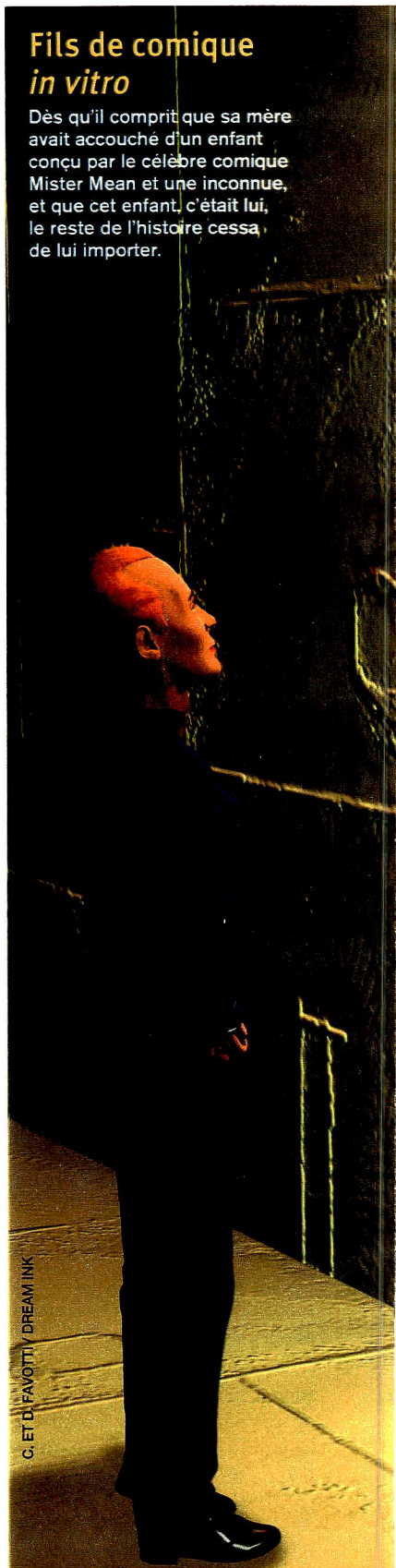
casion presque solennels, apprirent à John qu'ils n'avaient jamais réussi à avoir un enfant ensemble. Alors qu'ils s'apprêtaient à recourir à la procréation médicalement assistée, un hasard leur avait permis d'hériter de l'enfant dont ils n'auraient osé rêver. A la fin d'une réunion du fan-club de Mister Mean, son président, directeur de l'une des principales banques de sperme de Londres, avait laissé tomber une indiscretion dans l'oreille des Segg : Mister Mean avait rencontré des difficultés pour avoir des enfants avec sa compagne et tous deux étaient parvenus à concevoir une dizaine d'embryons *in vitro*, juste avant l'accident qui leur avait coûté la vie. Le président se désolait à l'idée de les détruire. « Peut-être y a-t-il un grand génie comique parmi eux ! » s'était-il exclamé.

L'idée de donner naissance à un second Mister Mean frappa l'imagination du couple Segg. Et puis, quel plus bel hommage pouvaient-ils rendre à leur idole que de porter son enfant ? Dans le souvenir de John, les détails de l'arrangement s'étaient quelque peu estompés. Dès qu'il eut compris que sa mère avait accouché d'un enfant conçu par Mister Mean et une inconnue, et que cet enfant, c'était lui, le reste de l'histoire cessa de lui importer.

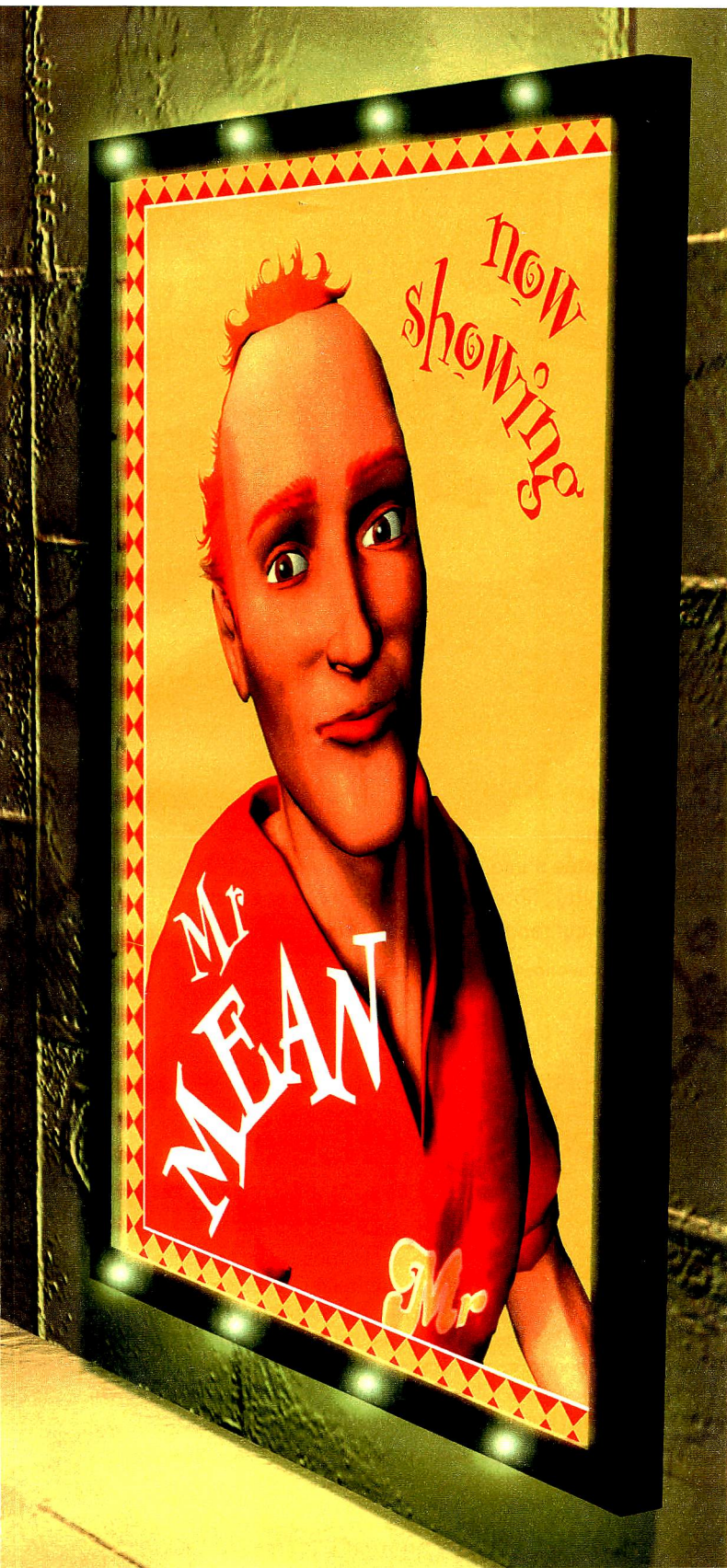
De ce jour, paradoxalement, il

Fils de comique *in vitro*

Dès qu'il comprit que sa mère avait accouché d'un enfant conçu par le célèbre comique Mister Mean et une inconnue, et que cet enfant, c'était lui, le reste de l'histoire cessa de lui importer.



C. ET D. FAVOTTI / DREAM INK



nourrit une tendresse particulière pour ces personnages attachants, ses parents "officiels", qui l'avaient sauvé d'une destruction certaine et élevé en essayant de développer au maximum ses facultés. Trop souvent, certes, sur le modèle de celles de son père biologique. Depuis, ils s'étaient installés en Australie. Quant à John, il avait repris la présidence du fan-club. C'était la plus sûre façon de récupérer des photos de ses vrais parents.

UN PETIT ONE MAN SHOW

« Y en a un dont je n'ai pas de nouvelles, c'est Peter Gallagher. Tu sais ce qu'il est devenu ? »

John Segg s'arracha au passé juste à temps pour improviser une réponse et constater qu'ils arrivaient à Tower Bridge, où il descendait.

« Pas du tout. Au fait, comment va ton frère ? demanda-t-il en défaisant ses sangles.

– Bien. Très bien même. Il est devenu inspecteur général des stations spatiales des Nations du Nord. On a du mal à l'avoir pour les fêtes de famille ! Il est toujours en orbite. »

John se leva, serra rapidement la main de son camarade de classe et lui lança avant de débarquer : « Au fait, tu sais, je fais un peu de théâtre à mes heures perdues. Si tu as le temps, j'ai monté un petit *one man show* au Turnpike Theater. Je joue tous les soirs de la semaine prochaine. Passe donc, on ira boire un pot à la fin de mon spectacle. » ■

Bibliographie

- Axel Kahn et Fabrice Papillon, *Copies conformes*, Nil, 1998.
- Jacques Testart, *Eve ou la Répétition*, Odile Jacob, 1998.
- Geneviève Delaisi de Parseval, *La Part du père*, Seuil, 1998.
- François Dagognet, *Une nouvelle morale*, Institut Synthélabo, les Empêcheurs de penser en rond, 1998.

Conso

PAR HENRI-PIERRE PENEL
ET JEAN-LUC GLOCK

Après-ski de randonnée

Dotée de crampons, la Forester est une chaussure après-ski dont la conception renouvelle le genre. Elle bénéficie d'un système d'isolation multicouche très élaboré. La semelle extérieure est composée d'une couche de feutre et d'une couche d'aluminium qui emmagasinent la chaleur. Une couche de Polypropylène rejette l'humidité à l'extérieur. Amovible, la semelle intérieure est chargée de charbon actif antimoisissure et d'une couche de Cambrelle qui absorbe la transpiration. En croûte de cuir et dotée d'une coque en caoutchouc, la tige est doublée de Drylex, fibre polaire qui absorbe et évacue l'humidité, et de Thinsulate, isolant thermique qui retient la chaleur. Prix : 450 F.

Excellent après-ski, cette chaussure permet aussi de s'adonner à la randonnée.



Prise à "gâchette"

Les prises électriques sont souvent plus difficiles à retirer qu'à enficher. Une traction excessive peut provoquer l'arrachement des fils ou de la fiche murale et mettre à nu les contacts. La prise KeyPlug devrait résoudre ce problème. Son corps porte une gâchette qui commande la sortie d'un ergot. En "chassant" la prise, il garantit son extraction sans effort et sans risque. Prix : non communiqué.

D'une géniale simplicité, cet accessoire aurait dû être inventé en même temps que la prise électrique...





Mobile personnalisé

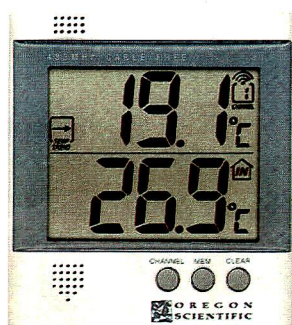
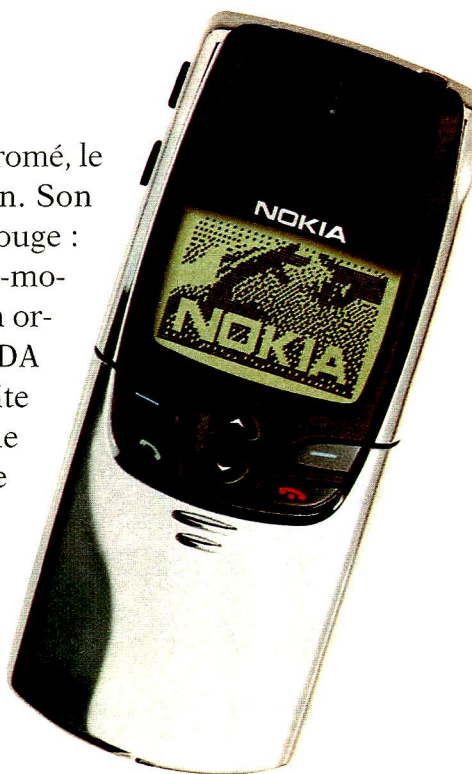
Créé par deux jeunes inventeurs français, le Plug-IT devrait rapidement devenir l'accessoire des incondtionnels du téléphone mobile. De la taille d'une boîte d'allumettes, il se porte comme un badge. Le Plug-IT diffuse de la musique ou des paroles pour signaler un appel. Sa puce interchangeable donne accès à plus de quarante extraits musicaux ou voix, et on peut même faire "graver" une puce personnalisée. Prix : 149 F avec une puce préenregistrée; 39 F la puce interchangeable.

Le Plug-IT s'adapte à tout type de téléphone mobile sans aucun contact. Il se déclenche dès que le combiné "répond" par une émission radio au signal de sonnerie diffusé par le réseau dont il dépend.

Combiné sans attache

Sous sa ligne dépouillée, habillé de métal chromé, le Nokia 8810 cache plus d'une innovation. Son modem intégré communique par infrarouge : adieu cordon, carte PCMCIA ou logiciel-modem lors des transferts de données avec un ordinateur compatible avec la transmission IrDA (protocole de liaison infrarouge). Bien que de petite taille ce combiné comprend un clavier confortable et, pour une bonne lisibilité, un large écran capable d'afficher quatre lignes de texte et des graphismes. Prix : 9 000 F, hors offre d'abonnement.

Malin : l'antenne intégrée. Pour se distraire sans avoir l'air d'y toucher, le 8810 a en mémoire trois logiciels de jeu.



Température sous surveillance

Connaître d'un coup d'œil la température de chaque pièce de la maison : c'est possible, grâce à la centrale de température Oregon Scientific. Elle porte un afficheur où s'inscrit la température ambiante relevée par des capteurs disséminés dans l'habitation. La liaison radio entre les capteurs et la centrale dispense de poser

des fils. Totalement autonomes, les capteurs peuvent être déplacés en fonction des besoins. Prix : 399 F la centrale avec un capteur; 199 F le capteur supplémentaire.

Le dispositif mémorise les températures maximales et minimales relevées par chaque capteur. Il peut également déclencher une alarme en cas de dépassement d'une limite déterminée par l'utilisateur.

Une tête d'avance

Les coupes-bordures électriques des jardiniers utilisent une bobine de fil qu'il faut régulièrement couper et rembobiner après usure.

Le nouveau coupe-bordure de Mc Culloch, baptisé Rex, est équipé d'une tête de fils jetable qui permet désormais d'éviter cette corvée. Elle est composée d'une matière très résistante, dérivée du Nylon, et se change d'un simple clic. Il existe trois modèles, de 450 à 700 W. Prix : de 490 F à 790 F ; recharge de têtes, 80 F les cinq.

La rapidité et la simplicité d'emploi de ce procédé seront appréciées des jardiniers amateurs et professionnels.



Château d'eau

Capable de stocker 1 550 litres d'eau de pluie, le réservoir Hercule se compose de deux coques de même taille qui s'assemblent très simplement par clipage. L'intérêt de cette "architecture" réside dans la dimension réduite de chaque coque, ainsi que dans leur faible poids. Avant l'assemblage, le réservoir tient dans le coffre d'une voiture ou passe aisément par la porte d'une cave. Des emplacements prédécoupés simplifient la pose des tuyaux d'arrivée et de sortie de l'eau pluviale. Prix : 2 700 F environ.

Pour obtenir une capacité de stockage plus importante, on peut multiplier les réservoirs et les relier par des tuyaux.



Cinéma permanent

Le modèle 3788DG de Toshiba est le premier téléviseur 4/3 qui intègre le Dolby Digital, la nouvelle norme sonore mise au point par la société Dolby et adoptée par les promoteurs du DVD (Digital Versatile Disc). Très orienté vers le "home cinema", ce téléviseur est doté d'un écran plat 100 Hz de 95 cm, de onze haut-parleurs et de tous les raffinements technologiques d'un appareil haut de gamme. Prix : 16 900 F.

Un téléviseur qui fera rêver les amateurs, de plus en plus nombreux, de "cinéma à la maison".



Flash de détresse

Utilisée par les marins, la lampe flash de détresse se met au service des randonneurs, des skieurs et des adeptes de la montagne. La société Frendo a adapté pour eux sa lampe Aqua Strobe. Elle se fixe sur la manche par une attache en Velcro. En cas de détresse, il suffit de visser l'objectif pour que jaillisse à chaque seconde un éclair visible à près de 3 km. Prix : 379 F.

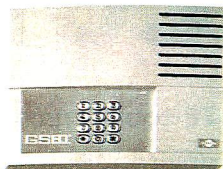
L'Aqua Strobe peut émettre un éclair par seconde pendant huit heures, alors que les fusées de détresse ne sont visibles que quelques secondes.



Le portable donne l'alarme

Les systèmes d'alarme par téléphone sont de plus en plus courants. Mais il suffit que les cambrioleurs-bricoleurs coupent les fils du téléphone avant leur intervention pour rendre l'alarme inopérante. Le DSM470 de Daitem est un transmetteur d'alarme automatique qui, contrairement à ses concurrents, fonctionne sur le réseau GSM de téléphonie mobile. Plus de fil, plus de problème. Il suffisait d'y penser! Prix : 6 754 F.

Totalement autonome, le DSM470 s'adapte à toute installation déjà existante.





replay

BIS

1 JEU ACHETÉ

=

1 JEU OFFERT



Oddworld 1
+ Le Trésor des Tolèques



Imperium Galactica
+ Deadlock



Pro Pinball
+ Puzzle Pubble



Carnageddon
+ Death Rally



Mortal Kombat 3
+ Arcade Greatest Hits



Flying Corps
+ Heretic



Ultimate Doom
+ Final Doom

3315 ET INTERACTIVE*
Ligne 61 : 08 38 88 14 11
ATTEN
* 2,31 F/min

Le disque compact est-il condamné ?

78-tours, microsillon, cassette, disque compact : environ toutes les décennies, un bouleversement technologique affecte les supports musicaux. Internet pourrait être le prochain. Une intrusion qui inquiète les éditeurs de disques.

Malgré son apparence de baladeur miniature, le Rio PMP300, de la société californienne Diamond, déchaîne les foudres des maisons d'édition musicale. Sa tumultueuse mise sur le marché, le 15 décembre dernier, a suscité les plus vives réactions de la part de la Société civile pour l'exercice des droits des producteurs de phonogrammes (SCPP), qui a même tenté d'en interdire la

commercialisation. Pour Marc Guez, son directeur général, « le Rio constitue une incitation au piratage ». Pourquoi diable ce petit lecteur exaspère-t-il les producteurs de disques ?

Bien que ses boutons, son écran de contrôle et son allure générale laissent supposer qu'il s'agit d'un baladeur, le Rio présente une "anomalie" : l'absence de trappe destinée à l'introduction d'une cassette ou d'un MiniDisc. D'où vient la musique que l'appareil diffuse



COM/VITAMINE

Révolutionnaire

Depuis l'invention du phonographe à cylindre, en 1878, les évolutions technologiques ont donné naissance à un nouveau support de stockage des sons tous les dix ans environ. Le Rio PMP300, lui, s'affranchit totalement du support : il permet de piocher directement sur Internet, via un ordinateur PC, des heures de musique sous forme de fichiers numériques.

1878



Invention du phonographe à cylindre

1898



Invention du magnétophone à fil d'acier

1910



Apparition du 78 tours

1930



La bande magnétique remplace le fil d'acier

1950



Naissance du microsillon à pas variable 33T 1/3

1963



La bande devient cassette

1983



Arrivée du disque compact



Sans micro ni cassette

Ni micro, ni trappe où introduire CD ou cassette... Pourtant, ce baladeur permet d'écouter de la musique avec la qualité d'un disque compact. Sa mémoire flash, "réenregistrable" à l'infini, permet de stocker jusqu'à soixante minutes de musique.

mériques. Pour "activer" le Rio, il faut joindre un tel serveur. L'ordinateur télécharge le titre sélectionné sur son disque dur. Les données de la musique lui parviennent au format MP3 (MPEG Layer 3 : Moving Picture Expert Group Layer 3), une norme qui présente l'avantage d'en réduire considérablement le nombre – de dix à douze fois –, sans perte de qualité.

UN MODESTE ORDINATEUR PC SUFFIT

De plus, le MP3 ne requiert pas une forte puissance de calcul, ni pour le codage ni pour le décodage de la musique. Un modeste PC s'acquitte parfaitement de ces tâches. Une fois les données stockées sur le disque dur, il n'y a plus qu'à les transférer, grâce à un logiciel et à un cordon, vers le Rio, qui devient un baladeur autonome.

Pour stocker la musique, le Rio a une mémoire interne de 32 méga-octets qui offre trente minutes de musique avec un son de qualité CD ou soixante minutes de qualité radio FM, donc légèrement moindre. L'utilisateur peut accroître l'autonomie du Rio en y logeant une carte mémoire au format Smart Media, un modèle identique à celui des appareils photo numériques.

Cependant, même sans cette extension, rien n'interdit de stocker plusieurs heures de musique dans l'ordinateur et de les transférer sur le Rio en fonction du désir du moment. On peut, en effet, effacer et "réenregistrer" la mémoire à l'infini.

qu'il accepte est celle qui le lie à un ordinateur PC.

Ainsi Diamond peut-il prétendre que son dernier-né est non pas un support de musique mais un simple périphérique informatique... un peu spécialisé tout au plus. Cette appellation permet au constructeur d'éviter qu'on ne taxe le Rio d'enregistreur pirate. Elle plonge les juristes dans l'embarras, car qu'advient-il du règlement des droits musicaux ?

Seul, le Rio n'est rien. Bien qu'il soit entièrement autonome après le téléchargement, il ne peut enregistrer de la musique qu'à partir d'un ordinateur connecté à Internet. Sur le réseau, de nombreux serveurs proposent des disques entiers sous la forme de données nu-

dans ses écouteurs ou sur une chaîne haute fidélité, avec la même qualité qu'un disque compact ?

C'est la réponse à cette question qui fait bondir les producteurs phonographiques. Le Rio n'est qu'une mémoire de poche à l'énorme capacité de stockage. Il peut "télécharger" jusqu'à une heure de musique par l'intermédiaire du Web ! Pourtant, le Rio n'est pas présenté comme un "enregistreur". Il ne comprend ni micro ni prise capable de traiter directement le son. La seule connexion

Cette mémoire dote le Rio de nombreux autres atouts. Le traitement et le stockage intégralement électroniques de la musique le dispensent de tout dispositif mécanique. En "lecture", l'appareil est ainsi insensible aux chocs et aux vibrations. D'autre part, la qualité sonore ne s'altère pas au fil des écoutes. Enfin, les mémoires actuelles ont une consommation électrique très faible : une seule pile de 1,5 volt donne au Rio une autonomie de plus de douze heures.

DES SERVEURS PIRATES

Difficilement attaquant sur le plan juridique, car il est plus un périphérique informatique qu'un enregistreur, le Rio inquiète : il illustre les risques qu'entraîne l'utilisation d'Internet en matière de droits de reproduction. Il ne s'agit encore que de musique, mais, demain, le Rio, ou l'un de ses descendants, se chargera des textes, des images, des films.

Si Diamond encourage la création de sites où le téléchargement d'une œuvre est assujéti à un paiement par l'internaute, la souplesse d'Internet favorise surtout le développement de "serveurs pi-

rates" proposant des titres à moindre coût, voire gratuitement.

Le codage MP3 qu'exploite le Rio est dans le domaine public. Tout internaute peut aisément trouver sur le réseau des logiciels aussi bien de codage que de lecture en MP3. De même, tout ordinateur est capable de transformer un disque compact ou une cassette en fichier MP3 téléchargeable. C'est la porte ouverte au piratage... Or, il est extrêmement difficile de localiser les serveurs pirates sur le Web. Et, même quand on les débusque, ils n'ont souvent aucune identité juridique. Ne faudrait-il pas tenter un procès au MP3 plutôt qu'au Rio, puisque cette norme seule permet de transformer un PC en juke-box ?

Grâce aux lecteurs-enregistreurs de CD-Rom, les ordinateurs peuvent aussi graver des disques compacts à partir de fichiers piochés sur Internet. Risque-t-on de se retrouver avec un marché parallèle incontrôlable ? C'est, en tout cas, ce que redoutent les éditeurs de disques.

« Nous en avons eu récemment un exemple avec un *single* du chanteur Doc Gynéco », commente Laurence Muller, du service ju-

D'Internet à Rio

Pour écouter de la musique avec le baladeur Rio, il faut commencer par télécharger, sur un ordinateur PC, des titres choisis dans un serveur Internet spécialisé. Les données, stockées sur le disque dur de l'ordinateur, sont ensuite transférées par le biais d'un cordon sur le Rio, dont la mémoire

peut contenir une heure de musique (plus s'il est doté d'une carte mémoire auxiliaire).



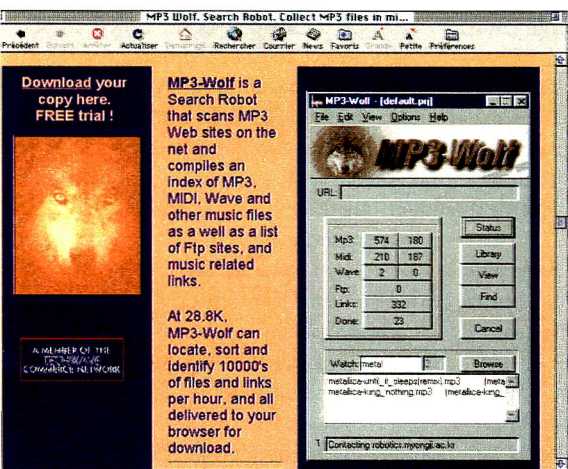
ridique de Virgin. « Il était disponible en MP3 sur le Net trois jours après sa sortie commerciale. Bien que nous ne constatons pas encore d'effet significatif sur les ventes, cela nous préoccupe. Comme ce genre de titres est surtout écouté par de jeunes citadins équipés en informatique, nous craignons une influence négative à très court terme. »

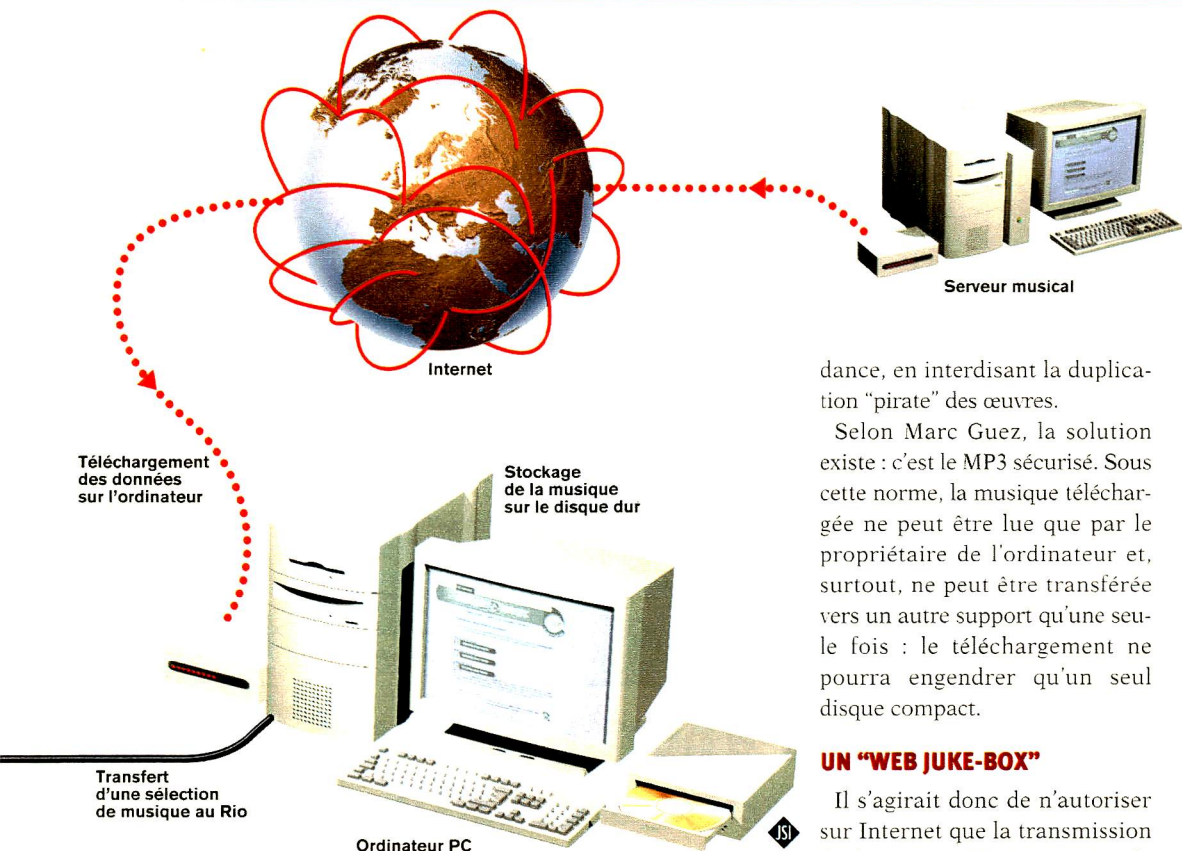
S'il est malaisé de quantifier précisément l'impact du MP3 sur les ventes de disques, on estime déjà la perte à plusieurs milliers d'exemplaires. Mais ce phénomène était décelable avant même l'arrivée du Rio, et le MP3 avait déjà mauvaise presse en raison de sa réputation de "contrefaçon institutionnalisée". Il engendre un piratage diffus, très difficile à maîtriser.

Pourtant, comme l'indique Marina de Warengien, secrétaire générale du service juridique de Sony Music, « il serait dommage de se priver du remarquable outil que constitue Internet ».

La bête noire des éditeurs

Plus de 80000 enregistrements musicaux sont disponibles sur le Web. Des "outils" tels que MP3-Wolf sont spécialisés dans leur recherche. Selon la Fédération internationale de l'industrie phonographique, d'ici à 2002, Internet fera baisser de 15 % les ventes de disques – soit une perte de 2 milliards de dollars.





dance, en interdisant la duplication "pirate" des œuvres.

Selon Marc Guez, la solution existe : c'est le MP3 sécurisé. Sous cette norme, la musique téléchargée ne peut être lue que par le propriétaire de l'ordinateur et, surtout, ne peut être transférée vers un autre support qu'une seule fois : le téléchargement ne pourra engendrer qu'un seul disque compact.

UN "WEB JUKE-BOX"

Il s'agirait donc de n'autoriser sur Internet que la transmission de données en MP3 sécurisé et de "bloquer" les données non protégées. Sous de telles conditions, il serait possible de généraliser les serveurs musicaux payants. Sony a récemment tenté cette expérience aux Etats-Unis sous la forme d'un "Web juke-box".

Ce dernier ne risque-t-il pas de tuer malgré tout le disque compact ? Non, estiment les éditeurs, car la mémoire d'un ordinateur ne peut se substituer au dialogue avec le disquaire, à la recherche de l'œuvre convoitée dans les rayonnages ou à la lecture de la jaquette.

En revanche, une flambée du nombre de serveurs pirates pourrait compromettre l'existence des éditeurs de disques. Une explosion qui semble avoir commencé et que pourrait favoriser le Rio. Pourrait-on juguler ce phénomène, sur un réseau qui est, par essence, conçu pour défier les interdits ? La question reste posée...

En matière d'édition phonographique, le coût de fabrication est extrêmement faible. En revanche, l'enregistrement, le mixage et l'ensemble des opérations nécessaires à l'obtention du "master" (le "disque matrice" à partir duquel se fait le tirage) mettent en jeu des sommes de l'ordre du million de francs. Il faut y ajouter les droits d'auteur reversés aux artistes, la promotion, le marketing, etc.

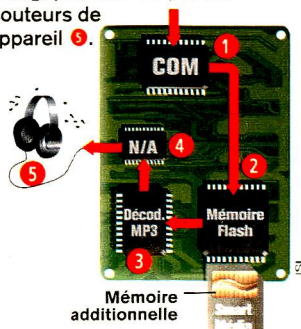
Ces investissements ne sont amortis que par la vente des titres, qu'elle s'effectue par achat d'un support physique ou par téléchargement. Dans ce dernier cas, hormis les frais de pressage, tous les autres coûts subsistent. « Si le téléchargement d'un album est proposé à un prix comparable à celui d'un disque et que nous pouvons rentabiliser les sommes engagées, nous sommes tout à fait favo-

rables à ce procédé », précise donc Marina de Warenghien.

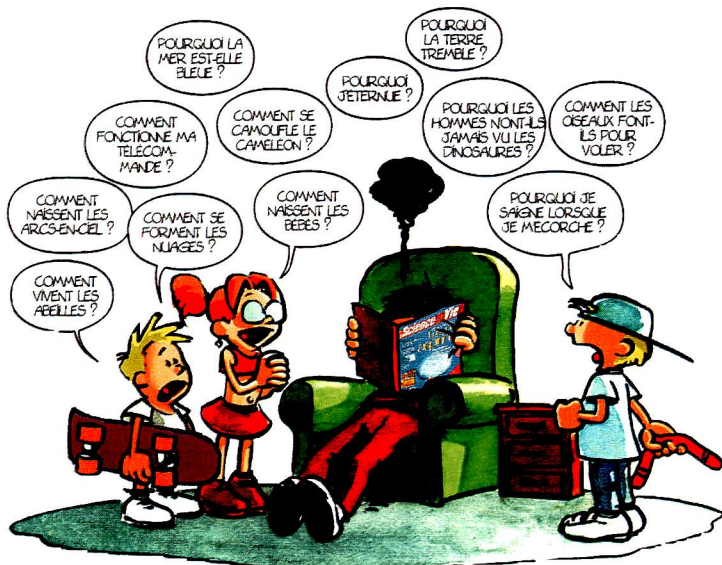
Somme toute, les éditeurs de disques veulent bien utiliser Internet, mais exclusivement pour vendre des titres par correspon-

100 % électronique

Une puce ❶ assure la liaison entre le Rio et l'ordinateur. Les données sonores compressées sont ensuite stockées dans une mémoire flash ❷ puis décompressées par un décodeur ❸. Un convertisseur ❹ transforme ces informations numériques en un signal sonore analogique, restitué par les écouteurs de l'appareil ❺.



Bien sûr vous adorez vos enfants. Surtout à cet âge. Mais...



... Si vous les abonnez aujourd'hui à leur propre SCIENCE & VIE.

**En cadeau de bienvenue
le jeu de deux prismes
pour
comprendre
la magie
de la lumière**



Ces deux prismes permettront à votre enfant de reproduire lui-même l'expérience de Newton et de comprendre la magie de la lumière.

**1 AN/12 numéros
225 Francs**
au lieu de 300 ₣

**SCIENCE & VIE DÉCOUVERTES
LE SCIENCE & VIE DES 8-12 ANS**



BULLETIN D'ABONNEMENT À

**SCIENCE & VIE
découvertes**

À compléter et à renvoyer avec votre règlement dans une enveloppe affranchie au tarif en vigueur à SCIENCE & VIE DÉCOUVERTES - Service Abonnements - 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris cedex 15

OUI J'abonne mon enfant à SCIENCE & VIE DÉCOUVERTES pour un an, 12 mensuels, au tarif préférentiel de 225 frs au lieu de 300 frs*, soit 3 mois d'abonnement gratuit.
Il recevra en cadeau de bienvenue le jeu de deux prismes offert par SCIENCE & VIE DÉCOUVERTES**.

Je règle la somme de 225 frs par chèque à l'ordre de SCIENCE & VIE DÉCOUVERTES

Nom de l'enfant _____

Son prénom _____

Sa date de naissance (jour, mois) _____ 19 ____ ☐ Garçon ☐ Fille (cochez SVP)

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

* Prix de vente de la série chez votre marchand de journaux. Offre valable jusqu'au 31/03/99 pour un abonnement servi en France métropolitaine

** Prévoir un délai d'envoi du cadeau de 4 à 6 semaines à compter de l'enregistrement de votre paiement et dans la limite des stocks disponibles.

Conformément à la loi Informatique et Libertés du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Les renseignements qui vous sont demandés sont nécessaires au traitement de votre commande et destinés aux services internes de notre entreprise. 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.



Wwe

Encyclopédie

SOUS LA DIRECTION DE JEAN-FRANÇOIS ROBREDO

XXI

siècle



NASA/
CORBIS/
SIPA

L'aventure spatiale

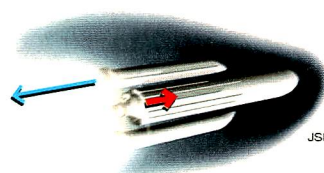
PAR CATHERINE CHAUVEAU



NOVOSTI

La guerre des étoiles

p. 142



JSI

Triompher de la pesanteur

p. 148

Claudie
André-Deshays
« Le désir d'aller
toujours plus loin »

p. 150

ENTRETIEN

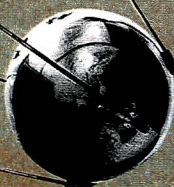


G. DE KEETLE/SYGMA

L'aventure spatiale

La guerre

RIA-NOVOSTI



Elle a été féroce,
la lutte entre les deux
superpuissances
pour conquérir

l'espace... Elle a

mobilisé des milliers de savants
et de techniciens, des sommes
colossales. Aujourd'hui, la
planète est engagée dans une
course plus pacifique qui nous
donne l'espoir de connaître
un jour les secrets de l'Univers.



KEYSTONE



NOVOSTI

Offensive soviétique

La conquête de l'espace est née de la guerre froide et de la course au nucléaire. Le défi fut lancé par le président soviétique Khrouchtchev (ci-contre), avec la mise en orbite du satellite *Sputnik 1* (en haut) en 1957, et, en 1961, le lancement de *Vostok 1* (en fond), avec Youri Gagarine (ci-dessus) à son bord. Deux exploits des Soviétiques pour démontrer la supériorité de leur technologie et de leur système social.

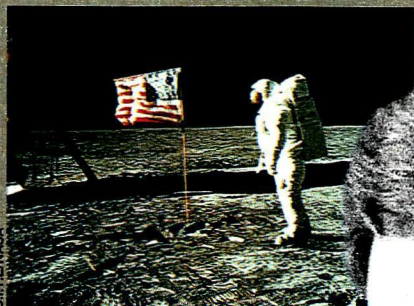
des étoiles

De près, on aurait dit du bricolage : une simple sphère d'aluminium de

58 cm de diamètre surmontée de quatre antennes, avec une batterie à l'intérieur. Une

batterie destinée à lancer un message au monde de loin, de très loin, des confins de l'atmosphère terrestre. Succinct, le message n'en était pas moins international et perceptible en tout point du globe. On n'entendit que des "bip bip", mais il fallait comprendre : « Nous, les Soviétiques, sommes les premiers. » Les premiers, en tout cas, à avoir lancé un satellite dans l'espace, le fameux *Sputnik* ("compagnon"), qui, le 4 octobre 1957, quitta la Terre de Tiouratam-Baïkonour, site construit pour l'occasion au Kazakhstan. Son orbite elliptique lui faisait frôler l'atmosphère. Il explosa au bout de 92 jours, puis disparut, dissous dans l'Univers.

Le monde fut stupéfait. La conquête spatiale était chose prévue, mais il paraissait évident que les pionniers en seraient les Américains. N'avaient-ils pas ramené chez eux Werner von Braun et son équipe, ceux-là mêmes qui avaient conçu l'arme secrète des nazis, les redoutables V2, missiles dotés d'une extraordinaire force de propulsion ? Et, en 1955, le président Eisenhower n'avait-il pas déclaré que le lancement de petits satellites en orbite terrestre serait la contribution des Etats-Unis à l'important programme de



D.L.T./NASA

Contre-attaque américaine

Les Américains ripostent mais ne remportent la victoire qu'avec le succès du programme d'exploration humaine de la Lune, Apollo, lancé par le président Kennedy en 1961 : le 20 juillet 1969, l'astronaute Edwin Aldrin plante le drapeau américain dans le sol lunaire.



L'aventure spatiale

recherche de l'Année géophysique internationale, prévu pour 1957 et 1958? L'URSS avait annoncé un projet similaire, mais le monde était plus porté à croire aux miracles du capitalisme qu'à ceux du communisme.

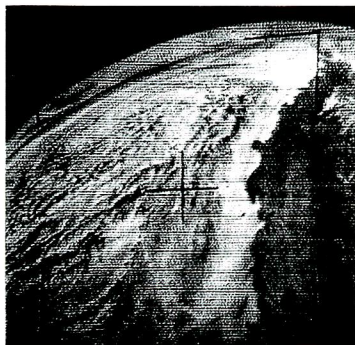
C'était le temps de la "guerre froide", de la course aux armements nucléaires. Chacune des deux grandes puissances jouait l'intimidation, la surenchère. Chacune laissait peser la menace d'une attaque rapide sur le territoire de l'autre. Des deux côtés, des ingénieurs s'échinaient à mettre au point des fusées puissantes et de longue portée, des vecteurs pour bombe atomique, sur le modèle des effrayantes fusées nazies. Soviétiques, Américains, et aussi Français, avaient rivalisé à la fin de la guerre pour récupérer les engins, les plans et les techniciens des vaincus.

L'affrontement ne se déroulera pas sur la planète mais dans l'espace, lieu idéal pour tester la maîtrise des lanceurs et des trajectoires, décisive en cas de guerre nucléaire. Sortir de l'atmosphère terrestre, voyager dans l'Univers, regarder la Terre d'en haut... Quels formidables moyens de prouver sa suprématie technologique, de s'affirmer comme les maîtres du monde!

Mais conquérir ce nouveau territoire n'est pas simple. Depuis la fin du XIX^e siècle, des savants plus ou moins rêveurs cherchent des solutions aux divers problèmes que poserait un voyage spatial. Parmi eux, Constantin Edouardovitch Tsiolkovski, instituteur à Kalouga, près de Moscou, aujourd'hui consi-

La Terre comme jamais

Au début des années 60, *Tiros III*, l'un des premiers satellites météorologiques



(américain), photographie une tempête sur les côtes de Californie.

déré comme le père de l'astronautique. Il imagine un appareil pour respirer dans le vide, une combinaison spatiale emplies d'eau pour résister à l'accélération du départ, un pilotage automatique fondé sur un système de navigation solaire, des fixations pour objets et personnes en apesanteur, des fusées à étages...

Mais il a surtout l'idée d'un nouveau combustible, à la fois très efficace et peu encombrant : le mélange d'un comburant (oxygène) et d'un carburant (hydrogène) sous forme liquide, à une époque où le seul combustible envisagé est la poudre. L'idée est reprise dans les années 20 par le physicien américain Robert Hutchings Goddard (équipées d'un

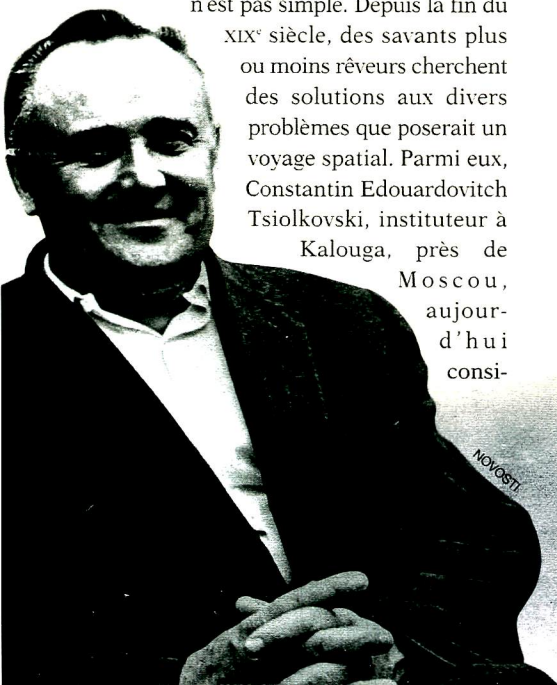
moteur employant ce combustible, ses fusées battront tous les records) et par le physicien autrichien Hermann Oberth. Les ingénieurs n'ont toujours pas trouvé mieux. Ce propergol (1) liquide est utilisé dans les moteurs des fusées actuelles.

Stimulés par le formidable succès mon-

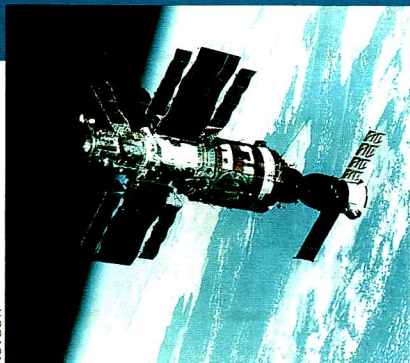


Inspirés par les missiles

Les premières fusées sont réalisées sur le modèle des missiles nazis, les V2. L'Allemand Werner von Braun (ci-dessus, à droite), qui les a conçus, met au point les premiers engins spatiaux américains (ci-contre, des essais au Nouveau-Mexique). Ci-contre, à gauche, le Soviétique Sergueï Korolev, concepteur de la fusée R-7.



NOVOSTI



Des hommes en orbite

La présence humaine dans l'espace est d'abord un succès soviétique. Ici, *Soyouz T14* amène des cosmonautes à la station orbitale *Saliout 7*, lancée en 1982.

dial du lancement de *Spoutnik*, les Soviétiques enchaînent les exploits et les effets de surprise. Ces "premières" sont dues en partie à la ténacité de Sergueï Korolev, constructeur de la puissante fusée *R-7*, conçue d'abord comme un missile nucléaire, celle-là même qui emporta *Spoutnik* au-delà de l'atmosphère terrestre.

UN ÊTRE VIVANT DANS L'ESPACE!

Le voyage vers la Lune, fantasme de la littérature depuis des siècles, obsède les esprits. En 1958, la sonde soviétique *Luna 1* manque sa cible, et *Luna 2* s'écrase sur le sol de notre satellite. Mais, l'année suivante, *Luna 3* offre aux Terriens des images jamais vues : celles de la face cachée de la Lune...

Après avoir lancé des engins dans l'espace, il fallait y envoyer un être vivant. Ce sera l'affaire du deuxième satellite, lancé un mois à peine après *Spoutnik*, à l'occasion du quarantième anniversaire de la révolution d'Octobre. Il transporte la chienne Laïka, qui mourra dans l'espace. Il faut attendre août 1960 pour que les deux chiennes Bielka et Strelka deviennent les premiers êtres vivants récupérés sur Terre, bien à l'abri dans le vaisseau conçu par Korolev, *Vostok* ("orient"). *Vostok* dans lequel, le 12 avril 1961, Youri Gagarine tourne cent huit minutes autour de la Terre.

Quatre mois plus tard, Guerman Titov passe plus d'une journée en orbite. En 1962, les vaisseaux *Voskhod* ("aube") 3 et *Voskhod 4* ont rendez-vous dans l'espace.

(1) Mélange dont la combustion transforme l'énergie chimique en énergie cinétique.

L'année suivante, Valentina Terechkova, la première femme cosmonaute, y reste plus de soixante-dix heures. Le rêve devient féérique quand, le 19 mars 1965, Alexeï Leonov "danse" dans l'espace, relié par un fil à son vaisseau. L'Américain Edward White n'en fera autant que le 3 juin.

Ce temps de retard systématique finit par irriter les Etats-Unis. Après le vol de Gagarine, ils cessent de feindre le mépris pour les expériences spatiales soviétiques. D'ailleurs, ils ont déjà plusieurs exploits à leur actif. Leurs essais spatiaux des années 50 avaient pour principal objectif de voir ce qui se passait derrière le rideau de fer. Leurs satellites de communication, de cartographie, de navigation, de météorologie sont les premiers du genre.

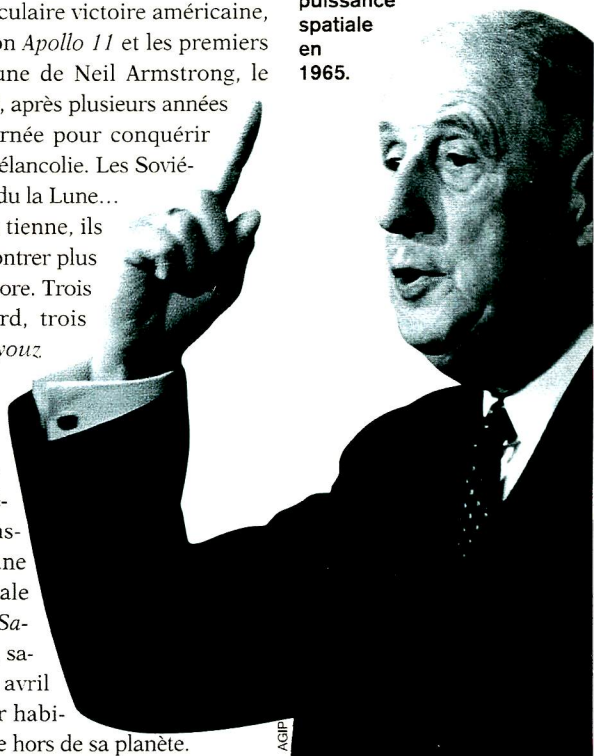
Mais leurs jours de gloire commencent réellement en 1962, quand la sonde *Mariner 2*, premier engin d'exploration planétaire, survole Vénus et effectue des mesures géophysiques de cette planète. En 1964, c'est au tour de Mars d'être photographiée – par *Mariner 4*. Mais, bien sûr, la plus spectaculaire victoire américaine, c'est la mission *Apollo 11* et les premiers pas sur la Lune de Neil Armstrong, le 20 juillet 1969, après plusieurs années de lutte acharnée pour conquérir l'astre de la mélancolie. Les Soviétiques ont perdu la Lune...

Qu'à cela ne tienne, ils peuvent se montrer plus ambitieux encore. Trois mois plus tard, trois vaisseaux *Soyouz*

("union") décollent à quelques jours d'intervalle pour préparer la construction d'une station orbitale permanente, *Saliout* ("salve"), satellisée le 19 avril 1971, premier habitat de l'homme hors de sa planète.

La France entre en lice

Grâce à la forte impulsion donnée aux projets spatiaux par le général de Gaulle, la France devient la troisième puissance spatiale en 1965.



L'aventure spatiale

Le laboratoire habité américain *Skylab*, mis en orbite en mai 1973, permettra d'étudier les conséquences physiologiques d'un séjour prolongé dans l'espace. Les astronautes y procéderont à des observations sur eux-mêmes, sur des animaux de laboratoire et sur des cultures cellulaires.

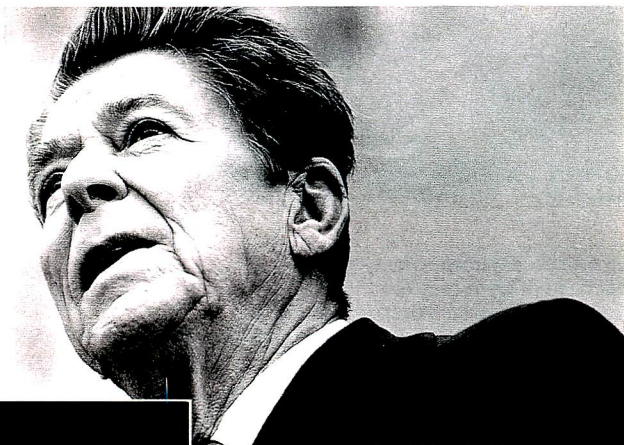
Les autres nations ne se contentent plus d'être les spectatrices du duel spatial que se livrent les deux puissances. Le 26 novembre 1965 part du Sahara le premier satellite français, *Astérix*. Suivent ceux du Japon et de la Chine, en 1970, puis, l'année suivante, celui du Royaume-Uni. C'est avec le premier lancement réussi de la fusée *Ariane*, la veille de Noël 1979, que l'Europe devient la septième puissance spatiale.

Toutes ces démonstrations de puissance coûtent fort cher. Il est temps qu'elles aient des retombées substantielles. A partir de 1971, les Landsat américains, premiers satellites de télédétection, observent la Terre à la recherche de ressources naturelles exploitables. Leur résolution est comprise entre 30 et 100 m. Les satellites d'observation militaires, eux, ont déjà une précision d'une dizaine de centimètres. Celle des satellites météorologiques, lancés dès la fin des années 50, était de l'ordre du kilomètre.

LES APPLICATIONS SE MULTIPLIENT

Le satellite français *SPOT* (destiné à observer la Terre), lancé en 1986, ramène cette résolution à 10 m et devient leader dans ce domaine aux nombreuses applications : cartographie, bilans écologiques, prévisions agricoles, gestion des ressources, études atmosphériques...

Le marché le plus développé est celui des satellites de communication. Dès les années 50, l'armée amé-



C. FISHMAN/COSMOS



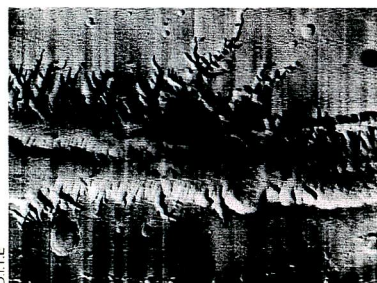
D.I.T.E./NASA

Coup de grâce

Le programme américain de défense spatiale (ici, un engin antimissile) initié par Ronald Reagan en 1983 sera le coup de grâce pour l'URSS.

Un œil sur Mars

Lancé le 13 novembre 1971, le satellite américain *Mariner 9* révèle le paysage inattendu de Mars.



D.I.T.E.

ricaine avait réussi à établir des communications en utilisant la Lune comme réflecteur passif. Les Etats-Unis investissent rapidement ce secteur de grand intérêt commercial, poussant les autres nations à établir un réseau international. En 1964, la retransmission en direct des Jeux olympiques de Tokyo par le satellite américain *Syncom 3* crée un événement mondial. En 1973 sont finalement signés les accords sur Intelsat, réseau qui transmet la grande majorité des communications téléphoniques et télévisuelles transocéaniques.

Parallèlement, on lance des satellites de navigation de plus en plus performants. Le système mondial de positionnement GPS (*Global Positioning System*) permet aux avions et aux bateaux, ou à n'importe quel voyageur aventureux, de se localiser très précisément. Quant au système franco-américain Argos, il sert à collecter des données environnementales.

Satellites et lanceurs sont d'abord détruits ou abandonnés dans l'espace après leur utilisation. Engagées dans une logique de présence humaine permanente dans l'espace, et soucieuses de réduire les coûts, les agences spatiales bâtissent des programmes d'engins récupérables : les navettes, conçues comme des avions (les navettes américaines ou celle du projet européen *Hermès*) ou comme des planeurs (la navette soviétique *Bourane*, "tempête de neige"). L'accident de *Challenger*, en 1986, les restrictions budgétaires et la dis-

location de l'Union soviétique ont notablement freiné les programmes spatiaux.

En outre, l'envoi de spationautes en orbite est de plus en plus contesté. Les vols habités sont en effet bien plus coûteux, car ils nécessitent des équipements complexes et redondants pour assurer la survie des équipages. Malgré tout, les projets de station spatiale emportent le suffrage des décideurs. *Mir* ("paix" ou "monde"), la station soviétique, entre en service en 1986. Trois ans plus tôt, le président Ronald Reagan avait déclaré la "guerre des étoiles". Le programme Initiative de défense stratégique visait à dresser un bouclier spatial stratégique, afin de contrecarrer la terrible menace que les missiles soviétiques faisaient peser sur l'Occident. En fait, cette surenchère aux armements avait pour but de mettre l'Union soviétique à genoux. Un objectif qui a bel et bien été atteint... Car, même s'ils sont présentés comme des entreprises scientifiques ou commerciales, les programmes spatiaux sont avant tout des moyens de pression politique.

UN PROGRAMME NOMMÉ "LIBERTÉ"

Quant au programme américain Freedom ("liberté"), officiellement annoncé en 1984 par Reagan, il est en cours, sous le nom de "station spatiale internationale" (ISS). L'internationalisation des projets va s'accroissant, dans le but de partager les coûts et les savoir-faire. Et de nouvelles nations entrent régulièrement dans la course aux étoiles : l'Inde, en 1980, Israël, en 1988...

Tandis que cosmonautes et astronautes tentent de battre des records de durée de présence dans l'espace et mènent des expériences scientifiques ou technologiques, tandis que les satellites artificiels tournent de plus en plus nombreux, les sondes spatiales, elles, voyagent de plus en plus loin. La soviétique *Venera 7* se pose sur le sol de Vénus en 1970, et l'américaine *Viking 1*, sur Mars en 1976. *Pioneer 11* survole Saturne en 1979, et *Pioneer 10* s'approche de Pluton, la der-

Succès européen

La fiabilité des lanceurs Ariane est le point fort de l'Europe. Ici, le lancement réussi d'*Ariane 5* en octobre 1997.



nière planète du système solaire, en 1983.

En 1984 et en 1985, des sondes russe, japonaise et européenne lancées à la rencontre de la comète de Halley déterminent sa composition et filment son évolution. Le télescope spatial *Hubble*, mis en orbite en 1990, devrait, malgré ses déboires, sonder l'Univers extragalactique. Ayant dépassé leurs objectifs mais n'étant pas encore désactivées, certaines sondes, dont nous



Utopie internationale

La future station spatiale internationale (ISS), actuellement en cours d'assemblage, n'a d'international que le nom. Ce projet orchestré par les Etats-Unis semble servir des objectifs plus politiques que scientifiques...

continuons à capter les émissions, poursuivent leur voyage vers l'inconnu. Au début du XXI^e siècle, *Voyager 1*, lancée du cap Canaveral en septembre 1977 vers Jupiter et Saturne, se trouvera à plus d'une dizaine de milliards de kilomètres du Soleil et franchira peut-être l'héliopause, là où le vent solaire faiblit face aux vents interstellaires.

Ces formidables prolongements technologiques de la curiosité humaine captent des ondes, prennent des mesures atmosphériques, prélèvent des échantillons, livrent des images prodigieuses de l'espace et de son activité. Pour que nous puissions comprendre comment s'est formé notre monde et comment il se déformera. ■

POUR EN SAVOIR PLUS :

- André Lebeau, *L'Espace, les Enjeux et les Mythes*, "Sciences", Hachette, 1998.
- Pierre Léna, *L'Espace pour l'homme*, "Domino", Flammarion, 1993.

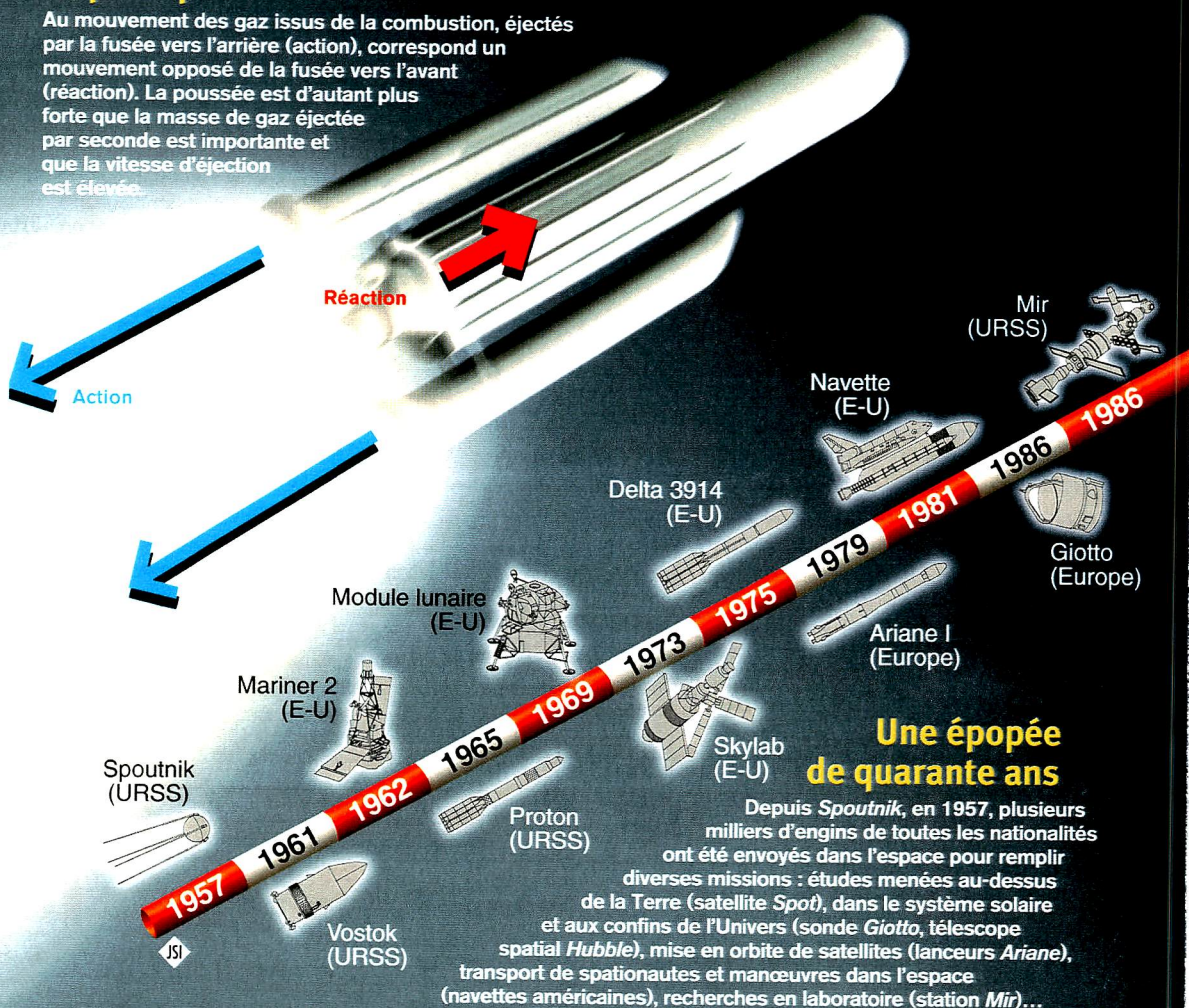
L'aventure spatiale

Triompher de la pesanteur

382 personnes ont voyagé dans l'espace.
20840,5 jours/hommes de vols habités dans l'espace.
Le record est détenu par le Russe Valeri Poliakov : 678,7 jours en deux missions.
61,23 jours/hommes de sortie dans l'espace.
Le record est détenu par le Russe Anatoli Soloviev : 71 h 35 min en quatorze sorties.

Le principe du moteur-fusée

Au mouvement des gaz issus de la combustion, éjectés par la fusée vers l'arrière (action), correspond un mouvement opposé de la fusée vers l'avant (réaction). La poussée est d'autant plus forte que la masse de gaz éjectée par seconde est importante et que la vitesse d'éjection est élevée.



En impesanteur



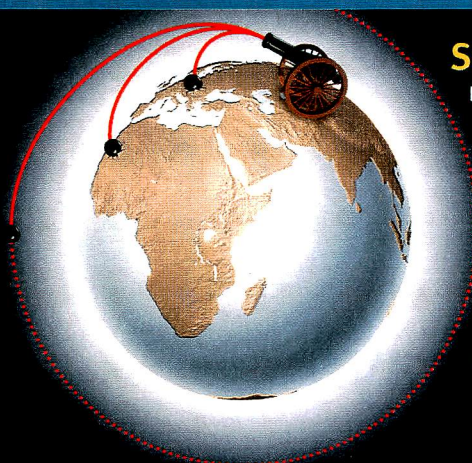
Sur Terre, les différences de densité entraînent des mouvements et des séparations de phases.



En impesanteur, les différences de densité n'ont plus d'effet. D'autres forces, habituellement masquées par la gravité, se révèlent.

Une épopée de quarante ans

Depuis *Sputnik*, en 1957, plusieurs milliers d'engins de toutes les nationalités ont été envoyés dans l'espace pour remplir diverses missions : études menées au-dessus de la Terre (satellite *Spot*), dans le système solaire et aux confins de l'Univers (sonde *Giotto*, télescope spatial *Hubble*), mise en orbite de satellites (lanceurs *Ariane*), transport de spationautes et manœuvres dans l'espace (navettes américaines), recherches en laboratoire (station *Mir*)...



Satellisation

Satellisation réussie

La courbure de la trajectoire d'un projectile devient égale à celle de la Terre lorsque la vitesse de celui-ci dépasse 7,9 km/s. L'objet lancé suit alors un parcours circulaire autour de la Terre : il est satellisé. Mais cela n'est pas possible à moins de 150 km d'altitude (épaisseur de l'atmosphère). A de telles vitesses, l'atmosphère freine le projectile et le détruit par échauffement.

Delta Clipper
(E-U)

GSLV
(Inde)

Ariane V
(Europe)

H2
(Japon)

Hubble
(E-U)

Station spatiale
(Internationale)

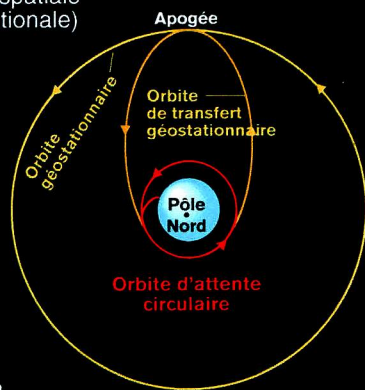
Radarsat
(Canada)

LM 2E
(Chine)

Spot 1
(France)

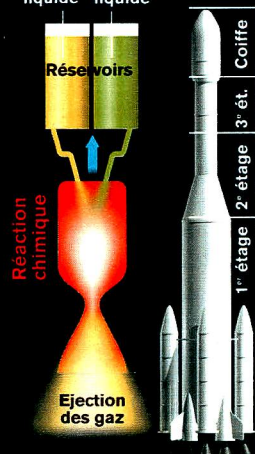
La mise en orbite

Pour placer un satellite en orbite géostationnaire, une procédure consiste à le mettre tout d'abord sur une orbite d'attente circulaire. On augmente ensuite sa vitesse de façon à lui faire suivre une orbite elliptique, dont l'apogée se situe à la même distance que l'orbite géostationnaire. Une seconde impulsion installe le satellite sur l'orbite géostationnaire circulaire, à 36 000 km de la Terre dans le plan de l'équateur. Le satellite effectue sa révolution en un jour et paraît donc fixe par rapport à la Terre.



MOTEUR-FUSÉE

Oxygène liquide Hydrogène liquide



Moteurs!

Dans un moteur-fusée, deux substances chimiques sont mises en présence : leur mélange brûle en libérant des gaz à grande vitesse. Le moteur du 3^e étage d'Ariane 4, celui qui permet au lanceur d'atteindre la vitesse de mise en orbite, utilise un mélange d'oxygène et d'hydrogène liquides, combustible très performant. Les moteurs du 1^{er} et du 2^e étages lui servent respectivement à décoller et à sortir de l'atmosphère.



Largués en plein vol

Les différents éléments d'Ariane 4, dont la vocation est de placer un satellite en orbite, sont largués les uns après les autres afin d'alléger le lanceur. La mission d'Ariane s'achève lorsqu'elle libère le satellite sur l'orbite de transfert, moins d'une demi-heure après le décollage.

**Claudie
André-Deshays**

«Le désir d'aller toujours plus loin»

Seule femme française à s'être rendue dans l'espace, en août 1996, à bord de la station russe *Mir*, Claudie André-Deshays est responsable, au Centre national d'études spatiales, des programmes de physiologie et de médecine spatiale. Elle milite ici en faveur de la présence humaine dans l'espace et défend le projet de station internationale, dont elle attend de grandes avancées scientifiques.

PROPOS
RECUEILLIS
PAR
CATHERINE
CHAUVEAU

Science & Vie : Le projet de station spatiale internationale vient de démarrer. Conçue pour accueillir des humains, cette station coûte très cher; elle a donc ravivé le débat sur l'utilité d'envoyer des hommes dans l'espace...

Claudie André-Deshays : Ce débat me semble dépassé. Il ne peut de toute façon avoir lieu que sur le plan intellectuel, car les décisions sont déjà prises. Aller dans l'espace est un rêve dans lequel l'humanité s'est engagé depuis des décennies. Pourquoi y renoncer? Les capacités des systèmes automatiques se sont grandement améliorées, mais elles ne se substituent pas à celles des hommes. En ce qui nous concerne, au plan national, ce serait dommage de renoncer au vol habité, alors qu'avec un budget de l'ordre de 1 % de ce-

lui du CNES la France est parvenue à s'imposer, au sein de la rude coopération des diverses nations spatiales.

Le projet me semble très important, car il rassemble, dans un but pacifique, Américains, Russes et Européens. C'est une expérience que j'ai vécue de l'intérieur, ayant passé plusieurs années à la "cité des étoiles", à Moscou, avec mes collègues russes. Il y a dix ans, quand cette aventure a commencé, on était encore en pleine lutte de pouvoir entre les deux grandes puissances. Aujourd'hui, on peut dire que c'est la seule expérience de cet ordre qui fonctionne et qui tire donc vers le haut les autres projets civils internationaux. Pour la communauté scientifique, c'est la possibilité de mener de nouvelles recherches dans des laboratoires orbitaux.



PARCOURS

1957 : naît au Creusot (Saône-et-Loire).

1981 : docteur en médecine.

1984 : spécialisation au service de rhumatologie de l'hôpital Cochin, à Paris.

1985 : reçue au Centre national d'études spatiales (CNES) comme candidate spatonaute.

1990 : responsable au CNES des programmes de physiologie et de médecine spatiale.

1992 : désignée comme doublure du spatonaute Jean-Pierre Haigneré pour la mission franco-russe Altair (1993).

1996 : mission Cassiopée à bord de la station russe *Mir*, du 17 août au 2 septembre. Publie *Une Française dans l'espace*, avec Yolaine de la Bigne, Plon.

L'aventure spatiale

S & V : Justement, pour nombre de scientifiques, les expériences menées ne sont pas primordiales, et elles servent de prétexte à des intérêts hégémoniques, industriels...

C. A.-D. : Chaque nation engagée dans ce projet a sans doute des objectifs différents, liés, bien sûr, à ses capacités propres en matière d'astronautique et d'expérience de l'espace. Mais, comme il s'agit d'un projet international, ces capacités deviennent complémentaires, et l'important est de trouver des compromis.

Quant aux laboratoires spatiaux, leur grand intérêt est qu'on peut y mener des expériences dans des conditions d'impensable non reproductibles au sol. Dans le domaine de la biologie, par exemple, l'objectif est fondamental. Il s'agit de comprendre comment la gravité intervient dans le développement et le fonctionnement des êtres vivants – végétaux, animaux et humains. Il semble aussi qu'on puisse attendre des résultats importants dans les phénomènes physiques qui caractérisent les fluides et les matériaux.

En expérimentation spatiale, on n'a pas le droit à l'échec. Notre ambition se situe donc dans la qualité de la démarche, la parfaite adéquation entre la question posée et le protocole défini. Ce qui constitue un gain de rigueur pour la science en général. Par ailleurs, les contraintes de sécurité qu'implique la présence de l'homme dans l'espace représentent un coût certain, mais elles engendrent un progrès et des inventions technologiques transpo-

ce est donc très forte. Les Russes échangent une expérience qu'ils étaient les seuls à posséder, celle des vols de longue durée, contre de l'argent, ou plutôt contre le maintien de leur présence dans l'espace.

Du côté européen, on tente d'acquérir des techniques, telles que le rendez-vous en orbite. Nous ne nous sentons pas vassaux, comme on le dit souvent, des Etats-Unis, car nous avons des objectifs clairs, bien définis, et le budget qui y correspond. On fera en sorte qu'il y ait un maximum de retombées technologiques et scientifiques.

S & V : Dans l'espace, comme à leur retour sur la Terre, les spationautes souffrent physiologiquement et psychologiquement. D'où la question : n'est-il pas illusoire d'estimer que l'espace peut être un habitat pour l'homme ?

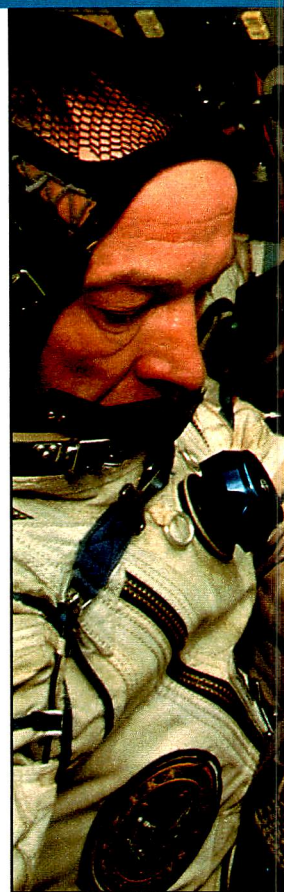
C. A.-D. : Ce fut surtout dur pour les pionniers... A présent, les risques et les effets sont mieux évalués. Nous sommes des professionnels très prévenus, très entraînés. Il n'est pas vain d'envisager à long terme une colonisation de l'espace.

S & V : L'homme sur Mars, c'est donc pour bientôt ?

C. A.-D. : La prochaine étape serait plutôt une base lunaire – sur la face cachée de la Lune, un lieu absolument extraordinaire pour installer un télescope astronomique, car il ne serait perturbé par aucune onde, aucune radiation. Les projets lunaires ont reculé dans les priorités à cause des contraintes budgétaires. On prévoit une durée d'exploitation d'une quinzaine d'années pour la station spatiale internationale.

Ça nous conduit à 2010, 2015. Il est peu probable que le projet lunaire commence avant. Le programme martien se

situera donc au plus tôt à l'horizon 2020. De toute façon, pour l'instant, il présente des obstacles insurmontables, principalement physiologiques. Pendant la très longue durée du vol – six mois au moins –, les spationautes seraient amenés à vivre en microgravité, car on n'a pas



Retombées médicales

Pour Claudie André-Deshays (ici, en 1996, pendant l'entraînement avant le vol à bord de *Mir*), l'observation des spationautes en impesanteur permettra de mieux connaître les processus du développement physiologique. Avec, à la clef, des applications dans le traitement de maladies cardio-vasculaires ou osseuses, par exemple.

L'orbite basse n'apparaît plus que comme la "banlieue" de la Terre

sables ensuite à l'aviation, aux modes de propulsion, au domaine médical.

S & V : Quelle place l'Europe pourrait-elle occuper dans le domaine des vols habités ?

C. A.-D. : Les Américains ont mis énormément d'argent dans ce projet, leur présen-



P. CANTON/SCYEMA

aujourd'hui les moyens opérationnels de reproduire artificiellement la gravité dans un vaisseau spatial. Ils seraient plutôt mal en point à leur arrivée. Or, pour travailler sur une planète à l'environnement si hostile, il faut être en pleine forme.

Il faut également prévoir des protections contre l'effet des radiations. Lors des vols en orbite basse, en cas d'alerte – éruption solaire, flux radioactif élevé –, on peut se réfugier dans une partie mieux protégée de la station, ou décider de rapatrier l'équipage. Ce qui n'est pas envisageable lors d'une mission sur Mars.

Il y a aussi des problèmes psychologiques. Se trouver à une si colossale distance de sa planète, ne plus la voir que comme un tout petit point dans l'espace, c'est une autre sensation que celle qu'on éprouve en orbite basse, quand on sait que la Terre est à deux ou trois heures. D'ici à vingt ans, on aura vraisemblablement avancé dans les modes de propulsion; peut-être aura-t-on les moyens d'aller plus vite sur Mars.

S & V : Pour y faire quoi?

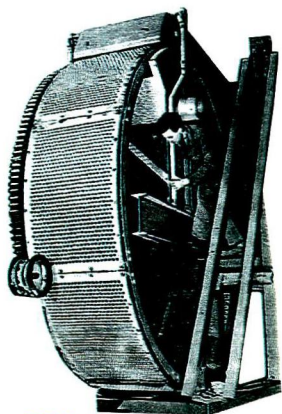
C. A.-D. : Pour faire avancer la présence de l'homme dans l'espace! Le désir d'aller toujours plus loin est ancré dans l'esprit humain. L'orbite basse n'apparaît plus que comme la banlieue de la Terre. La technologie que l'homme a mise en œuvre rend bien sûr possible la conquête de l'espace. Mais on ne s'approprie quelque chose de si inconnu et de si mystérieux qu'en y allant physiquement.

Pour certains, le jeu n'en vaut pas la chandelle, puisqu'on peut se projeter sur Mars grâce aux images virtuelles. Mais le monde virtuel me paraît stérile, peu épanouissant. A un moment donné, il faut aller à la rencontre de la réalité. Les jeunes, et les moins jeunes, vibrent quand les spationautes racontent leur fabuleuse aventure. Pouvoir se dire qu'on voyagera un jour dans l'espace, quelle motivation!

S & V : Un argument purement émotif?

C. A.-D. : Il n'a rien de honteux. Le rêve fait partie de la vie...

Il y a 45 ans



Filtre à poissons

Cette roue métallique de 7 tonnes a pour fonction de protéger les turbines électriques d'une usine de la côte sud de l'Angleterre contre les anguilles et les saumons qui ont envahi les conduites d'eau, et ainsi bloqué les machines. La productivité y trouvera son compte. Les poissons aussi...

Magnétophone télécommandé

Plus besoin de transporter le magnétophone : dicté par le patron au boîtier télécommandé, le courrier s'enregistre sur un appareil à portée de la dactylo. Il est possible de relier plusieurs "dicteurs" à l'enregistreur de la dactylo.



SCIENCE ET VIE

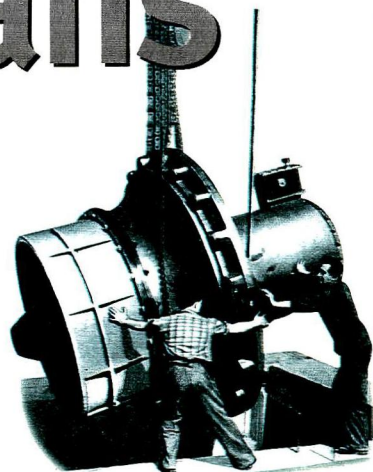
FÉVRIER 1954 N° 427 1300 FRANCS

• L'IMPUYABLE PANAMÉRICAIN
pour les hommes et pour la mécanique
• LE PRODIGEUX ESSOR
DE L'ARCTIQUE SOVIÉTIQUE

FÉVRIER 1954

Cet hélicoptère à réaction par éjection d'air comprimé est moins bruyant qu'un vélomoteur grâce à l'emploi d'une turbine à gaz qui envoi l'air au bout de la pale. Une formule qui a tardé à voir le jour car il manquait aux constructeurs le générateur d'air comprimé combinant légèreté et consommation acceptable.

TOUS DROITS RÉSERVÉS

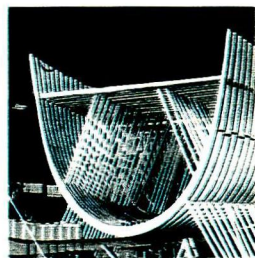


Barrage sur les basses chutes d'eau

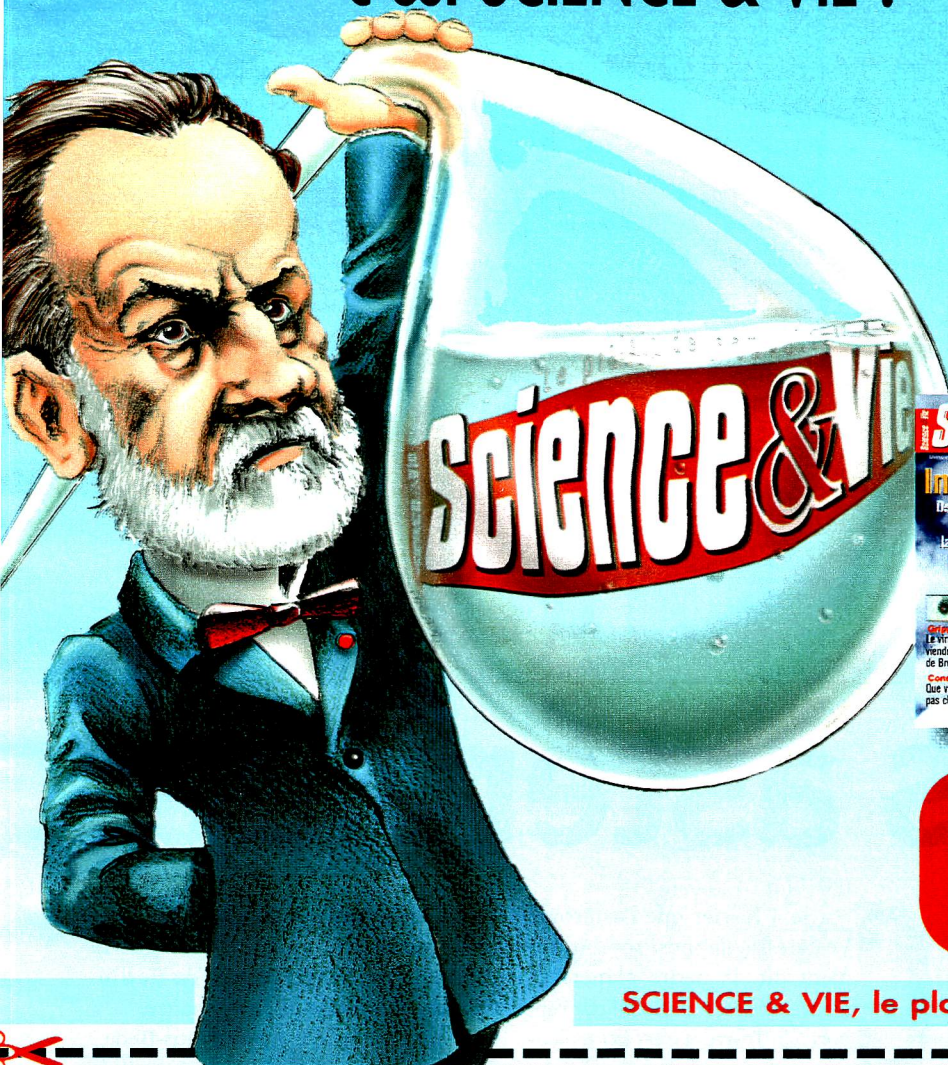
Le "groupe Bulbe", qui associe une turbine et son alternateur, réduit le coût de l'installation hydroélectrique des basses chutes d'eau, tout en améliorant le rendement du barrage – qui peut alors atteindre 90%. L'usine abritant les alternateurs est supprimée, et ces derniers sont noyés avec les turbines dans la veine d'eau du barrage.

Du bois plus solide que l'acier

Pour déjouer les mines, des chantiers navals américains ont réalisé des bâtiments antimagnétiques en bois laminé, obtenu en maintenant sous pression des planches enduites d'un liant spécial. Quilles et membrures se sont révélées plus résistantes que des pièces en acier de même épaisseur.



Le meilleur vaccin contre la désinformation : c'est SCIENCE & VIE !



226
francs
seulement

SCIENCE & VIE, le plaisir de savoir.

Bulletin d'abonnement à SCIENCE & VIE

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

Oui

Je m'abonne à **SCIENCE & VIE**
pour **1 an** soit 12 mensuels.

● Je règle la somme de **226 francs*** seulement.

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

_____ Code postal _____

Ville _____

Je choisis de régler par :

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

N° _____

expire à fin _____ mois _____ année

_____ Date et signature obligatoires

*Au lieu de 276 francs prix normal de vente des magazines chez votre marchand de journaux

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1999 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE MÉTROPOLITAINE

Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone
au 01 46 48 47 17 ou Minitel : tapez 36 15 ABON

SV 977

Le ciel du mois

PAR YVES DELAYE



La loi

des astéroïdes

L'astéroïde
243 Ida
photographié
par la sonde
Galileo.

C'est le 4 février que l'astéroïde Vesta est à l'opposition. Autrement dit, la petite planète se trouve opposée au Soleil par rapport à la Terre, et c'est la meilleure période pour l'observer. Elle se trouve dans le Cancer, à la limite du Lion. Sa magnitude de 6,2 implique l'emploi d'une paire de jumelles ou d'un télescope. Pour la localiser, mieux vaut de commencer par repérer sa position sur une carte. Ses coordonnées le 4 février sont : AD (ascension droite) = 9 h 16 et D (déclinaison) = + 22°16'.

La découverte des astéroïdes est due aux recherches menées en suivant la loi de Titius-Bode. En 1772, l'astronome allemand Johann Daniel Tietz, dit Titius, formula une loi mathématique de la répartition des distances des planètes au

Soleil. Son travail passa inaperçu, et c'est seulement trois ans plus tard que le directeur de l'observatoire de Berlin, Johann Elert Bode, la fit connaître.

En quoi consiste la loi de Titius-Bode ? On forme la suite des dix nombres 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384, 768, qui, à

DISTANCE DU SOLEIL

Planète	Distance réelle	Distance selon la loi de Titius-Bode
Mercure	0,39	0,40
Vénus	0,72	0,70
Terre	1	1
Mars	1,52	1,60
		2,8
Jupiter	5,2	5,2
Saturne	9,6	10
Uranus	19,2	19,6
Neptune	30,1	38,8
Pluton	39,4	77,2

partir du deuxième, est une progression géométrique de raison 2. On ajoute ensuite 4 à chaque nombre, puis on divise par 10. Le résultat est le suivant : 0,4 ; 0,7 ; 1 ; 1,6 ; 2,8 ; 5,2 ; 10 ; 19,6 ; 38,8 ; 77,2.

Si l'on compare ces nombres aux distances réelles des planètes au Soleil, en prenant la distance de la Terre pour unité, on obtient le tableau page ci-contre.

Ce qui frappa Titius et Bode, c'est l'absence de planète à la distance 2,8 – d'autant qu'à cette époque Uranus, Neptune et Pluton n'avaient pas été découvertes. On s'interrogea encore plus quand, en 1781, le Britannique William Herschel découvrit Uranus à la "bonne distance". Cette brillante confirmation de la loi de Titius-Bode incita plusieurs astronomes à partir à la recherche de la "planète 2,8".

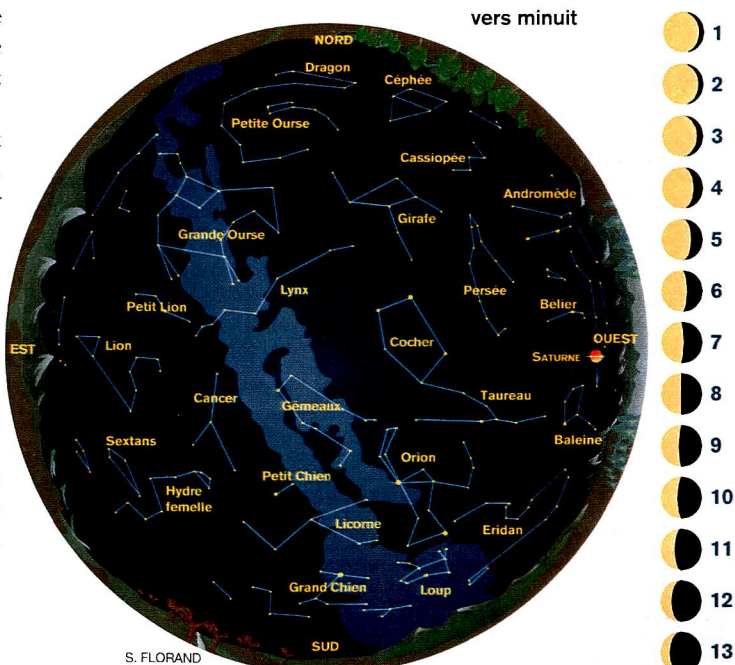
UN CRATÈRE GÉANT SUR L'ASTÉROÏDE

Le 1^{er} janvier 1801, l'astronome sicilien Giuseppe Piazzi découvrit dans la constellation du Taureau une petite planète gravitant à la distance de 2,8 du Soleil. Piazzi la nomma Cérés, du nom de la divinité protectrice de la Sicile. Quinze mois plus tard, le 28 mars 1802, l'Allemand Eric Olbers observa un nouvel astéroïde à 2,77 unités astronomiques (UA) du Soleil, auquel il attribua le nom de Pallas. Puis, en 1804, l'astronome allemand Karl Ludwig Harding découvrit Junon (2,67 UA) et, en 1807, Olbers identifia Vesta (2,4 UA).

Grâce au télescope spatial *Hubble*, nous savons à présent que l'astéroïde Vesta a un diamètre de 525 km et tourne sur lui-même en 5 h 20 min. Les photos à haute résolution montrent un cratère géant de près de 450 km de diamètre – énorme par rapport au diamètre de l'astre. S'il y avait un tel cratère sur la Terre, il occuperait tout l'océan Pacifique !

Celui de Vesta témoigne d'un lointain passé mouvementé. La collision qui a présidé à sa formation aurait éjecté dans l'espace plus de 4 millions de mètres cubes de matière. Or, 6 % des météorites trouvées sur notre planète ont la même composition que Vesta. Une partie d'entre elles doit donc provenir de l'astéroïde...

ASTRES ET LUNE EN FÉVRIER



LES PLANÈTES

Mercur

En conjonction avec le Soleil le 4. Il faut donc attendre la fin du mois pour la voir se dégager dans les lueurs du crépuscule, au sud-ouest.

Vénus

Resplendissante au sud-ouest, dès le coucher du Soleil. Belle conjonction avec Jupiter le 23.

Mars

La planète rouge se rapproche lentement

de son opposition, aussi les conditions d'observation s'améliorent-elles. A suivre dans la seconde partie de la nuit, à la limite de la Vierge et de la Balance.

Jupiter

La planète géante est visible deux heures après le coucher du Soleil.

Saturne

Au coucher du Soleil, elle vient tout juste de passer le méridien sud.

LES GRANDS RENDEZ-VOUS

Mercredi 17

Vers 19 h, conjonction de la Lune en fin croissant avec Mercure. A suivre aux jumelles.

Jedi 18

Conjonction de la Lune et de Vénus en soirée, au-dessus de l'horizon sud-ouest. Jupiter est à proximité.

Samedi 20

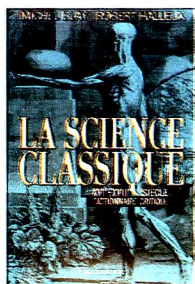
Beau rapprochement de la Lune et de Saturne, plein ouest, au crépuscule.

Mardi 23

Extraordinaire conjonction de Jupiter et de Vénus, en soirée, au sud-ouest. Les deux planètes, séparées d'à peine 8', seront visibles ensemble dans un télescope !

Trois siècles de fondation

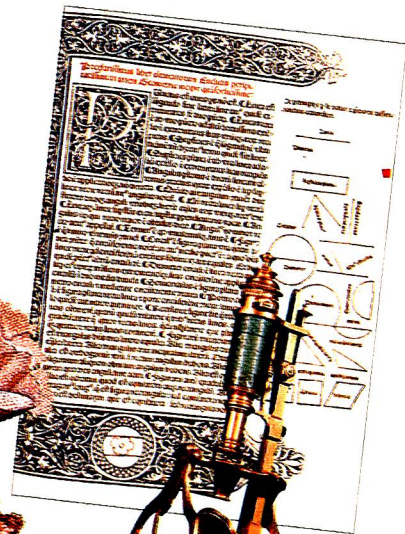
LA SCIENCE CLASSIQUE
xvi^e-xviii^e siècle, dictionnaire critique
sous la direction de Michel Blay
et Robert Halleux



C'est un travail monumental que de regrouper dans un seul livre trois siècles de développements scientifiques, qui sont précisément ceux des origines de la science moderne. Cet ouvrage est le quatrième d'une série de dictionnaires critiques (*la Révolution française*; 1938-1948, *les Années de tourmente*; le *Savoir grec*) qui font référence dans leur domaine.

Menées par les plus grands spécialistes, ces études concises (des textes de quelques pages quel que soit le thème) satisferont les plus exigeants historiens des sciences, tout en initiant aux vrais problèmes le plus grand nombre de lecteurs. Autrement dit, il s'agit ici non pas de vulgarisation – au sens d'un rappel des connaissances de base – mais de mise en perspective des savoirs (ce qui rend parfois la lecture ardue). Qui aurait osé analyser en si peu de mots l'apport de Galilée, le rôle des voyages ou l'influence de Platon, sans jamais céder à la simplification?

De droite à gauche : un microscope datant de 1752, la première édition incunable des *Éléments de géométrie* d'Euclide (1482), un zoophyte à mi-chemin de la plante et de l'animal (1770); et, ci-dessous, une représentation du cœur et du système digestif (1512).



Le livre est divisé en quatre grandes parties : "Milieux, réseaux, institutions", "Acteurs", "Concepts et débats" et "Territoires du savoir". Dans chacune, les articles sont classés par ordre alphabétique. Mais la grande force de l'ouvrage réside dans les angles choisis, aussi divers qu'originaux.

Ainsi, dans la première partie, on trouve des textes sur la correspondance, les jésuites ou la Révolution française. La seconde, centrée sur les grands hommes, en rehausse certains, tels qu'Euler, Harvey ou Paracelse. Dans la troisième et la quatrième parties, les thèmes font le tour des grands problèmes scientifiques comme "atomisme", "force", "homme", "matière", etc.

Une œuvre de référence, véritablement originale dans le domaine de la diffusion des savoirs.

Jean-François Robredo

Flammarion, 872 p., 395 F.

La relativité après Einstein

LA RELATIVITÉ DANS TOUS SES ÉTATS

Laurent Nottale

Quelle est la loi la plus fondamentale de la nature, le principe unificateur de l'Univers, la condition même de la connaissance scientifique? C'est la relativité. Ou plutôt le "principe de relativité", qui stipule que les lois de la nature sont valides dans n'importe quel système de référence.

Galilée l'inaugure, voilà quatre siècles, en montrant que les lois de la mécanique sont les mêmes qu'on soit immobile ou en mouvement uniforme. Einstein étend ce principe à l'électromagnétisme (relativité restreinte), puis à n'importe quel mouvement, même accéléré (relativité générale).

Laurent Nottale, astrophysicien à l'Observatoire de Paris-Meudon, veut aller encore plus loin : il propose d'étendre la relativité aux transformations entre échelles de grandeur. Ce n'est encore qu'une hypothèse, non prouvée expérimentalement, mais, à en croire Nottale, la "relativité d'échelle" pourrait résoudre quelques énigmes majeures de la physique.

En poussant la relativité dans ses derniers retranchements, il parvient à un espace-temps "fractal", c'est-à-dire non pas lisse et continu à petite échelle, mais comme morcelé à l'infini ! Les effets quantiques ne seraient alors rien d'autre que les manifestations de cet espace-temps fractal, et l'auteur montre comment les étranges axiomes de la physique quantique (abandon des notions de position et de vitesse, "dualité" onde-corpuscule, caractère probabiliste, etc.) pourraient naturellement

LA MORT EN PLEIN CIEL

CATASTROPHES AÉRIENNES

Jean-Pierre Otelli

L'auteur, pilote professionnel, leader de la patrouille acrobatique marocaine la Marche verte, compte plus de dix mille heures de vol. C'est dire que, quand il évoque

un accident aérien, il sait de quoi il parle. Loin du sensationnalisme, il cherche à faire comprendre qu'une catastrophe est toujours le résultat d'un faisceau de causes, à la fois techniques et humaines. Il s'appuie sur des récits détaillés, exempts de jugement de valeur ou de condamnation.

Dans la même collection, *les Miraculés du ciel*. **Germain Chambost**

.....
Altipresse, 346 p., 135 F.



Réconciliation

A partir d'une séduisante hypothèse, Laurent Nottale réconcilie les physiques classique et quantique.

découler de la relativité d'échelle...

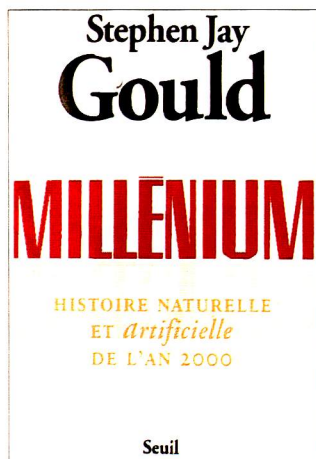
Ainsi, poursuivant l'œuvre unificatrice des relativités précédentes (qui ont marié lumière et matière, espace et temps, matière et énergie, gravitation et mouvement), la relativité d'échelle réconcilierait les physiques classique et quantique. Laurent Nottale évoque les vertigineuses conséquences de sa théorie en matière d'écoulement du temps, de cosmologie, de physique des particules...

Impossible, évidemment, de nous prononcer sur la validité scientifique de cette séduisante hypothèse. Mais, si ce livre vaut d'être lu, c'est aussi pour ses exposés sur les relativités de Galilée et d'Einstein, sur la physique quantique et sur la fractalité, qui allient rigueur et remarquables qualités de vulgarisation, simplicité et profondeur, dans un style limpide – et sans équations.

Hélène Guillemot

.....
Hachette Littératures, 320 p., 130 F.

C'est quand le XXI^e siècle ?



Problèmes de calendrier

Toutes les vieilles questions récurrentes que réveille l'approche de l'an 2000.

MILLENNIUM
Histoire naturelle
et artificielle de l'an 2000
Stephen Jay Gould

C'est un livre étonnant que nous propose Stephen Jay Gould. Il n'est pas question ici d'analyses géologiques, archéologiques ou anthropologiques : le grand spécialiste de l'histoire de la vie (qui a publié, notamment, *La vie est belle* et *l'Eventail du vivant*, au Seuil) s'est penché

sur notre rapport au temps.

L'occasion était trop belle : nous sommes certains que le XXI^e siècle va advenir, mais nous ne savons pas quand exactement... De quoi se poser quelques questions intemporelles.

Gould donc mène une enquête historique en trois énigmes passionnantes (on est loin ici des exposés savants et sans saveur...). Première énigme : pourquoi le millénarisme se confond-il avec le millénaire ? La réponse est dans la Bible, par-

ticulièrement dans l'Apocalypse du Nouveau Testament, et dans les interprétations postérieures de l'origine du monde. Pour ceux que la précision intéresse, selon de nombreux exégètes, l'Apocalypse est prévue deux mille ans après la naissance du Christ...

Mais, justement, la deuxième énigme peut s'exposer ainsi : c'est quand, le XXI^e siècle ? Une vive querelle a opposé ceux qui pensent qu'il commencera le 1^{er} janvier 2000 et ceux pour qui il surviendra le 1^{er} janvier 2001.

Gould nous rappelle que la faute en revient entièrement à un moine du VI^e siècle, Denys le Petit, qui décida après de savants calculs d'appeler le 1^{er} janvier de l'an 0, le premier janvier de l'an 1. Erreur inévitable, puisque le concept mathématique de zéro n'avait pas encore été inventé en Occident...

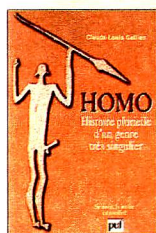
Mais si, rétrospectivement, la science peut résoudre ce problème, elle en pose d'autres, qui constituent la troisième énigme : combien de temps dure une année ? La réponse est des plus précises... et déconcertante : 365 jours, 5 heures, 48 minutes et 45,96768 secondes !

D'où les incommensurables casse-tête des calendriers pour régler la vie des hommes sur la régularité des astres. Calendrier julien contre calendrier grégorien ou calendrier révolutionnaire : la bataille du temps a fait rage à cause de cette incongruité de la nature, qui ne donne pas ses rendez-vous à des dates "rondes".

Sur toutes ces questions Gould sait exposer les problèmes, raconter les histoires avec un talent et une intelligence sans pareil. Il nous invite à savoir pour mieux nous réjouir (au-delà de nos craintes ou de nos espoirs). Et l'émotion est aussi au rendez-vous.

J.-F. R.

EN LIBRAIRIE



HOMO
Histoire plurielle d'un genre très singulier
Claude-Louis Gollien

Un ouvrage très complet et très sérieux sur l'histoire de l'homme. Des "Grands ancêtres" à "*Homo communicans*", en passant par *H. erectus*, l'homme de Neandertal et, bien sûr, *H. sapiens sapiens*,

toutes les découvertes sont expliquées et mises en perspective dans un domaine scientifique fort complexe et encore très controversé. Pour amateurs.

.....
PUF, 422 p., 159 F.

.....
Seuil, 121 p., 95 F.

Le grand bazar du bizarre

LES CHARLATANS DE LA SANTÉ

Jean-Marie Abgrall

Le spécialiste des sectes se penche sur les "patamédecines", ces médecines imaginaires que l'on dit douces, alternatives ou naturelles. Ce psychiatre et criminologue, auteur de *la Mécanique des sectes* (1996), s'est aperçu, au fil de son enquête, qu'elles disposent d'un agent de recrutement très puissant par le biais des médecines parallèles. L'auteur montre à quel point elles reposent sur des théories plus échevelées les unes que les autres et sont propices à la manipulation des individus. L'affaire devient grave lorsque, en cas de maladie grave, les adeptes des soins irrationnels refusent la médecine classique.

De l'homéopathie à l'auriculothérapie en passant par l'eurythmie curative, les cristallisations sensibles, la méthode To-



matism ou la réflexologie plantaire, Jean-Marie Abgrall nous fait découvrir le grand bazar du bizarre et ses théories fumeuses dont la plupart font appel à l'"être cosmique" et à l'"énergie vitale". Termes ésotériques qui font d'autant plus recette que la médecine orthodoxe échoue à prendre en considération le malade en lui-même pour privilégier seulement l'organe et le symptôme.

Un livre à lire avant d'acheter sa dose d'Oscilloccinum, médicament miracle contre la grippe et le rhume... qui n'est autre qu'une dilution homéopathique d'un extrait de foie et de cœur de canard de Barbarie!

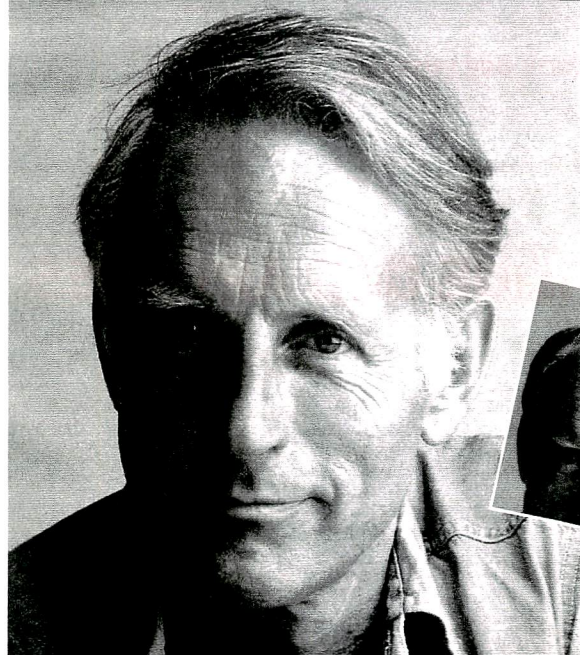
Philippe Chambon



.....

Documents Payot, 254 p., 110 F.

CALVITIE



**Des cheveux naturels
et définitifs
grâce aux techniques
médicales les plus
modernes.**



CLINIQUE MATIGNON

1 AVENUE MATIGNON 75008 PARIS

RENSEIGNEMENT ET DOCUMENTATION SUR SIMPLE DEMANDE - TÉL: 01 53 83 79 79 - 3617 INFO CHAUVÉ - www.clinique-matignon.com

Index 1998

par Monique Vogt et Pierre Parreaux

Science & Vie (mensuel) - Numéros 964 à 975
Science & Vie Hors série (trimestriel) - Numéros 202 à 205
Les Cahiers de Science & Vie (bimestriel) - Numéros 43 à 48
Science & Vie éditions spéciales - Numéros 10 et 11

SIGNIFICATION DES ABRÉVIATIONS

Les lettres figurant dans la colonne « Type » désignent :

- A** : un article ;
E : un écho paru dans l'une de nos chroniques d'actualité : Recherche, Environnement, Technologie, Médecine, Pl@net ;
F : un texte du Forum, notre courrier des lecteurs ;
R : un texte de la rubrique Astronomie ou Internet ;
HS : un article paru dans Science & Vie Hors série ;
CS : un article paru dans les Cahiers de Science & Vie.
ES : 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° 202 - mars : Les grandes expéditions scientifiques ; n° 204 - septembre : Le cerveau et le mouvement ;
 n° 203 - juin : Dossier France ; n° 205 - décembre : L'univers de la gravitation.

CAHIERS DE SCIENCE & VIE - 1000 ans de sciences :

- n° 43 - février : Le Moyen Âge ; n° 46 - août : Qui sommes-nous ? ;
 n° 44 - avril : Renaissance ; n° 47 - octobre : XVIII^e siècle, La Grande Encyclopédie ;
 n° 45 - juin : XVII^e siècle ; n° 48 - décembre : XIX^e siècle, La folie de la mesure.

ÉDITIONS SPÉCIALES

- Août/septembre : Un siècle d'aviation ;
 Novembre/décembre : 1999, le choc de l'euro.

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 (rouge), puis thématique (vert). Les thèmes sont eux-mêmes regroupés en trois grandes catégories (voir sommaire p. 167). 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. Ils peuvent y figurer chacun dans deux thèmes au maximum.

INDEX ALPHABÉTIQUE DES ARTICLES

A	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Académie royale (fondation de l') au XVII ^e s. par Alice Stroup	CS	45	22	Agroalimentaire (l'envolée de l'industrie) française par François Grosrichard	HS	203	106
Acupuncture : premières preuves scientifiques par Pierre Rossion	A	968	114	Aile d'avion "vivante", à courbure variable par André Bréand	A	972	102
ADN : les tests sont-ils fiables ? par Géraldine Magnan	A	969	77	Aimants : omniprésents, cent fois plus puissants par Renaud de La Taille	A	972	62
Aéroports de Paris : Beauvilliers, la polémique par Loïc Chauveau	A	965	147	Alimentation : faut-il manger bio ? par Marie-Laure Moinet	A	966	74
Agriculture européenne : réforme de la PAC par François Grosrichard	HS	203	109	Alimentation : le plaisir, c'est la santé par Philippe Chambon	A	967	73
Agriculture intensive : aliments toxiques par Pierre Rossion	A	971	60	Aliments qui donnent la santé : faut-il y croire ? par Géraldine Magnan	A	964	129
Agricultures (les) françaises par François Grosrichard	HS	203	101	Aménagement durable (pour un) du territoire par Corinne Lepage	HS	203	48

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Aménagement du territoire au XIXe s. <i>par André Guillemme</i>	CS	48	32	Champs magnétiques (faut-il avoir peur des) ? <i>par Pauline Gravel</i>	A	973	74
Angleterre en 1830 : études sur la mortalité <i>par Laure Schalchli</i>	CS	48	50	Changeux (Jean-Pierre) & les neurosciences	A	975	192
Antarctique : carottes glaciaires, passé du climat <i>par Philippe Testard-Vaillant</i>	HS	202	126	Chimie (éloge de la) au XVIIIe s. <i>par Bernadette Bensaude-Vincent</i>	CS	47	63
Apesanteur : adaptation des astronautes <i>par Gilles Clément</i>	HS	204	78	Chine (la) frappée par la sécheresse	A	975	88
Apollo (ce que nous ont appris les missions) <i>par Serge Jodra</i>	HS	202	115	Chine (la) s'ouvre à Internet (photos) <i>par Roman Ikonicoff</i>	A	970	86
Aquariums (la folie des) <i>par Marie-Sophie Germain</i>	A	965	125	Chinois (échanges avec les) à la Renaissance <i>par Florence Hsia</i>	CS	44	72
Arabes (savoirs) au Moyen Âge <i>par R. Morelon, J. Jolivet, N. Nehme & L. Bertrand</i>	CS	43	10	Chirurgie : l'école des téléchirurgiens (Strasb.) <i>par Philippe Chambon</i>	A	972	75
Arbres : simulation de croissance (photos) <i>par Isabelle Bourdial</i>	A	964	89	Colombie : inventaire botanique d'une nation <i>par Gilles Denis</i>	HS	202	32
Arme à foudre électrique paralysante <i>par Serge Brosse</i>	A	966	130	Comités d'entreprise européens (après Vilvorde) <i>par Laurence Lefèvre</i>	ES	11	98
Armes chimiques : comment s'en débarrasser ? <i>par Germain Chambost</i>	A	967	48	Constellation (du) à la Caravelle : 1946-1955	ES	10	70
Art & science : parcours S&V-LRMF au Louvre <i>par Didier Dubrana</i>	A	972	47	Coppens (Yves) : redéfinir les espèces humaines <i>par Catherine Chauveau & Sophie Chivet</i>	A	971	148
Aspirine (la super), médicament du XXe s. <i>par Marie-Laure Moinet</i>	A	971	45	Corail (la nuit du) <i>par Isabelle Bourdial & Jeff Rotman</i>	A	971	89
Astres (la naissance des) <i>par Philippe Henarejos</i>	HS	205	111	Coupe du monde : le football & la science <i>par J.-F. Robredo, H.-P. Penel, P. Traversian & P. Chambon</i>	A	969	117
Astrologie (pour en finir avec !) <i>par Gilles Moine</i>	A	964	52	Crèmes solaires (les dangers inconnus des) <i>par Géraldine Magnan</i>	A	970	92
Astronomie mathématique : problème "3 corps" <i>par Renaud de la Taille</i>	A	975	80	Cyclisme : le Tour de France high-tech <i>par Henri-Pierre Penel</i>	A	970	138
Atlas de Mercator : géographie & géométrie <i>par Maurice Mashaal</i>	CS	44	37	D			
Automate (un) à génome, qui se reproduit <i>par Roman Ikonicoff</i>	A	972	132	Darwin & la statistique <i>par Alice Rolland</i>	CS	48	80
Aviation (I!) de 1980 à nos jours	ES	10	95	Darwin : fondation de la théorie de l'évolution <i>par Daniel Becquemont</i>	HS	202	47
Aviation (un siècle d') : édition spéciale	ES	10	1	Darwin aujourd'hui : grille de lecture du vivant <i>par Patricia Chairopoulos</i>	HS	202	58
Aviation : les débuts & la grande guerre	ES	10	6	Décalage horaire (éclairage du genou contre le) <i>par Philippe Chambon</i>	A	966	72
Avions & hélicoptères de guerre 1960-1980	ES	10	76	Déchets (le transport polluant des) <i>par Gérard Morice</i>	A	971	104
Avions (les) du XXe s. <i>par Germain Chambost</i>	A	974	118	Déclinaison magnétique & navigation (XVIe s.) <i>par Stephen Pumfrey</i>	CS	44	26
Avions à réaction & hélicoptères 1945-1960	ES	10	57	Démographie : la France aujourd'hui <i>par Hervé Le Bras</i>	HS	203	90
Avions sans pilote : les drones attaquent <i>par Germain Chambost</i>	A	965	115	Dessins animés conçus en 3D sur ordinateur <i>par Claire Charpy</i>	A	975	132
Avions, lignes & compagnies entre deux guerres	ES	10	15	Dinosaures (musée d'Espéraza, la patrie des) <i>par Philippe Chambon</i>	A	974	101
B				Dinosaures (Tataouine, le sanctuaire des) <i>par Marie-Sophie Germain</i>	A	968	84
BD (la) en 3D (réalité virtuelle) <i>par Claire Charpy</i>	A	972	136	Dioxine, lait & incinération : dossier encombrant <i>par Marie-Laure Moinet & Philippe Chambon</i>	A	968	74
Bébé (comment le) construit le monde <i>par Annie Vinter</i>	HS	204	6	Doigts (pourquoi avons-nous cinq) ? <i>par Sophie Duroux</i>	A	964	60
Bébés conçus dans l'espace (science-fiction) <i>par Pierre Kohler</i>	A	973	150	Dopage (des muscles nourris au) <i>par Pierre Rossion</i>	A	974	81
Boeing, Concorde, Airbus... 1960-1980	ES	10	82	Dopage des sportifs : d'où vient la nandrolone ? <i>par Philippe Traversian</i>	A	966	68
Bois (filère) : feuillus ou résineux <i>par François Grosrichard</i>	HS	203	111	DVD : conflits techniques et commerciaux <i>par Henri-Pierre Penel</i>	A	966	134
C				E			
Calculateurs : les débuts de la mécanisation <i>par Eric Brian</i>	CS	48	95	École : nouvelles technologies de l'information <i>par R. Ikonicoff, N. Bloch-Sitbon & C. Charpy</i>	A	973	104
Cancer en France : atlas par département <i>par J.-M. Andrieu, P. Colonna & J. Delcourt</i>	A	968	97	Économie politique au XVIIIe s. <i>par Christine Théré</i>	CS	47	82
Cannabis (faut-il autoriser le) ? <i>par Géraldine Magnan</i>	A	964	43	Écriture : les gestes les plus complexes <i>par Paolo Viviani</i>	HS	204	36
Caveaux du IVe s. dans la Vienne avec tissu d'or <i>par Catherine Chauveau</i>	A	971	96	Einstein (expérience suisse contre relativité d') <i>par Roman Ikonicoff</i>	A	964	54
CD-Rom éducatifs (peut-on faire confiance aux) ? <i>par Claire Charpy</i>	A	973	112	Einstein : comment il a trouvé la relativité générale <i>par Alain Bouquet</i>	HS	205	73
Cerveau (découverte du) (Encyclopédie Xxe s.) <i>par J.-F. Robredo & C. Chauveau</i>	A	975	184	Einstein accusé du plagiat de David Hilbert <i>par Hélène Guillemot</i>	A	968	122
Cerveau (la face cachée du) : l'inconscient <i>par Roman Ikonicoff & Philippe Chambon</i>	A	975	69				
Cervelet : un séquenceur à mémoire <i>par Jean Massion</i>	HS	204	80				

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Encyclopédie (la Grande) au XVIIIe s. par F. Godoc, G. Orvas & R. Yeo	CS	47	7	France : la décentralisation à reculons ? par Guillaume Orvas	HS	203	44
Encyclopédie (la Grande) vue de l'étranger par Charles Gillispie	CS	47	90	France : métissage millénaire par Philippe Testard-Vaillant	HS	203	16
Encyclopédie au XVIIIe s., ancêtre de l'hypertexte par Eric Brian	CS	47	29	France, mosaïque de paysages (photos) par Patricia Chairopoulos	HS	203	79
Encyclopédie XXe s. : origine de l'univers par Leila Haddad	A	972	152	Frches agricoles (l'inattendu déclin des) par Germain Chambost	HS	203	113
Énergie 2020 : les trois scénarios français par Loïc Chauveau	A	968	172	Froid : à la conquête du zéro absolu par Renaud de La Taille	A	966	122
Énergie 2020 : pour une maîtrise de la demande par Loïc Chauveau	A	966	160	Fusion nucléaire : miracle ou mirage ? par Hélène Guillemot	A	967	54
Enseignement des nouveaux savoirs au XVIIe s. par Laurence Brockliss	CS	45	74				
Erreurs (la théorie des) formalisée au XIXe s. par Michel Armatte	CS	48	56	G			
Espace : les explorations du futur par Serge Jodra	HS	202	146	Gagarine : la mort d'un héros par Germain Chambost	A	970	124
Essence antipollution : l'avenir est à l'oxygène par Loïc Chauveau	A	964	149	Géodésie : formes étranges de la Terre par Claude Reyraud	HS	202	15
États-Unis : le pays où se fait la science par Loïc Chauveau	A	970	80	Géographie (nouvelle) de la Renaissance par Benjamin Braude	CS	44	46
Ethnologie moderne : Bronislaw Malinowski par Nicole Dauvin	HS	202	74	Géothermie RCS : les roches ont de l'énergie par Sophie de Salettes	A	967	138
Étiquettes radio intelligentes pour magasins par Henri-Pierre Penel	A	971	136	Geste (comment le cerveau commande le bon) par Alexa Riehle	HS	204	48
Étoile Pistol, la plus gigantesque de la galaxie ? par Philippe Henarejos	A	965	48	Geste (l'anticipation, le secret du) par Alain Berthoz	HS	204	68
Étoiles (le crépuscule des) par Philippe Henarejos	A	974	75	Girard (René) et l'unification européenne par Dominique Sicot	ES	11	120
Euro & les autres : dollar, franc CFA par A. Benmokhtar & G. Faes	ES	11	102	Grande Ourse (explosion dans la) par Philippe Henarejos	A	970	68
Euro (1999, le choc de l') : édition spéciale par Dominique Sicot	ES	11	1	Graphique (représentation) des nombres XIXe s. par Gilles Palsky	CS	48	64
Euro (l') va-t-il sauver l'Europe ? par Gérard Morice	A	968	130	Gravitation (les premiers maîtres de la) par Emmanuel Monnier	HS	205	23
Euroland (en marge d') : apprivoiser l'euro par Laurence Lefèvre & Claude Duneton	ES	11	40	Gravitation (mesures de la) par satellites par Serge Jodra	HS	205	142
Europe (la France dans l') par Raymond Barre	HS	203	152	Gravitation : théories du futur par Maurice Mashal	HS	205	150
Europe (le système) & son élargissement par Pascal Junghans	ES	11	112	Gravité (la) au quotidien (photos) par Emmanuel Monnier & Maurice Mashal	HS	205	35
Eurorégions : une carte encore floue par Denis Delbecq	HS	203	134	Gravité terrestre : nuages, vents & éruptions par Maurice Mashal	HS	205	60
Expéditions maritimes au XVIe s. par Françoise Godoc	CS	44	6	Grèce antique (voyage scientifique dans la) par Alain Schnapp	HS	202	37
Expérience (l') au XVIIe s., spécialité anglaise ? par Fabienne Lemarchand	CS	45	42	Grippe : le péril breton par Pierre Rossion	A	975	111
Explorateurs Aimé Bonpland, Alex. de Humboldt par Gilles Denis	HS	202	18	Grotte Chauvet (les anges gardiens de la) par Géraldine Magnan	A	965	80

F

Faucons (l'odyssée des) (photos) par Michel Auxéméry	A	967	100
Football : géométrie du terrain & de la "cage" par Renaud de La Taille	A	970	132
Force (mesure de la) & du travail humains XIXe s. par Robert Brain	CS	48	72
Forces (les) dans la nature par Serge Jodra	HS	205	7
Forêt (la vie de la) après le feu par Sophie de Salettes	A	970	104
Four Microwave Bank (Internet dans le) par Henri-Pierre Penel	A	974	170
Fourier (Jean-Baptiste), un préfet statisticien par Louis Beltrand & Emmanuel Monnier	CS	48	41
Français (les) connaissent-ils leur pays (sondage) par Philippe Testard-Vaillant	HS	203	4
France (construction millénaire de la) par Colette Beaune	HS	203	30
France (la) en cartes par Claude Reyraud & Sandrine Dyckmans	HS	203	55
France : extraordinaire position géographique par Philippe Pinchemel	HS	203	8
France : histoires d'origine par Léon Pressouyre	HS	203	24

H

Hémignégligence : le côté manquant du monde par Maryse Badan	HS	204	86
Hépatite B : les risques de la vaccination par Pierre Rossion	A	967	80
Histoire naturelle au XVIIIe s. par Emma Spary	CS	47	70
Homme (l') à travers 1 000 ans de sciences par Pierre Rossion	CS	46	1
Hôpital qui rend malade : infection nosocomiale par Pierre Rossion	A	965	90
Horloger (la naissance de l'univers) au XVIIe s. par Stephen Pumfrey	CS	45	32
I			
Imagerie médicale en 3D : révolution ou gadget par Marine Ystel	A	973	146
Industrie : géographie économique en France par Christian Stoffaes	HS	203	116
Industrie : panorama de 4 régions industrielles par Christian Stoffaes	HS	203	130
Informatique & télécom : du civil au militaire par Germain Chambost	A	975	121
Interféromètres géants p/ondes gravitationnelles par Patrice Hello	HS	205	134

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Internet : nous sommes tous fichés ! par <i>Sophie de Salettes</i>	A	974	142	Montre : trois moyens de se passer de piles par <i>Renaud de La Taille</i>	A	970	134
Internet à grande vitesse par <i>Bernard Porcher</i>	A	972	128	Moteur à air comprimé "zéro pollution" par <i>Catherine Cousin</i>	A	969	130
Internet conquiert le téléphone par <i>Henri-Pierre Penel</i>	A	971	116	Mouvement décomposé p/chronophotographie par <i>Claude Reyraud</i>	HS	204	59
Internet sur le réseau électrique par <i>Henri-Pierre Penel</i>	A	965	122	Mouvement réel, mouvement imaginé par <i>Jean Decety</i>	HS	204	134
Islande : le paradis des géologues par <i>Hélène Guillemot</i>	A	975	103	Moyen âge (des savoirs laïques au) par <i>Max Lejbowicz</i>	CS	43	70
L				Moyen Âge (fin du), la science passe à l'Occident par <i>Max Lejbowicz</i>	CS	43	93
Limaces (les) de mer qui dansent (photos) par <i>Isabelle Bourdial & Jeff Rotman</i>	A	965	74	Moyen Âge (les sciences en Occident au) par <i>G. Orvas, C. Michon, F. Pironet & P. Chairopoulos</i>	CS	43	34
Linux, le logiciel libre par <i>Jean-Patrice Solari</i>	A	973	134	Moyen Âge : l'homme vu par la science Musical (aux fondements du geste) par <i>Carolyn Drake</i>	CS HS	46 204	6 115
Livres & auteurs au Moyen Âge par <i>Alice Rolland & Max Lejbowicz</i>	CS	43	82	N			
Lucy (découverte de) en Éthiopie en 1974 par <i>Marité Bonal</i>	HS	202	118	Naines blanches, étoiles à neutrons & trous noirs par <i>Jean-Marc Bonnet-Bidaud</i>	HS	205	118
Lumière : duel entre Newton et Huygens par <i>Alan Shapiro</i>	CS	45	48	Nature (philosophie de la) au XVIIe s. par <i>John Henry</i>	CS	45	80
Lune (histoire des expéditions vers la) par <i>Serge Jodra</i>	HS	202	105	Navale (construction) au XVIIIe s. par <i>Hélène Vérin</i>	CS	47	54
Lune 2119, paradis terrestre (science-fiction) par <i>Philippe Henarejos</i>	A	971	127	Navigation (instruments de) à la Renaissance par <i>Jim Bennett</i>	CS	44	19
M				Neutrino (le) change le destin de l'Univers par <i>Hélène Guillemot</i>	A	971	52
Machines à calculer au XIXe s. par <i>Claude Reyraud & Eric Brian</i>	CS	48	85	Newton (les éternels succès des lois de) par <i>Jean-Marc Bonnet-Bidaud</i>	HS	205	70
Main adroite (la) par <i>Marc Jeannerod</i>	HS	204	30	Newton contre Descartes à la fin du XVIIe s. par <i>Robert Iliffe</i>	CS	45	56
Maisons intelligentes (science-fiction) par <i>C. Chauveau & J.-F. Robredo</i>	A	975	164	Nucléaire (les nouveaux mensonges du) par <i>Hélène Crie & Michèle Rivas</i>	A	973	57
Maladies infectieuses (Encyclopédie XXe siècle) par <i>C. Chauveau & J.-F. Robredo</i>	A	973	163	Nucléaire : conquête de l'atome (Encycl. XXe s.) par <i>Leila Haddad</i>	A	974	173
Marche (l'acquisition de la) par <i>Blandine Bril</i>	HS	204	17	O			
Marche (la subtile mécanique de la) par <i>Jean Pailhous</i>	HS	204	24	Objets et œuvres de la science (photos) par <i>Philippe Henarejos</i>	A	969	68
Mars Global Surveyor : photos de Mars par <i>Philippe Henarejos</i>	A	964	48	Océanographie (début) : expédition Challenger par <i>Patricia Chairopoulos & Claude Reyraud</i>	HS	202	63
Médecine (la) au XVIIe s. par <i>André Cunningham</i>	CS	45	64	Océans (expédition Lamont-Doherty au fond des) par <i>Naomi Oreskes</i>	HS	202	84
Médecins de Salerne au Moyen âge par <i>Jacques Verger</i>	CS	43	30	Océans (les) sous surveillance des satellites par <i>Patricia Chairopoulos</i>	HS	202	71
Médicaments (les Français malades de leurs) par <i>Philippe Chambon</i>	A	964	94	Ordinateur (l') affectif, pour la formation par <i>Roman Ikonoff</i>	A	971	118
Mémoire (les ravages de la fausse) par <i>Jacques Lecomte</i>	A	965	43	Ordinateurs d'hypermarché (que valent les) ? par <i>Henri-Pierre Penel & Jean-Luc Glick</i>	A	975	156
Météo : prévisions à long terme par <i>Hélène Guillemot</i>	A	969	60	Oresme (Nicole) au service de Charles V par <i>Guillaume Orvas</i>	CS	43	79
Métiers de l'économie pour 1999 avec l'euro par <i>Pascal Junghans</i>	ES	11	34	Organes humains (culture des) au Québec par <i>Pauline Gravel</i>	A	973	78
Militaire (mathématiques de l'art) au XVIIIe s. par <i>Ken Alder</i>	CS	47	48	Orient-Occident au Moyen âge (chronologie) par <i>Najat Nehmé</i>	CS	43	5
Mines et histoire des sols au XVIIIe s. par <i>Patrice Bret</i>	CS	47	78	Origine de l'homme (Encyclopédie XXe s.) par <i>C. Chauveau & J.-F. Robredo</i>	A	971	139
Mirages gravitationnels & galaxies lointaines par <i>Jean-Paul Kneib</i>	HS	205	126	Origine de la vie : tous des extraterrestres ! par <i>Pierre Kohler</i>	A	973	69
Missile soviétique Bounia & nucléaire contre E.U. par <i>Vladimir Ivanov</i>	A	965	106	Origines : on a retrouvé Adam, père de l'humanité par <i>Géraldine Magnan</i>	A	967	87
Momies (500 humbles) d'Ain Labakha (Égypte) par <i>Catherine Chauveau</i>	A	969	98	Ceil : plus de cent mille saccades par jour par <i>Zoi Kapoula-Sainte Fare</i>	HS	204	96
Mondes disparus (à la recherche des) par <i>Valérie Greffoz</i>	A	974	109	P			
Mondialisation : l'avenir n'a pas de futur par <i>Leila Haddad</i>	A	967	163	Paranormal : X-files, la science manipulée par <i>Marc Herbaut</i>	A	974	95
Monnaie : de la drachme au dollar Europe unique, Europe plurielle & Euro Power par <i>S. Dechir & D. Plihon</i>	ES ES	11 11	68 76	Paris : nos ancêtres les Romains par <i>Isabelle Bourdial</i>	A	975	92
Mont-Saint-Michel (le) sauvé des sables par <i>Jean-Philippe Noël</i>	A	966	114	Parole (perception de la) par <i>Christian Abry & Jean-Luc Schwartz</i>	HS	204	104
Montagne : systèmes p/prévision & détection par <i>Gérard Morice</i>	A	974	128				
Montagnier (Luc) : prévenir maladies infectieuses	A	973	172				

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Peau synthétique : de plus en plus ressemblante <i>par Marie-Sophie Gessat</i>	A	970	100	Rothschild : la finance en famille <i>par Michel et Monique Pinçon-Charlot</i>	ES	11	63
Pêche : surexploitation & réglementation <i>par Marie-Laure Moinet</i>	A	973	94	Royal Society (fondation de la) au XVIIe s. <i>par Michael Hunter</i>	CS	45	16
Pensée : lien entre activités cérébrale & mentale <i>par Delphine de Maignas</i>	A	969	86	S			
Perception (dynamique de la) <i>par Paolo Viviani</i>	HS	204	122	Salaires européens : les trompe-l'œil de l'euro <i>par Olivier Schwartzbard</i>	ES	11	92
Pesantier (comment le vivant compose avec la) <i>par Anne Teyssède</i>	HS	205	45	Satellites de télécommunications : réseau Iridium <i>par Jacques Larant</i>	A	968	138
Pilote d'essais : école privée en Californie <i>par Arnaud Beinat</i>	A	969	136	Scaphandre : 130 ans sous les mers	A	969	107
Pirates d'Internet : crackers et hackers <i>par Antoine Perrivier</i>	A	971	122	Schapiro (Jean-Paul) & les déchets radioactifs <i>par Leïla Haddad</i>	A	974	182
Planète extrasolaire TMR-1C (Hubble a vu la) <i>par Philippe Henarejos</i>	A	970	52	Science (la) des Anciens <i>par Catherine Chauveau</i>	A	965	59
Planètes extrasolaires (nouvelles) <i>par Philippe Henarejos</i>	A	969	54	Science au tiers monde : l'exode des cerveaux <i>par Loïc Chauveau</i>	A	970	83
Plantes (du bon usage des), ethnopharmacologie <i>par Guillaume Orvas</i>	HS	202	29	Science française : dans le peloton de tête <i>par Denis Delbecq</i>	HS	203	140
Pollution agricole & subventions en Bretagne <i>par Sophie de Salettes</i>	A	968	56	Sciences naturelles à la Renaissance <i>par Paula Findlen & Laurent Pinon</i>	CS	44	81
Pollution des maisons (radon, moisissures...) <i>par Henri-Pierre Penel</i>	A	968	145	SEL : système d'échange local <i>par Smaïn Laacher</i>	ES	11	44
Porte-avions Charles-de-Gaulle (les défis du) <i>par Frank Jubelin</i>	A	972	80	Sexe (la science explique le) <i>par Philippe Chambon & Géraldine Magnan</i>	A	971	73
Prix (le chambardement des) par l'euro <i>par Arezki Benmokhtar</i>	ES	11	48	Sexe de son enfant (on peut choisir le) <i>par Philippe Chambon & Marie-Laure Moinet</i>	A	974	61
Propulsion humaine : à la force du mollet <i>par Renaud de La Taille</i>	A	971	98	Sida, tiers monde, combats de la dernière chance <i>par Pierre Rossion</i>	A	972	70
Protéines du stress, protéines de l'auto-défense <i>par Philippe Chambon</i>	A	964	65	Skis paraboliques : facilité d'apprentissage <i>par Renaud de la Taille</i>	A	964	124
Puces (bio-) électroniques & diagnostic médical <i>par Denis Delbecq</i>	A	970	72	Smart (minivoiture) : contretemps à Smartville <i>par Gérard Morice</i>	A	967	127
Pythéas, explorateur de génie (Ive s. av. J.C.) <i>par Jocelyne Silvy</i>	A	967	106	Sols (les) détruits par l'agriculture intensive <i>par Loïc Chauveau</i>	A	972	96
QR				Sols pollués en France (inventaire exhaustif des) <i>par Loïc Chauveau</i>	A	967	114
Québec (quand le) s'est réveillé sous la glace <i>par Loïc Chauveau</i>	A	973	124	Spéculateurs (la fin des) avec l'euro ? <i>par Richard Farnetti</i>	ES	11	89
Radeau des cimes & diversité de la canopée <i>par France Nodé-Longlois</i>	HS	202	137	Sport : l'entraînement mental <i>par Patricia Chairopoulos</i>	HS	204	143
Radio & télé sur Internet <i>par Henri-Pierre Penel</i>	A	974	158	Station spatiale internationale (le retard de la) <i>par Germain Chambost</i>	A	970	158
Radio numérique (le tiers monde teste la) <i>par Henri-Pierre Penel</i>	A	968	142	Statistique & objectivité au XIXe s. <i>par Eric Brian & Lorraine Daston</i>	CS	48	7
Radioactivité : histoire de Pierre & Marie Curie <i>par Hélène Guillemot</i>	A	964	106	Stress (enquête Science & Vie sur le) <i>par Djamel Bentaleb</i>	A	969	66
Rayons cosmiques dangereux pour les avions <i>par Germain Chambost</i>	A	964	114	Stress : comment la ville modifie l'homme	A	974	87
Recherche : la fuite des cerveaux français <i>par Djamel Bentaleb</i>	A	964	98	Surdité : l'oreille réparée <i>par Géraldine Lebourgeois</i>	A	972	66
Recherche française : 37 cités-laboratoires <i>par Denis Delbecq</i>	HS	203	147	Surf : les ingénieurs fous de la vague <i>par Gibus de Soultrait</i>	A	971	66
Recherche médicale française : scandale/obésité <i>par Olivier de Gandt</i>	A	967	65	T			
Relativité générale (premières applications de la) <i>par Alain Bouquet</i>	HS	205	84	Techniques & savoir-faire au Moyen Âge (photos) <i>par Claude Reyraud</i>	CS	43	61
Renaissance : échanges internationaux <i>par Peter Dear</i>	CS	44	64	Tectonique des plaques : à l'écoute de la terre <i>par Claude Reyraud</i>	HS	202	93
Renaissance : l'homme vu par la science	CS	46	16	Teintures & teinturiers du XVIIIe s.	CS	47	58
Renaissance : savants d'Europe (photos) <i>par Patricia Chairopoulos & Claude Reyraud</i>	CS	44	55	Téléphone + informatique : bureau portable <i>par Henri-Pierre Penel</i>	A	972	148
Requins (une armure électrique contre les) <i>par Marie-Sophie Germain</i>	A	966	84	Téléphone : bataille des tarifs <i>par Henri-Pierre Penel</i>	A	966	48
Rien (le) est impossible <i>par Hélène Guillemot</i>	A	970	58	Téléportation d'un photon en Autriche <i>par Roman Ikonicoff</i>	A	965	52
Rivières et canaux empoisonnés <i>par Hélène Crié</i>	A	972	108	Télescope ou lunette : le bon choix <i>par Yves Delaye</i>	A	975	178
Robot Lego : brique programmable <i>par Jean-Luc Glock</i>	A	967	140	Télescopes VLT interférométriques au Chili <i>par Philippe Henarejos</i>	A	968	69
Robots : gestes de machine <i>par Jean-Pierre Orliaguet & Yann Coello</i>	HS	204	151	Télévision : le choix des bouquets numériques <i>par Philippe Richard</i>	A	964	117
Robots footballeurs (compétition RoboCup) <i>par Roman Ikonicoff</i>	A	969	160	Tennis : pourquoi les filles sont si précoces <i>par Philippe Chambon</i>	A	969	94

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Terre (à la recherche de la forme de la) <i>par Irène Passeron</i>	HS	202	4	Viagra, pilule contre l'impuissance masculine <i>par Philippe Chambon</i>	A	969	74
Terre (la) vue de l'espace (photos) <i>par Isabelle Bourdial</i>	A	966	90	Vide (ou est donc le) ? - Le "rien" est impossible <i>par Hélène Guillemot</i>	A	970	56
Territoire français : 36 551 communes	HS	203	40	Vidéo numérique : irrésistible engouement <i>par Jean-Luc Glock</i>	A	973	160
Terrorisme biologique (Mondial de football) <i>par Pierre Rossion</i>	A	969	48	Vie (la) venue de l'espace <i>par Djamel Bentaleb</i>	A	966	55
Titanic : fragilité des rivets <i>par Renaud de La Taille</i>	A	967	122	Vie en plein ciel en 2053 (science-fiction) <i>par Monique Ollier</i>	A	972	140
Tolède, le réveil des Latins au Moyen Âge <i>par Charles Burnett</i>	CS	43	24	Viellissement : un pas vers l'immortalité ? <i>par Géraldine Magnan</i>	A	966	66
Tortues luths : paradis & enfer de Guyane <i>par Marie-Sophie Germain</i>	A	970	74	Villes à la campagne (de plus en plus de) <i>par Hervé Le Bras</i>	HS	203	97
Transgènes : plantes résistant aux manipulations <i>par Marie-Laure Moinet</i>	A	967	78	Villes vues du ciel par Spot (photos)	A	968	90
Transgénique (porc) : science-fiction <i>par Monique Ollier</i>	A	974	160	Vin (la santé par le) <i>par Pauline Gravel</i>	A	966	96
Travail humain (la mesure du) au XVIIIe s. <i>par Antoine Picon</i>	CS	47	40	Virtuels (l'ère des voyages) <i>par Philippe Testard-Vaillant</i>	HS	202	154
Troglodytes : cités fantômes du Mustang (Népal) <i>par Michel Peissel</i>	A	966	104	Visage : mimiques hommes politiques/singes <i>par Philippe Lambert</i>	A	973	85
Trous noirs (les) sortent de l'ombre <i>par Philippe Henarejos</i>	A	968	62	Voiture : sécurité active intelligente <i>par Henri-Pierre Penel</i>	A	973	117
Tsar Nicolas II : inhumation à Saint-Petersbourg <i>par Pierre Rossion</i>	A	970	46	Volcans (la passion des) : Maurice & Katia Krafft <i>par André Demaison</i>	HS	202	96
Turboréacteurs : modèles réduits p/maquettes <i>par Renaud de La Taille</i>	A	967	133				
U				W			
Union monétaire & union politique européennes <i>par Catherine Véglio</i>	ES	11	52	Web : créer ses pages sur Internet <i>par Antoine Perrivier</i>	A	973	144
Univers (comment le vide a créé l')	A	970	62	X			
Univers (quelle géométrie pour l') ? <i>par Jean-Christophe Hamilton</i>	HS	205	90	XVIIe (du) au XXe s. : l'homme vu par la science	CS	46	26
Univers : gravitation & matière noire <i>par Benoît Revenu</i>	HS	205	100	XVIIe s. : savants français & anglais <i>par Anne Goldgar</i>	CS	45	89
				XVIIe s. : un siècle d'intrigues et de révoltes <i>par Françoise Godoc</i>	CS	45	4
				XXIe siècle : l'an 2000 vu par Science & Vie <i>par Leïla Haddad</i>	A	964	78
V				XXIe siècle : l'avenir n'est écrit nulle part <i>par Leïla Haddad</i>	A	964	71
Vaccins (la course aux nouveaux) <i>par Philippe Chambon</i>	A	970	113	XXIe siècle : l'homme, une espèce menacée ? <i>par Djamel Bentaleb</i>	A	964	83
Vertiges : quand le cerveau s'affole <i>par Gérard Morice</i>	A	965	98				

INDEX THÉMATIQUE

des articles, échos et forums

UNIVERS, TERRE, HOMME

Astronomie / Astrophysique / Astronautique	p. 168
Terre / Océan / Géologie / Cartographie	p. 168
Environnement / Écologie / Énergie / Climat	p. 168
Archéo / Paléonto / Anthro / Ethnologie	p. 169
Botanique / Zoologie / Éthologie	p. 169
Agriculture / Élevage / Pêche / Alimentation	p. 170
Biologie moléc. / Génétique / Sexualité / Éthique	p. 170
Santé / Médecine / Physiologie / Cerveau	p. 171

HISTOIRE, SOCIÉTÉ, ESPRIT

Histoire / Histoire des sciences	p. 172
Sciences humaines / Société / Économie	p. 172

Éducation / Formation / Recherche / Science	p. 173
Jeux / Mathématiques	p. 173
Langage / Communication	p. 173
Mythes / Curiosités	p. 173

PHYSIQUE, CHIMIE, TECHNOLOGIE

Physique / Chimie	p. 173
Inventions / Techniques / Industrie / Bâtiment	p. 174
Aviation / Armement / Défense	p. 174
Automobile / Cycles / Transports	p. 174
Loisirs / Sports / Mesures / Optique / Photo	p. 175
Électronique / Informatique	p. 175
Son / Télévision / Vidéo / Multimédia / Virtuel	p. 175
Télécom / Réseaux / Internet	p. 175

UNIVERS, TERRE, HOMME

ASTRONOMIE / ASTROPHYSIQUE / ASTRONAUTIQUE

Apollo (ce que nous ont appris les missions)	HS	202	115
Astéroïdes (le ballet des)	R	966	156
Astres (la naissance des)	HS	205	111
Astronomie mathématique : problème "3 corps"	A	975	80
Aurores polaires sur Jupiter & Saturne (Hubble)	E	966	18
Avion-éjecteur de vaisseaux spatiaux	E	970	168
Bébés conçus dans l'espace (science-fiction)	A	973	150
Bêta pictoris (les planètes de) : photo de Hubble	E	966	12
Ciel (observer le) en ville	R	965	142
Comètes kamikazes découvertes par Soho	E	971	15
Constellation de la Baleine & étoile Mira Ceti	R	975	196
Crépuscule : définition exacte	R	969	156
Distances astronomiques & parallaxe	R	967	158
Ephémérides astronomiques	R	964	144
Espace : les explorations du futur	HS	202	146
Espace : propulsion pour navettes interstellaires	E	969	166
Étoile Pistol, la plus gigantesque de la galaxie ?	A	965	48
Étoiles (le crépuscule des)	A	974	75
Étoiles circumpolaires	R	968	168
Extraterrestres (ordinateurs à l'écoute des)	E	970	167
Fullerènes dans le cosmos	E	968	24
Fusée amateur (la plus grosse) lancée à Kourou	E	967	24
Gagarine : la mort d'un héros	A	970	124
Galaxie Centaurus A observée par Hubble	E	970	15
Grande Ourse (explosion dans la)	A	970	68
Gravitation (mesures de la) par satellites	HS	205	142
Hyades (carte en trois dimensions de l'amas des)	E	968	18
Interféromètres géants p/ondes gravitationnelles	HS	205	134
Jumelles Fujinon 25X150 pour galaxies	R	972	164
Jupiter (admirer) au mois d'août	R	971	153
Jupiter (anneaux de) : poussières de ses satellites	E	974	18
Lune (histoire des expéditions vers la)	HS	202	105
Lune (la) pour observateurs débutants	R	970	154
Lune 2119, paradis terrestre (science-fiction)	A	971	127
Mars (visage mystérieux sur) : la fin d'un rêve	E	969	22
Mars : alimentation végétarienne obligatoire	E	972	18
Mars : de l'eau sous un pôle soleil	E	968	13
Mars : le lac oublié (images de Global Surveyor)	E	972	12
Mars : module anglais Beagle 2 p/Mars Express	E	972	15
Mars Global Surveyor : photos de Mars	A	964	48
Matière noire (la) peine à se dévoiler	E	973	18
Mirages gravitationnels & galaxies lointaines	HS	205	126
Naine blanche BPM 37093 au cœur de cristal	E	965	20
Naines blanches, étoiles à neutrons & trous noirs	HS	205	118
Nébuleuse planétaire Stingray (naissance de la)	E	969	18
Neutrinos solaires (détecteur de) SNO, Canada	E	968	26
Novæ (les) se dévoilent	R	974	186
Origine de l'univers (histoire)	A	972	152
Origine de la vie : tous des extraterrestres !	A	973	69
Planètes (repérer les)	R	973	176
Planètes extrasolaires (deux nouvelles)	E	971	19
Planètes extrasolaires : Hubble a vu TMR-1C	A	970	52
Planètes extrasolaires : plus de doute	A	969	54
Poussière spatiale découverte par Hubble	E	973	22
Satellite ERS-1 photographié par satellite Spot 4	E	971	19
Satellite lancé d'un sous-marin (Image du mois)	E	973	12
Satellites de télécommunications : réseau Iridium	A	968	138
Soho (satellite) transmet à nouveau des photos	E	975	22
Soleil (séismes du) vus par Soho	E	971	17
Sons purs : viennent-ils des extraterrestres ?	E	973	28
Station spatiale internationale (le retard de la)	A	970	158
Supernova nouvelle & expansion de l'univers	E	966	15
Télescope européen NTT : images de galaxies	E	966	22
Télescope européen VLT : premières images	E	970	18
Télescope interféromètre du Mont Palomar	E	975	24
Télescope ou lunette : le bon choix	A	975	178
Télescopes spatiaux pour succéder à Hubble	E	971	22
Télescopes VLT interférométriques au Chili	A	968	69

Trous noirs (les) sortent de l'ombre	A	968	62
Univers (comment le vide a créé l')	A	970	62
Univers (éclat infrarouge de l')	E	966	24
Univers (quelle géométrie pour l') ?	HS	205	90
Univers : gravitation & matière noire	HS	205	100
Univers à 4 dimensions : le seul viable	E	964	16
Vie (la) venue de l'espace	A	966	55
Villes vues du ciel par Spot (photos)	A	968	90

TERRE / Océan / GÉOLOGIE / CARTOGRAPHIE

Alpes : sous-sol cartographié (GPS & gravimètre)	E	970	15
Antarctique : le cimetière du carbone	E	968	16
Antarctique : un iceberg de 150 km se détache	E	975	37
Astéroïde : cratères alignés (France & Canada)	E	969	22
Atlas de Mercator : géographie & géométrie	CS	44	37
Coraux (le CO2 tue les)	E	968	34
Déclinaison magnétique & navigation (XVIIe s.)	CS	44	26
El Niño en relief : évolution niveau & température	E	970	13
États-Unis : lumières des villes vues par satellite	E	965	28
Foudre (la) préfère la terre à la mer	E	971	19
France (la) en cartes	HS	203	55
France : extraordinaire position géographique	HS	203	8
France, mosaïque de paysages (photos)	HS	203	79
Gaz nobles provenant du manteau terrestre	E	971	18
Géodésie : formes étranges de la Terre	HS	202	15
Géographie (nouvelle) de la Renaissance	CS	44	46
Géophysique marine p/avion sans pilote (drone)	E	973	41
Hawaii : les points chauds se meuvent	E	968	22
Islande : le paradis des géologues	A	975	103
Madagascar & Afrique (pont naturel entre)	E	972	31
Méditerranée (réchauffement des eaux de la)	E	967	28
Océan (1998, année de l') (l'Événement)	E	964	1
Océan : gels marins et climat	E	967	22
Océanographie (début) : expédition Challenger	HS	202	63
Océans (expédition Lamont-Doherty au fond des)	HS	202	84
Océans (les) sous surveillance des satellites	HS	202	71
Pôles magnétiques il y a 3 milliards d'années	E	974	26
Raz-de-marée : tsunamis sous surveillance	E	964	22
Raz-de-marée par astéroïde simulé p/ordinateur	E	969	14
Séismes : fibre de verre pour renforcer le béton	E	972	41
Séismes en Californie : le pire n'est pas sûr	E	970	26
Tectonique des plaques : à l'écoute de la terre	HS	202	93
Tectonique des plaques : plaques souples ?	E	965	17
Terre (à la recherche de la forme de la)	HS	202	4
Terre (la) vue de l'espace (photos)	A	966	90
Terre (saisons & inclinaisons de la) (suite)	F	965	7
Terre modélisée par un supercalculateur	E	970	168
Tours de calcaire dans les fjords du Groenland	E	967	30
Végétale (carte de la couverture) de la Terre	E	975	38
Vers abyssaux maintenus en laboratoire	E	968	32
Volcans (la passion des) : Maurice & Katia Krafft	HS	202	96
Volcans : les passions d'Haroun Tazieff	E	967	16

ENVIRONNEMENT / ÉCOLOGIE / ÉNERGIE / CLIMAT

Agriculture biologique polluante (suite)	F	972	8
Agriculture bretonne & développement durable	E	965	27
Air : procédé Esobio contre mauvaises odeurs	E	967	32
Algue Caulerpe : inoffensive pour l'homme	E	970	28
Amiante & fibres céramiques : dangers (suite)	F	964	8
Amiante : soupçons sur les substituts	E	975	36
Antarctique : carottes glaciaires, passé du climat	HS	202	126
Aqueduc du XXIe s. : eau du Rhône p/Barcelone	E	971	26
Arbres : simulation de croissance (photos)	A	964	89
Arsenic & recyclage des vieux poteaux	E	964	33
Automobile : écologie & organes de transmission	E	965	28
Automobile : la chasse aux déchets	E	975	42
Biocarburants diésol & aquazole : pour les bus	E	975	38
Champs magnétiques (faut-il avoir peur des) ?	A	973	74
Chaudières moins polluantes Stordy	E	969	38

Type	N°	Page	Type	N°	Page	
Chine (la) frappée par la sécheresse	A	975	88	F	972	8
Climat : mémoire de l'océan	E	972	18	A	967	114
CO2 (le) tue les coraux	E	968	34	F	973	6
CO2 : l'Antarctique, cimetière du carbone	E	968	16	E	965	32
Décharge de Montchanin : Elf se défasse	E	964	28	E	975	50
Déchets (le transport polluant des)	A	971	104	A	974	87
Déchets : collecte pneumatique à Monaco (suite)	F	974	8	A	964	83
Déchets : l'année du tri (Eco-Emballages)	E	968	32			
Déchets : le tri est-il rentable ?	F	974	8			
Déchets : usine d'incinération/tri d'Ivry-sur-Seine	E	970	30			
Déchets nucléaires : piège à actinides	E	966	16			
Déforestation : augmentation de la pluie	E	969	28			
Dioxine, lait & incinération : dossier encombrant	A	968	74			
Dioxines : un dossier encombrant (suite)	F	971	8			
Eau chaude sous pression p/traiter les effluents	E	973	40			
Eau potable (la guerre de l') aura-t-elle lieu ?	E	968	179			
EDF importateur après l'arrêt de 5 réacteurs	E	973	34			
Effet de serre : haro sur les pollueurs	E	966	32			
Effet de serre : pollution ou intoxic ? (l'Événement)	E	969	1			
El Niño exile les oiseaux	E	966	32			
El Niño, responsabilité limitée (suite)	F	967	8			
Énergie 2020 : les trois scénarios français	A	968	172			
Énergie 2020 : pour une maîtrise de la demande	A	966	160			
Énergie humaine & véhicules sans moteur	A	971	98			
Énergie marémotrice : turbine sous-marine	E	974	35			
Énergie solaire : les pétroliers s'y mettent	E	967	167			
Équarrissage : usine Soporga sous surveillance	E	968	36			
Forêt (la vie de la) après le feu	A	970	104			
Fusion nucléaire : miracle ou mirage ?	A	967	54			
Garrigue (la) n'est pas la forêt	F	972	7			
Gaz : microphone pour détecter les fuites	E	974	46			
Gaz naturel pour bus et bennes à ordures	E	966	168			
Géothermie RCS : les roches ont de l'énergie	A	967	138			
Grisou (station de captage du)	E	968	41			
Groenland (le) fond	E	969	13			
Huiles de vidange traitées au carbone	E	974	47			
Internet : mise au point de Météo-France (suite)	F	965	10			
La Niña, courant d'eaux froides	E	972	32			
Laser Sparcle pour la météorologie	E	966	167			
Lignes THT causes de carences en fer	E	974	34			
Loi Clean Air Act & étude coût-bénéfice	E	965	29			
Méditerranée (réchauffement des eaux de la)	E	967	28			
Météo : prévisions à long terme	A	969	60			
Montagne : systèmes p/prévision & détection	A	974	128			
Nucléaire (les nouveaux mensonges du)	A	973	57			
Nucléaire : conquête de l'atome (Encycl. XXe s.)	A	974	173			
Nucléaire : fissures dans la centrale de Civaux	E	970	33			
Nucléaire : Phébus simule les accidents	E	970	29			
Nucléaire : simulation d'accident dans une serre	E	964	29			
Nucléaires (cancer & essais) aux États-Unis	E	965	26			
Ozone (couche d') : les avions sont innocents	E	970	31			
Paléoclimatologie : montée du niveau de la mer	E	967	16			
Pétrole : le filtre raffineur remplace 1° et pression	E	974	45			
Pétroliers (piratage de) & risques environnement.	E	974	36			
Pile à combustible à la maison	E	974	50			
Piles à combustibles miniatures au méthanol	E	968	44			
Plastiques à base de seigle	E	967	36			
Pluie au Brésil invoquée par les chamans	E	969	29			
Pôles : refroidissement décalé entre nord & sud	E	974	28			
Pollution (la) tue les foetus au Brésil	E	972	33			
Pollution agricole & subventions en Bretagne	A	968	56			
Pollution de l'air : l'ozone coupable ? (suite)	F	964	6			
Pollution de la ville par la forêt	E	974	38			
Pollution des maisons (radon, moisissures...)	A	968	145			
Porcs : additif Natuphos contre le phosphore	E	966	29			
Programme Nations Unies Environnt : sauvetage	E	968	36			
Prolifération nucléaire (relance de la) (l'Événement)	E	970	3			
Puces électroniques : recycler l'eau de nettoyage	E	974	35			
Québec (quand le) s'est réveillé sous la glace	A	973	124			
Radeau des cimes & diversité de la canopée	HS	202	137			
Recyclage des piles (décret sur le)	E	966	30			
Réserves naturelles inefficaces	E	972	31			
Rivières et canaux empoisonnés	A	974	108			
Sable marqué à l'or pour fonds de rivières	E	964	37			
Schapira (Jean-Paul) & les déchets radioactifs	A	974	182			
Sols (destruction des) (suite)	F	975	7			
Sols (les) détruits par l'agriculture intensive	A	972	96			
Sols pollués : 1998, année du sol (suite)	F	972	8			
Sols pollués en France (inventaire exhaustif des)	A	967	114			
Trainées de condensation des vols subsoniques	F	973	6			
Usine écologique Mercedes de Stuttgart	E	965	32			
Veille (mode) : interrupteur p/économie d'énergie	E	975	50			
Ville (comment la) modifie l'homme	A	974	87			
XXIe siècle : l'homme, une espèce menacée ?	A	964	83			

ARCHÉO / PALÉONTO / ANTHROPO / ETHNOLOGIE

Camp romain découvert près de Strasbourg	E	970	20
Caveaux du IVe s. dans la Vienne avec tissu d'or	A	971	96
Coppens (Yves) : redéfinir les espèces humaines	A	971	148
Dessins rupestres : datation suspecte de R. Dorn	E	975	18
Dinosaures (musée d'Espéraza, la patrie des)	A	974	101
Dinosaures (Tataouine, le sanctuaire des)	A	968	84
Dinosaures emplumés (découverte de)	E	971	14
Dinosaures en couleur ?	E	964	13
Doigts (pourquoi avons-nous cinq) ?	A	964	60
Egypte : inépuisable Alexandrie	E	975	17
Egypte : Païenamon/Diospolis, l'île d'Amon	E	972	24
Enfants : os fossiles dans grottes de Drimolen	E	965	18
Ethnologie moderne : Bronislaw Malinowski	HS	202	74
Femme de Hardinxvel découverte aux Pays-Bas	E	965	22
Fossile "manquant" découvert au Kenya	E	971	18
Fossiles de 570 millions d'années (précambrien)	E	967	24
France : méttissage millénaire	HS	203	16
Grotte Chauvet (les anges gardiens de la)	A	965	80
Homme de Kennewick (reconstitution de l')	E	968	22
Hommes (premiers), conquêtes & civilisations	A	967	87
Implant dentaire gallo-romain en fer	E	966	20
Incas écologistes contre l'érosion des sols	E	973	38
Jérusalem : le rocher du repos de Marie	E	966	16
Lucy (découverte de) en Ethiopie en 1974	HS	202	118
Mâchoire de mammifère découverte en Australie	E	965	16
Mammifères (diversification de) : 100 M d'années	E	970	16
Momies (500 humbles) d'Ain Labakha (Egypte)	A	969	98
Mondes disparus (à la recherche des)	A	974	109
Nécropolis à Alexandrie (découverte de) (Image)	E	971	13
Origine de l'homme (Encyclopédie XXe s.)	A	971	139
Paléoclimatologie : montée du niveau de la mer	E	967	16
Paris : nos ancêtres les Romains	A	975	92
Pôles : refroidissement décalé entre nord & sud	E	974	28
Roi Arthur (relance du débat sur l'existence du)	E	973	18
Singe bipède : le dryopitèque	E	964	20
Sphinx (qui a cassé le nez du) ?	F	971	6
Temple (Old Man) découvert en Angleterre	E	964	14
Temple domestique gaulois dans les Yvelines	E	964	18
Thermes de Chiusi (piscine d'Auguste), Toscane	E	974	22
Troglodytes : cités fantômes du Mustang (Népal)	A	966	104
Troglodytes du Mustang & d'Espagne (suite)	F	969	6

BOTANIQUE / ZOOLOGIE / ÉTHOLOGIE

Abeilles (les) savent évaluer les distances	E	965	18
Abeilles (les) victimes de l'insecticide Gaucho ?	E	965	29
Abeilles : colza plus nourrissant que tournesol	E	973	33
Abeilles : signal de secousse pour le réveil	E	969	29
Albatros (étude de la migration des)	E	966	18
Albatros (étude des) sur Internet	E	974	40
Algue trompette (Image du mois)	E	975	14
Animaux (les) s'adaptent à l'incendie	E	970	30
Antilope Oryx algazelle (bébé-éprouvette pour)	E	970	24
Babouins (hibernation des)	E	966	14
Biodiversité sur l'île de Navassa (ouest d'Haïti)	E	973	33
Cannibalisme rare dans la nature : il rend malade	E	971	28
Cétacés (glorieuses balafres des) & séduction	E	969	34
Chenilles (le dioxyde de carbone tue les)	E	973	33
Chloroplastes, témoins de l'évolution des plantes	E	972	27
Cochons d'Inde artistes	E	975	30
Colombie : inventaire botanique d'une nation	HS	202	32
Conifères en spirale sous la poussée du vent	E	969	30
Corail (la nuit du)	A	971	89
Côlacanthe, "fossile vivant", en Indonésie	E	975	44
Crapauds & grenouilles (champignon tueur de)	E	972	31
Dauphins (infanticide chez les)	E	973	20
Dauphins (rats plus intelligents que les)	E	974	26

ARCHÉO / PALÉONTO / ANTHROPO / ETHNOLOGIE

Camp romain découvert près de Strasbourg	E	970	20
Caveaux du IVe s. dans la Vienne avec tissu d'or	A	971	96
Coppens (Yves) : redéfinir les espèces humaines	A	971	148
Dessins rupestres : datation suspecte de R. Dorn	E	975	18
Dinosaures (musée d'Espéraza, la patrie des)	A	974	101
Dinosaures (Tataouine, le sanctuaire des)	A	968	84
Dinosaures emplumés (découverte de)	E	971	14
Dinosaures en couleur ?	E	964	13
Doigts (pourquoi avons-nous cinq) ?	A	964	60
Égypte : inépuisable Alexandrie	E	975	17
Égypte : Païenamon/Diospolis, l'île d'Amon	E	972	24
Enfants : os fossiles dans grottes de Drimolen	E	965	18
Ethnologie moderne : Bronislaw Malinowski	HS	202	74
Femme de Hardinxvel découverte aux Pays-Bas	E	965	22
Fossile "manquant" découvert au Kenya	E	971	18
Fossiles de 570 millions d'années (précambrien)	E	967	24
France : métissage millénaire	HS	203	16
Grotte Chauvet (les anges gardiens de la)	A	965	80
Homme de Kennewick (reconstitution de l')	E	968	22
Hommes (premiers), conquêtes & civilisations	A	967	87
Implant dentaire gallo-romain en fer	E	966	20
Incas écologistes contre l'érosion des sols	E	973	38
Jérusalem : le rocher du repos de Marie	E	966	16
Lucy (découverte de) en Éthiopie en 1974	HS	202	118
Mâchoire de mammifère découverte en Australie	E	965	16
Mammifères (diversification de) : 100 M.d'années	E	970	16
Momies (500 humbles) d'Ain Labakha (Égypte)	A	969	98
Mondes disparus (à la recherche des)	A	974	109
Nécropolis à Alexandrie (découverte de) (Image)	E	971	13
Origine de l'homme (Encyclopédie XXe s.)	A	971	139
Paléoclimatologie : montée du niveau de la mer	E	967	16
Paris : nos ancêtres les Romains	A	975	92
Pôles : refroidissement décalé entre nord & sud	E	974	28
Roi Arthur (relance du débat sur l'existence du)	E	973	18
Singe bipède : le dryopitèque	E	964	20
Sphinx (qui a cassé le nez du) ?	F	971	6
Temple (Old Man) découvert en Angleterre	E	964	14
Temple domestique gaulois dans les Yvelines	E	964	18
Thermes de Chiusi (piscine d'Auguste), Toscane	E	974	22
Troglodytes : cités fantômes du Mustang (Népal)	A	966	104
Troglodytes du Mustang & d'Espagne (suite)	F	969	6

BOTANIQUE / ZOOLOGIE / ÉTHOLOGIE

Abeilles (les) savent évaluer les distances	E	965	18
Abeilles (les) victimes de l'insecticide Gaucho ?	E	965	29
Abeilles : colza plus nourrissant que tournesol	E	973	33
Abeilles : signal de secousse pour le réveil	E	969	29
Albatros (étude de la migration des)	E	966	18
Albatros (étude des) sur Internet	E	974	40
Algue trompette (Image du mois)	E	975	14
Animaux (les) s'adaptent à l'incendie	E	970	30
Antilope Oryx algazelle (bébé-épreuve pour)	E	970	24
Babouins (hibernation des)	E	966	14
Biodiversité sur l'île de Navassa (ouest d'Haïti)	E	973	33
Cannibalisme rare dans la nature : il rend malade	E	971	28
Cétacés (glorieuses balafres des) & séduction	E	969	34
Chenilles (le dioxyde de carbone tue les)	E	973	33
Chloroplastes, témoins de l'évolution des plantes	E	972	27
Cochons d'Inde autistes	E	975	30
Colombie : inventaire botanique d'une nation	HS	202	32
Conifères en spirale sous la poussée du vent	E	969	30
Corail (la nuit du)	A	971	89
Célaconthe, "fossile vivant", en Indonésie	E	975	44
Crapauds & grenouilles (champignon tueur de)	E	972	31
Dauphins (infanticide chez les)	E	973	20
Dauphins (rats plus intelligents que les)	E	974	26

AGRICULTURE / ÉLEVAGE / PÊCHE / ALIMENTATION

	Type	N°	Page
Alimentation : le plaisir, c'est la santé	A	967	73
Alimentation sans frustration (suite)	F	970	8
Alimentation végétarienne obligatoire sur Mars	E	972	18
Aliments qui donnent la santé : faut-il y croire ?	A	964	129
Aurochs (élevage de l') (suite)	F	975	8
Bio (alimentation) & vaccination (suite)	F	970	8
Bio (faut-il manger) ?	A	966	74
Bois (filière) : feuillus ou résineux	HS	203	111
Bretagne : agriculture & développement durable	E	965	27
Conserves (empreintes ADN p/le contrôle des)	E	965	19
Criquets (lutte biologique contre les) (Images)	E	974	13
Dioxine, lait & incinération : dossier encombrant	A	968	74
Emmental (empreinte chromatographique de l')	E	970	16
Épices & gastronomie darwinienne	E	969	24
Friches agricoles (l'inattendu déclin des)	HS	203	113
Fromage : le gruyère, fromage suisse	F	973	8
Fromages (tests de qualité des) aux ultrasons	E	970	38
Graisses : toutes dangereuses pour le cœur	E	965	38
Irradiation des aliments : comment la détecter	E	972	40
Lait d'ensilage débarrassé de ses bactéries	E	971	33
Noix (palmarès des) : Limousin ou Grenoble ?	F	971	7
OGM (conférence sur l'usage des)	E	969	12
Pêche : surexploitation & réglementation	A	973	94
Pêche aux herbicides en Tanzanie	E	973	34
Poisson au mercure (le) menace le fœtus	E	964	26
Poissons & vache folle (suite)	F	974	6
Poissons & vache folle: photo de la Sté Aquavar	F	974	6
Pollution agricole & subventions en Bretagne	A	968	56
Porcs : additif Natuphos contre le phosphore	E	966	29
Poules (télévision pour les) (suite)	F	972	8
Riz aromatique basmati : exclusivité indienne	E	968	14
Salmonelles (mixture pour protéger contre les)	E	969	20
Sel de table : son goût varie-t-il ?	F	964	8
Stérilisation magnétique p/produits agroaliment.	E	967	38
Sucres lents & sucres rapides : dépassé? (suite)	F	972	6
Tomates (serres pour) assistées par ordinateur	E	970	36
Tomates : diminution du risque d'infarctus	E	971	41
Vache : sonde pour faire naître mâle ou femelle	E	975	28
Vanille : fabrication de vanilline par champignons	E	970	41
Ventilateur pour chasser les insectes	E	969	37
Viande (informations sur la) par borne interactive	E	966	41
Vigne : de l'aluminium pour réfléchir la lumière	E	975	51
Vin (la santé par le)	A	966	96
Vin d'Anjou : atlas des terroirs	E	962	26

Actine : protéine du déplacement des cellules	E	972	22
ADN : empreintes génétiques douteuses (l'Évén.)	E	968	1
ADN : les tests sont-ils fiables ?	A	969	77
ADN des castes hindoues	E	970	12
Bactérie Photorhabdus : la relève de Bt assurée	E	968	18
Bébé-éprouvette pour antilopes	E	970	24
Cellule : image en détail et en relief	E	968	20
Chloroplastes, témoins de l'évolution des plantes	E	972	27
Clonage d'une génisse à l'INRA : Marguerite	E	967	12
Clonage humain (qui a peur du) ?	E	965	15
Clones végétaux poussant sur les feuilles	E	974	24
Coévolution entre oiseau et pollen d'une plante	E	973	36
Conserves (empreintes ADN p/le contrôle des)	E	965	19
Darwin : fondation de la théorie de l'évolution	HS	202	47
Darwin aujourd'hui : grille de lecture du vivant	HS	202	58
DHEA : à la recherche de l'hormone de jeunesse	E	964	38
Digestion : synchronisation des contractions	E	972	22
Doigts (pourquoi avons-nous cinq) ?	A	964	60
Dopage des sportifs : d'où vient la nandrolone ?	A	966	68
Éthique : des hommes génétiquement modifiés	E	970	24
Expérimentation animale : méthodes substitutives	E	965	15
Gène (un) qui protège du tabac	E	970	44
Gènes de l'horloge interne	E	970	14
Génétique (patrimoine) de la plante arabidopsis	E	967	22
Globules blancs (les) électrocitent les bactéries	E	972	44
Hormone AMH antisexe	E	971	24
Immunitaire (système) & protéine cytokine LIF	E	974	30
Mines (bactéries lumineuses détectrices de)	E	974	30
Obésité (virus AD36 de l')	E	974	55
Odeurs : les phéromones aussi chez les humains	E	968	12

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Sida : doper l'immunité, en plus des trithérapies	E	969	46	Tension (venin de lézard contre l'hyper-)	E	973	22
Sida : effets des trithérapies, dits secondaires	F	975	6	Ulcère gastro-duodénal : la mouche soupçonnée	E	974	54
Sida, tiers monde, combats de la dernière chance	A	972	70	Vaccin combiné hépatite A-B : qui en a besoin ?	F	975	6
Stéthoscope électronique	E	969	45	Vaccination : variolisation comme en Turquie	F	973	7
Stimulateur musculaire de poche programmable	E	968	42	Vaccins (la course aux nouveaux)	A	970	113
Stress : les aînés plus touchés que les puînés	E	970	22	Vaccins inutiles (contre les)	E	967	45
Stress (appareil p/combattre le) par la respiration	E	971	38	Vaccins sans aiguille : Powderject	E	968	52
Stress (enquête Science & Vie sur le)	A	969	66	Vache folle : le pire est-il à venir ?	E	967	44
Stress : comment la ville modifie l'homme	A	974	87	Vache folle : moutons contaminés ?	E	974	20
Surdité : l'oreille réparée	A	972	66	Vache folle : ultimes précautions	F	966	6
Syphilis : décodage du génome de la bactérie	E	973	26	Verre prédosé antialcoolique	E	969	38
Tabac (un gène qui protège du)	E	970	44	Vertiges : quand le cerveau s'affole	A	965	98
Tabac : fumer rend sourd	E	971	41	Viagra, pilule contre l'impuissance masculine	A	969	74
Tabac : mécanisme de dépendance à la nicotine	E	966	46	Vieillesse : démence annoncée	E	970	14
Tabac tabou (suite)	F	967	7	Virus TTV (don de sang) pathogène pour le foie	E	973	54
Téléphone portable & pression artérielle élevée	E	973	54	Vision : super lentille de contact	F	975	60

HISTOIRE, SOCIÉTÉ, ESPRIT

HISTOIRE / HISTOIRE DES SCIENCES

Académie royale (fondation de l') au XVIIe s.	CS	45	22	Lune (histoire des expéditions vers la)	HS	202	105
Aménagement du territoire au XIXe s.	CS	48	32	Machines à calculer au XIXe s.	CS	48	85
Angleterre en 1830 : études sur la mortalité	CS	48	50	Médecine au XVIIe s.	CS	45	64
Arabes (savoirs) au Moyen Âge	CS	43	10	Médecins de Salerne au Moyen Âge	CS	43	30
Atlas de Mercator : géographie & géométrie	CS	44	37	Mesure de la force & du travail humains au XIXe s.	CS	48	72
Attila réhabilité (suite)	F	968	7	Militaire (mathématiques de l'art) au XVIIIe s.	CS	47	48
Aviation (un siècle d') : édition spéciale	NS	10	1	Mines et histoire des sols au XVIIIe s.	CS	47	78
Aviation : les débuts & la grande guerre	NS	10	6	Missile soviétique Bouria & nucléaire contre E.U.	A	965	106
Avions & hélicoptères de guerre 1960-1980	NS	10	76	Moines faussaires au Moyen Âge	E	973	16
Avions à réaction & hélicoptères 1945-1960	NS	10	57	Monnaie : de la drachme au dollar	NS	11	68
Avions, lignes & compagnies entre deux guerres	NS	10	15	Moyen Âge (fin du), la science passe à l'Occident	CS	43	93
Boeing, Concorde, Airbus... 1960-1980	NS	10	82	Moyen Âge : des savoirs laïques	CS	43	70
Chimie (éloge de la) au XVIIIe s.	CS	47	63	Moyen Âge : l'homme vu par la science	CS	46	6
Chinois (échanges avec les) à la Renaissance	CS	44	72	Moyen Âge : les sciences en Occident	CS	43	34
Colombie : inventaire botanique d'une nation	HS	202	32	Moyen Âge : techniques & savoir-faire (photos)	CS	43	61
Constellation (du) à la Caravelle : 1946-1955	NS	10	70	Nature (philosophie de la) au XVIIe s.	CS	45	80
Conti (Anita) : première océanographe française	E	967	26	Navale (construction) au XVIIIe s.	CS	47	54
Darwin & la statistique	CS	48	80	Navigation (instruments de) à la Renaissance	CS	44	19
Darwin : fondation de la théorie de l'évolution	HS	202	47	Newton contre Descartes à la fin du XVIIe s.	CS	45	56
Économie politique au XVIIIe s.	CS	47	82	Océanographie (début) : expédition Challenger	HS	202	63
Égyptiens (le mètre des)	F	974	8	Oresme (Nicole) au service de Charles V	CS	43	79
Einstein accusé du plagiat de David Hilbert	A	968	122	Orient-Occident au Moyen Âge (chronologie)	CS	43	5
Encyclopédie (la Grande) au XVIIIe s.	CS	47	7	Pythéas, explorateur de génie (Ive s. av. J.C.)	A	967	106
Encyclopédie (la Grande) vue de l'étranger	CS	47	90	Radioactivité : histoire de Pierre & Marie Curie	A	964	106
Encyclopédie au XVIIIe s., ancêtre de l'hypertexte	CS	47	29	Renaissance : échanges internationaux	CS	44	64
Encyclopédie XXe s. : la conquête de l'atome	A	974	173	Renaissance : l'homme vu par la science	CS	46	16
Encyclopédie XXe s. : la découverte du cerveau	A	975	184	Renaissance : savants d'Europe (photos)	CS	44	55
Encyclopédie XXe s. : maladies infectieuses	A	973	163	Rothschild : la finance en famille	NS	11	63
Encyclopédie XXe s. : origine de l'homme	A	971	139	Royal Society (fondation de la) au XVIIe s.	CS	45	16
Encyclopédie XXe s. : origine de l'univers	A	972	152	Scaphandre : 130 ans sous les mers	A	969	107
Erreurs (la théorie des) formalisée au XIXe s.	CS	48	56	Science (la) des Anciens	A	965	59
Expéditions maritimes au XVIe s.	CS	44	6	Sciences naturelles à la Renaissance	CS	44	81
Expérience (l') au XVIIe s., spécialité anglaise ?	CS	45	42	Statistique & objectivité au XIXe s.	CS	48	7
Explorateurs Aimé Bonpland, Alex. de Humboldt	HS	202	18	Teintures & teinturiers du XVIIIe s.	CS	47	58
Fourier (Jean-Baptiste), un préfet statisticien	CS	48	41	Terre (à la recherche de la forme de la)	HS	202	4
France (construction millénaire de la)	HS	203	30	Tesla, inventeur de la radio	F	966	7
France : histoires d'origine	HS	203	24	Titanic : fragilité des rivets	A	967	122
Froid : à la conquête du zéro absolu	A	966	122	Tolède, le réveil des Latins au Moyen Âge	CS	43	24
Gagarine : la mort d'un héros	A	970	124	Travail humain (la mesure du) au XVIIIe s.	CS	47	40
Géographie (nouvelle) de la Renaissance	CS	44	46	Tsar Nicolas II : inhumation à Saint-Petersbourg	A	970	46
Graphique (représentation) des nombres (XIXe s.)	CS	48	64	Volcans (la passion des) : Maurice & Katia Krafft	HS	202	96
Gravitation (les premiers maîtres de la)	HS	205	23	XVIIe (du) au XXe s. : l'homme vu par la science	CS	46	26
Grèce antique (voyage scientifique dans la)	HS	202	37	XVIIe s. : savants français & anglais	CS	45	89
Guerre de 39-45 (avions & missiles de la)	NS	10	39	XVIIe s. : un siècle d'intrigues et de révoltes	CS	45	4
Haroun Tazieff (les passions d')	E	967	16				
Histoire naturelle au XVIIIe s.	CS	47	70				
Homme (l') à travers 1 000 ans de sciences	CS	46	1				
Horloger (la naissance de l'univers) au XVIIe s.	CS	45	32				
Livres & auteurs au Moyen Âge	CS	43	82				
Lumière : duel entre Newton et Huygens	CS	45	48				

SCIENCES HUMAINES / SOCIÉTÉ / ÉCONOMIE

Aménagement (pour un) durable du territoire	HS	203	48
Coma, NDE, vision de l'au-delà (suite)	F	965	10
Comités d'entreprise européens (après Vilvorde)	NS	11	98
Criminalité en hausse dans le monde	E	965	152
Démographie : la France aujourd'hui	HS	203	90
Démographie en France en 2020	E	966	168

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Démographie sur Internet	R	975	138	Moyen Âge (les sciences en Occident au)	CS	43	34
Emploi : agence sur Internet	E	975	128	Objets et œuvres de la science (photos)	A	969	68
Euro & les autres : dollar, franc CFA	NS	11	102	Ordinateur (l') affectif, pour la formation	A	971	118
Euro (1999, le choc de l') : édition spéciale	NS	11	1	Recherche (la) à l'aube du XXIe siècle (R. Barré)	E	971	20
Euro (l') va-t-il sauver l'Europe ?	A	968	130	Recherche : la fuite des cerveaux français	A	964	98
Euroland (en marge d') : apprivoiser l'euro	NS	11	40	Recherche : quelle place pour les femmes ?	E	972	20
Europe (la France dans l')	HS	203	152	Recherche française : 37 cités-laboratoires	HS	203	147
Europe (le système) & son élargissement	NS	11	112	Recherche médicale française : scandale/obésité	A	967	65
Eurorégions : une carte encore floue	HS	203	134	Robot Lego : brique programmable	A	967	140
Faux : bars & boutiques dans décors à thèmes	E	969	168	Royal Society (fondation de la) au XVIIe s.	CS	45	16
Français (les) connaissent-ils leur pays (sondage)	HS	203	4	Science (actualité de la) sur Internet	R	968	170
France : la décentralisation à reculons ?	HS	203	44	Science (la) des Anciens	A	965	59
Futurologie : la santé selon Mrs Saltzman	E	967	168	Science à l'école : la solitude du maître	F	966	8
Futurologie : visions futuristes de Time	E	966	166	Science à l'école : les bonnes vieilles méthodes	F	966	8
Gabegie universelle (algue, hydroptère...)	F	967	8	Science au tiers monde : l'exode des cerveaux	A	970	83
Girard (René) et l'unification européenne	NS	11	120	Science française : dans le peloton de tête	HS	203	140
Mondialisation : l'avenir n'a pas de futur	A	967	163	Sciences : étudiants moins nombreux en France	E	973	24
Monnaie unique, Europe plurielle & Euro Power	NS	11	76	Sondage : de quoi ont peur les chercheurs ?	E	967	31
Politiques (hommes)/singes : mimiques faciales	A	973	85	Tourisme industriel sur Internet	R	969	158
Prix (le chambardement des) par l'euro	NS	11	48				
Psychothérapie assistée par ordinateur (Internet)	E	971	111				
Salaires européens : les trompe-l'œil de l'euro	NS	11	92				
SEL : système d'échange local	NS	11	44				
Spéculateurs (la fin des) avec l'euro ?	NS	11	89				
Télétravail (le) peut-il changer la vie (suite)	F	964	6				
Territoire français : 36 551 communes	HS	203	40				
Thuillier (Pierre), penseur libre (décès de)	E	974	30				
Troisième âge : guide du maintien à domicile	E	969	45				
Union monétaire & union politique européennes	NS	11	52				
Villes à la campagne (de plus en plus de)	HS	203	97				
XXIe siècle : l'an 2000 vu par Science & Vie	A	964	78				
XXIe siècle : l'avenir n'est écrit nulle part	A	964	71				

ÉDUCATION / FORMATION / RECHERCHE / SCIENCE

Académie royale (fondation de l') au XVIIe s.	CS	45	22
Aquarium : nouveaux bassins à Nausicaa	E	968	18
Aquarium virtuel sans eau à Boston	E	973	36
Art & science : parcours S&V-LRMF au Louvre	A	972	47
CD-Rom éducatifs (peut-on faire confiance aux) ?	A	973	112
Ecole : nouvelles technologies de l'information	A	973	104
Élève (pourquoi on est mauvais)	E	969	46
Encyclopédie (la Grande) au XVIIIe s.	CS	47	7
Enseignement des nouveaux savoirs au XVIIe s.	CS	45	74
États-Unis : le pays où se fait la science	A	970	80
Expérimentation animale et clonage	F	968	8
Exposition : réseaux de communication (Villette)	E	966	22
Exposition Cité des Sciences : l'infiniment petit	E	969	14
Exposition universelle de 1998 à Lisbonne	E	966	167
Fraude scientifique : exception française (l'Évén.)	E	972	1
Fuite des cerveaux français (suite)	F	968	8
Handicapés : l'ordinateur obéit au regard	E	969	36
Incendie : logiciel CSTB "Issue de secours"	E	975	127
Internet : sites éducatifs pour enfants	R	972	124
Le Flochmoen Eric, chercheur hors du commun	E	969	16
Livres & numérisation, problème de société	E	975	128
Métiers de l'économie pour 1999 avec l'euro	NS	11	34

JEUX / MATHÉMATIQUES

Calculateurs : les débuts de la mécanisation	CS	48	95
Cryptographie : générateur de nombres aléatoires	E	965	16
Erreurs (la théorie des) formalisée au XIXe s.	CS	48	56
Graphique (représentation) des nombres (XIXe s.)	CS	48	64
Mathématiques : solution aux "n corps" attractifs	E	974	16
Nombre Pi (le cercle des Anciens) (suite)	F	968	7
Statistique & objectivité au XIXe s.	CS	48	7

LANGAGE / COMMUNICATION

Bushmen (le langage des)	F	970	9
Langage des sourds sur Internet aux E.U.	E	973	130
Langage gestuel converti en paroles (MIT)	E	966	36
Langue (la) des signes active le cerveau droit	E	971	15
Livre électronique : pages à affichage variable	E	970	166
Malgache : langage asiatique & africain	E	970	20
Science & Vie en Espagne et en Italie	E	966	1
Science & Vie fait peau neuve	E	971	1
Thon (le) version française (suite)	F	969	6
Vide & étymologie de "rien" (suite)	F	973	7

MYTHES / BLURGS / CURIOSITÉS

Arnaque : achetez un morceau de lune	E	969	168
Astrologie (pour en finir avec l')	A	964	52
Croyance et détecteur de vérité (suite)	F	971	6
Fantômes : dus au vent dans les couloirs	E	974	28
Lifting de stars par ordinateur à Hollywood	E	968	180
Paranormal : X-files, la science manipulée	A	974	95
Pluie au Brésil invoquée par les chamans	E	969	29
Science-fiction : bébés conçus dans l'espace	A	973	150
Science-fiction : Centaure, porc transgénique	A	974	160
Science-fiction : la vie en plein ciel en 2053	A	972	140
Science-fiction : Lune 2119, paradis terrestre	A	971	127
Science-fiction : maisons intelligentes	A	975	164

PHYSIQUE, CHIMIE, TECHNOLOGIE

PHYSIQUE / CHIMIE

Atomes (les) sont asymétriques	E	965	15
Bulles supersoniques & bruit des gouttes	E	970	26
Café (étude de la dynamique de la tache de)	E	964	22
Chaos en 3D : mélange de liquides	E	975	17
Chimie (éloge de la) au XVIIIe s.	CS	47	63
Couleurs fondamentales (éclairage bleu) (suite)	F	967	8
Cristaux (faux) d'oxyde de bore	E	968	14
Einstein (expérience suisse contre relativité d')	A	964	54
Einstein (l'expérience qui contredit) (suite)	F	967	6
Einstein : comment il a trouvé la relativité générale	HS	205	73

Force (la face obscure de la cinquième)	E	975	16
Forces (les) dans la nature	HS	205	7
Foudre en boule : nouvelle explication	E	975	28
Froid : à la conquête du zéro absolu	A	966	122
Fusion : stellarateur contre tokamak	E	975	22
Fusion froide (la) s'est éteinte	E	974	22
Glace qui se contracte en cristallisant	E	973	15
Gravitation (les premiers maîtres de la)	HS	205	23
Gravitation : théories du futur	HS	205	150
Gravité (la) au quotidien (photos)	HS	205	35
Gravité terrestre : nuages, vents & éruptions	HS	205	60
Hélium (superfluidité de l') : pas sur le césium	E	964	13

	Type	N°	Page
Lumière : duel entre Newton et Huygens	CS	45	48
Molécules ultra-froides : atomes ralentis par laser	E	975	22
Neutrino (le) change le destin de l'Univers	A	971	52
Neutrinos solaires (détecteur de) SNO, Canada	E	968	26
Newton (les éternels succès des lois de)	HS	205	70
Or extrait de plantes cultivées sur sol enrichi d'or	E	975	18
Pesanteur (comment le vivant compose avec la)	HS	205	45
Pèse-personne (que mesure un) ?	F	967	6
Prix Nobel de chimie : W. Kohn & J. Pople	E	975	30
Prix Nobel de physique : Stormer & Tsui	E	975	20
Radioactivité : histoire de Pierre & Marie Curie	A	964	106
Relativité générale (premières applications de la)	HS	205	84
Rien (le) est impossible	A	970	58
Sable : simulation des vibrations par ordinateur	E	964	20
Supraconducteurs à haute pression	E	973	14
Téléportation d'un photon en Autriche	A	965	52
Vide & étymologie de "rien" (suite)	F	973	7
Vide (comment le) a créé l'univers	A	970	62
Vide (ou est donc le) ? - Le "rien" est impossible	A	970	56

INVENTIONS / TECHNIQUES / INDUSTRIE / BATIMENT

Aéroports de Paris : Beauvilliers, la polémique	A	965	147
Aimants : omniprésents, 100 fois plus puissants	A	972	62
Ascenseur Koné à moteur axial	E	967	38
Automate (un) à génome, qui se reproduit	A	972	132
Bassin de génie pour houle (La Seyne-sur-Mer)	E	968	42
Béton : ajout d'azote contre microfissures	E	967	42
Béton armé des ponts : mesure de la corrosion	E	965	37
Bibliothèque d'Alexandrie (construction de la)	E	970	18
Branchies artificielles pour plongeurs	E	970	14
Code-barre pour fleurs	E	970	36
Cristaux liquides sur ressorts p/écrans extraplats	E	967	37
Éclairage : bloc sécurité bâtiment autocontrôlant	E	971	39
Écluses en plastique sur le canal de l'Est	E	965	36
Explosifs (détecteur d') par spectrométrie	E	975	52
Fenêtre Philips qui se transforme en miroir	E	968	179
Forêt (machine) finlandaise sur six pattes	E	971	30
Four du CEA : 3 200° C en 20 secondes	E	969	40
Futurologie : visions futuristes de Time	E	966	166
Gyroscope à fibres optiques	E	974	52
Halogène (lampe) responsable d'incendies	E	967	29
Hangars démontables p/maintenance des avions	E	974	46
Holographeurs : photomats en 3D	E	969	167
Industrie : géographie économique en France	HS	203	116
Industrie : panorama de 4 régions industrielles	HS	203	130
Irrigation (pompe d') à débit variable	E	968	46
Isolation thermique d'origine spatiale : Aerogel	E	975	49
Lance à incendie Ifax 3000 : eau + air comprimé	E	973	42
Langage gestuel converti en paroles (MIT)	E	966	36
Laser (pointeur) qui aveugle les enfants	E	970	32
Laser Sparcle pour la météorologie	E	966	167
Lunettes sonores à caméras vidéo pour aveugles	E	970	45
Main artificielle "sensible" à capteurs de pression	E	970	167
Mémoires moléculaires en polymère	E	966	20
Mont-Saint-Michel (le) sauvé des sables	A	966	114
Montagne : systèmes p/prévision & détection	A	974	128
Moteur miniature à engrenages	E	966	38
Moteurs miniatures (lubrifiant pour)	E	972	15
Peinture détectant la corrosion du métal	E	970	40
Peintures lumineuses sensibles à la pression	E	971	34
Pont géant de Messine (Italie) en 2006	E	964	154
Radio dentaire informatisée & brevet (suite)	F	972	7
Réservoirs d'eau douce flottants à Chypre	E	974	46
Revêtement Polywolf p/durcir le métal	E	972	37
Robot (mini) pour objets microscopiques	E	966	37
Robot chien de berger	E	973	46
Robot chien programmable Sony	E	975	52
Robot chirurgical au MIT	E	967	45
Robot Lego : brique programmable	A	967	140
Robot télécommandé pour intervention incendie	E	971	32
Robots : gestes de machine	HS	204	151
Robots footballeurs (compétition RoboCup)	A	969	160
Robots pensants (la guerre des)	E	968	178
Salon des Inventions de Genève 1998	E	965	36
Scaphandre pour les secours aux sous-marins	E	970	34

	Type	N°	Page
Sculpture numérique par Ars Mathematica	E	965	153
Séismes : fibre de verre pour renforcer le béton	E	972	41
Sonar GuideCane pour aveugle	E	968	41
Tabac : machine à fumer contre tabagisme passif	E	965	34
Table pneumatique antisecousses à bon marché	E	967	37
Tissu (circuits électroniques imprimés sur du)	E	971	36
Tour de Pise (des bretelles pour la)	E	967	20
Tour Eiffel sur Internet	E	971	110
Verre (le) dénonce la pollution dans les musées	E	973	42
Vêtement du futur : odeur, chauffage, santé	E	967	166
Voix (analyse des vibrations de la) & mensonge	E	968	44

AVIATION / ARMEMENT / DÉFENSE

Aéroports de Paris : Beauvilliers, la polémique	A	965	147
Aile d'avion "vivante", à courbure variable	A	972	102
Arme à foudre électrique paralysante	A	966	130
Armes chimiques : comment s'en débarrasser ?	A	967	48
Aviation (l') de 1980 à nos jours	NS	10	95
Aviation (un siècle d') : édition spéciale	NS	10	1
Aviation : les débuts & la grande guerre	NS	10	6
Avion pliable Europa XS d'Europa Aircraft	E	975	50
Avion renifleur d'essais nucléaires	E	972	37
Avions & hélicoptères de guerre 1960-1980	NS	10	76
Avions (les) du XXIe s.	A	974	118
Avions (liquide hydrophobe pour pare-brise des)	E	968	34
Avions (micro-) renifleurs & micro-capteurs	E	974	44
Avions à réaction & hélicoptères 1945-1960	NS	10	57
Avions de haute altitude c/satellites de télécom	E	964	156
Avions sans pilote : les drones attaquent	A	965	115
Avions, lignes & compagnies entre deux guerres	NS	10	15
Boeing, Concorde, Airbus... 1960-1980	NS	10	82
Casque terrestre de visée p/guidage de missiles	E	968	42
Constellation (du) à la Caravelle : 1946-1955	NS	10	70
Drone (avion sans pilote) p/géophysique marine	E	973	41
École, avion de Clément Ader, au CNAM (suite)	F	971	7
Freins tout électrique pour Airbus A 340	E	975	52
Guerre de 39-45 (avions & missiles de la)	NS	10	39
Hydravion à turbine Ekranoplan (suite)	F	974	7
Informatique & télécom : du civil au militaire	A	975	121
Mines (bactéries lumineuses détectrices de)	E	974	30
Mines (détecteur de) à générateur cinétique	E	973	44
Mines (polyuréthane, édreon anti-)	E	968	46
Mines (Virgile, véhicule renifleur de)	E	967	40
Missile soviétique Bouria & nucléaire contre E.U.	A	965	106
Nucléaire : ancien site d'essais, zone chaude	E	973	15
Nucléaire : essais fantômes de l'Inde	E	973	16
Pilote d'essais : école privée en Californie	A	969	136
Pistolet à code électronique d'identification	E	972	38
Police (casque muni de caméra pour la)	E	969	167
Porte-avions Charles-de-Gaulle (les défis du)	A	972	80
Porte-avions Charles-de-Gaulle (suite)	F	974	7
Poubelles anti-terroristes Paraboum	E	969	38
Rayons cosmiques dangereux pour les avions	A	964	114
Sous-marins russes en béton	E	970	40
Sous-marins russes en béton & flottaison (suite)	F	973	6
Terrorisme biologique (Mondial de football)	A	969	48
Trainées de condensation des vols subsoniques	F	973	6
Trous d'air (détecteurs à laser contre les)	E	967	43
Turboréacteurs : modèles réduits p/maquettes	A	967	133
Turbulences (radar détecteur de) pour avions	E	971	34
Vie en plein ciel en 2053 (science-fiction)	A	972	140

AUTOMOBILE / CYCLES / TRANSPORTS

Accidents d'automobiles : caméras témoins	E	975	50
Airbags "intelligents" adaptés à la stature	E	969	42
Alternateur-démarrateur Dynalot	E	970	35
Automobile : écologie & organes de transmission	E	965	28
Autoradio Blaupunkt : assistance à la navigation	E	973	158
Ballon : le tour du monde sur Internet	R	967	160
Bateau à nageoires Proteus (MIT)	E	966	40
Bornes AIDA pour information sur autoroutes	E	968	40
Bus au gaz naturel (suite)	F	969	8
Ceinture de sécurité : simulateur de choc frontal	E	971	38
Cyclistes en couloirs poussés par ventilateurs	E	973	46

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Cyclomoteur électrique Lectra (E.U.)	E	973	41	Livre électronique : pages à affichage variable	E	970	166
Déchets automobiles (la chasse aux)	E	975	42	Maisons intelligentes (science-fiction)	A	975	164
Essence antipollution : l'avenir est à l'oxygène	A	964	149	Mémoires moléculaires en polymère	E	966	20
Méto parisien MF 2000 pour l'an 2004	E	965	33	Micro-ordinateur Gateway G6-333 XL	E	967	144
Moteur à air comprimé "zéro pollution"	A	969	130	Modem Olitec Smart-Memory, mémoire à la carte	E	975	150
Paquebots appartements, palais flottants	E	972	36	Morts (dialogue avec les) sur ordinateur	E	973	132
Pile à combustible à alcool p/voiture électrique	E	973	43	Musique (10 heures de) sur CD-Rom : MP3	E	974	136
Pile à combustible p/voiture électrique Renault	E	964	32	Ordinateur (l') affectif, pour la formation	A	971	118
Pneu : le liquide Snow Grip améliore l'adhérence	E	974	48	Ordinateur (l'ultra) de Nec, 1000 fois plus rapide	E	969	37
Pneu Michelin Pax System indéjantable	E	971	33	Ordinateur à reconnaissance d'empreinte digitale	E	969	40
Radiateur horizontal pour moteur de véhicule	E	967	42	Ordinateur iMac : sauvera-t-il Apple ?	E	971	112
Routes éponges pour fortes pluies	E	975	40	Ordinateur intuitif : logiciel israélien	E	972	119
Sifflet pour sauver les hérissons	E	973	44	Ordinateurs d'hypermarché (que valent les) ?	A	975	156
Smart (minivoiture) : contretremp à Smartville	A	967	127	Porte-monnaie électronique belge Proton	F	964	7
Smartville : Hambach n'est pas rebaptisé (suite)	F	971	6	Portrait-robot avec banque de visages existants	E	969	40
Solaire (automobile) en forme de soucoupe	E	974	45	Puces (bio-) électroniques & diagnostic médical	A	970	72
Tapis-ventouse pour poser des objets	E	969	37	Raz-de-marée par astéroïde simulé p/ordinateur	E	969	14
Taxi du futur : Taxia, par 200 élèves ingénieurs	E	975	56	Réalité virtuelle (monuments historiques en)	E	975	127
Télémètre à microlaser pour sécurité automobile	E	968	47	Simulateur tactile d'objet virtuel	E	975	126
Trottinette électrique Incotex Trotter	E	970	140	Supercalculateur pour modéliser la Terre	E	970	168
Vélo électrique dans une bulle	E	974	38	Téléphone + informatique : bureau portable	A	972	148
Voiture : sécurité active intelligente	A	973	117	Veille (mode) : interrupteur p/économie d'énergie	E	975	50
Voiture anti-incendie ?	F	965	6	Vêtements sur mesure p/scanner (projet Caesar)	E	974	136
Voiture électrique en self-service (Praxitèle)	E	964	30	Visage (identifier un) même déguisé : Mandrake	E	974	48
Voiture électrique qui se conduit à la voix (Cycab)	E	975	49				

LOISIRS / SPORTS / MESURES / OPTIQUE / PHOTO

APS Yashica Samuray à zoom puissant	E	971	132
Aquariums (la folie des)	A	965	125
Base-ball (batte de) à amortisseur piézoélectrique	E	973	42
Cyclisme : le Tour de France high-tech	A	970	138
Dopage (des muscles nourris au)	A	974	81
Dopage des sportifs : d'où vient la nandrolone ?	A	966	68
Football (ballon de) à micro émetteur	E	968	46
Football (le) & la science (Coupe du Monde)	A	969	117
Football : géométrie du terrain & de la "cage"	A	970	132
Holographeurs : photomats en 3D	E	969	167
Mesure du temps : différence entre UTC & GMT	F	965	8
Microscope électronique à transmission en 3D	E	975	28
Montre : trois moyens de se passer de piles	A	970	134
Montre-ordinateur de plongée Suunto	E	971	38
Musique sur Internet	R	974	148
Photo instantanée jetable Polaroid & Fujifilm	E	975	170
Plage (sports de) sur Internet	R	970	156
Plongée : combinaison qui évacue la sueur	E	975	48
Propulsion humaine : à la force du mollet	A	971	98
Reflex Pentax 4,5 x 6 autofocus	E	973	156
Skis paraboliques : facilité d'apprentissage	A	964	124
Snowboard (fixation Step in System pour)	E	965	132
Sport : l'entraînement mental	HS	204	143
Surf : les ingénieurs fous de la vague	A	971	66
Télescope : aluminure anachronique (suite)	F	972	6
Tennis : pourquoi les filles sont si précoces	A	969	94
Villes vues du ciel par Spot (photos)	A	968	90
Violon électronique d'apprentissage Yamaha	E	969	138
Visionneuse de carte géograph. p/randonneur	E	975	54
Voyages : tour du monde virtuel sur Internet	R	973	138

ÉLECTRONIQUE / INFORMATIQUE

Antivol pour ordinateur Barracuda	E	965	34
Arbres : simulation de croissance (photos)	A	964	89
Art informatisé : piété de Michel-Ange numérisée	E	972	119
Calculatrice TI-92 : mémoire portée à 500 Ko	E	966	140
Capturs "bio-électroniques" (robot/papillon)	E	969	16
Dessins animés conçus en 3D sur ordinateur	A	975	132
Dialogue naturel avec les ordinateurs aux E.U.	E	972	119
Disque dur miniaturisé IBM : 4 cm, 340 Mo	E	974	138
Étiquettes radio intelligentes pour magasins	A	971	136
Four Microwave Bank (Internet dans le)	A	974	170
Générateur miniature pour remplacer les piles	E	973	41
Handicapés : l'ordinateur obéit au regard	E	969	36
Imagerie médicale en 3D : révolution ou gadget	A	973	146
Informatique & télécom : du civil au militaire	A	975	121
Liaison sans fil entre unité centrale et terminaux	E	969	42
Linux, le logiciel libre	A	973	134

SON / TÉLÉVISION / VIDÉO / MULTIMÉDIA / VIRTUEL

BD (la) en 3D (réalité virtuelle)	A	972	136
CV sur CD-Rom au lycée de Muret	E	967	40
DVD : conflits techniques et commerciaux	A	966	134
DVD : L10 de Panasonic, le premier portable	E	968	150
DVD Sony portable & lunettes à cristaux liquides	E	974	154
Filter Audifiltre pour arrêter les sons trop intenses	E	975	64
Multimédia & enseignement	A	973	104
Radio numérique (le tiers monde teste la)	A	968	142
Radio portable basse fréquence : à travers le roc	E	975	54
Sucette musicale à transmission du son p/les os	E	975	49
Téléconférence : microphone identifiant la voix	E	969	43
Téléviseur mural Thomson à écran plat à plasma	E	972	146
Télévision : le choix des bouquets numériques	A	964	117
Vidéo numérique : irrésistible engouement	A	973	160

TÉLÉCOM / RÉSEAUX / INTERNET

Agriculture sur Internet	E	975	44
Avions de haute altitude c/satellites de télécom	E	964	156
Ballon : le tour du monde sur Internet	R	967	160
Carte à puce p/stocker les codes d'identification	E	971	112
Chine (la) s'ouvre à Internet (photos)	A	970	86
Commerce électronique (le) s'organise	E	972	120
Cryptage en semi-liberté sur Internet (l'Événem.)	E	967	1
Démographie sur Internet	R	975	138
Educatifs (sites) pour enfants sur Internet	R	972	124
Emploi : agence sur Internet	E	975	128
Fichés (nous sommes tous) sur Internet !	A	974	142
Four Microwave Bank (Internet dans le)	A	974	170
Incendies ravageurs : photos satellite s/Internet	E	971	30
Informatique + téléphone : bureau portable	A	972	148
Internet à grande vitesse	A	972	128
Internet conquiert le téléphone	A	971	116
Internet gratuit & logiciel libre Linux	E	975	126
Internet sur le réseau électrique (suite)	F	969	8
Internet sur le réseau électrique	A	965	122
Internet sur TV : Com One DomoTV	E	975	154
Langage des sourds sur Internet aux E.U.	E	973	130
Livres & numérisation, problème de société	E	975	128
Météo-France & Internet : mise au point (suite)	F	965	10
Moteurs de recherche Internet plus pertinents	E	974	137
Musical (l'industrie) a peur d'Internet	E	972	120
Musique (10 heures de) sur CD-Rom : MP3	E	974	136
Musique sur Internet : nombreux sites	R	974	148
Noms de domaines (gestion des) Internet	E	973	131
Pirates d'Internet : crackers et hackers	A	971	122
Plage (sports de) sur Internet	R	970	156
Plantes nourricières et infirmières sur Internet	R	966	158
Plantes transgéniques sur Internet	R	965	144
Psychothérapie assistée par ordinateur (Internet)	E	971	111

	Type	N°	Page		Type	N°	Page
Radio & télé sur Internet	A	974	158	Téléphone sur Internet : le casse-tête	A	971	116
Satellites de télécommunications : réseau Iridium	A	968	138	Tour Eiffel sur Internet	E	971	110
Science (actualité de la) sur Internet	R	968	170	Tourisme industriel sur Internet	R	969	158
Services (petits) sur Internet	R	971	114	Voyages : tour du monde virtuel sur Internet	R	973	138
Téléphone : bataille des tarifs	A	966	48	Voyages virtuels (l'ère des)	HS	202	154
Téléphone portable Alcatel One Touch View	E	974	166	Web (le) en braille	E	974	138
Téléphone portable Matra à reconnais. vocale	E	964	132	Web : créer ses pages sur Internet	A	973	144

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 : 28 F (étranger 33 F) soit _____ X _____ = _____

● La reliure pour 12 n°s de Science & Vie

au prix unitaire franco de port de : 95 F (étranger 110 F) soit _____ X _____ = _____

■ Les numéros Hors série de Science & Vie :

au prix unitaire franco de port de : 33 F (étranger 40 F) soit _____ X _____ = _____

● Les numéros Cahiers de Science & Vie :

au prix unitaire franco de port de : 40 F (étranger 45 F) soit _____ X _____ = _____

● La reliure pour 12 n°s des Cahiers de Science & Vie

au prix unitaire franco de port de : 65 F (étranger 75 F) soit _____ X _____ = _____

■ Le numéro spécial Ces découvertes qui changent le monde

au prix unitaire franco de port de : 40 F (étranger 45 F) soit _____ X _____ = _____

■ Le numéro spécial Bilan : vous et votre santé

au prix unitaire franco de port de : 40 F (étranger 45 F) soit _____ X _____ = _____

■ Le numéro spécial La grotte de la Combe-d'Arc

au prix unitaire franco de port de : 40 F (étranger 45 F) soit _____ X _____ = _____

■ Le numéro spécial Les OVNIS

au prix unitaire franco de port de : 40 F (étranger 45 F) soit _____ X _____ = _____

■ Le numéro spécial Un siècle d'aviation

au prix unitaire franco de port de : 40 F (étranger 45 F) soit _____ X _____ = _____

● La collection reliée 1914 de La Science et la Vie (1360 pages)

au prix franco de : 399 F (étranger nous consulter au 01 46 48 47 18) soit _____ X _____ = _____

• ci-joint mon règlement de : F

De préférence, merci d'établir votre paiement à l'ordre de **SCIENCE & VIE** ou des **CAHIERS DE SCIENCE & VIE** selon le cas (étranger: chèque compensable à Paris ou mandat international).

NOM : PRÉNOM :

ADRESSE :

CODE POSTAL : VILLE :

PAYS :

Conformément à la loi du 06/01/1978, vous pouvez, en nous écrivant, accéder aux données personnelles vous concernant ou vous opposer à leur communication à d'autres entreprises.

OFFRES VALABLES JUSQU'À FIN 1999
SOUS RÉSERVE DES STOCKS DISPONIBLES

RCS Excelsior Publications 572 134 773

SV 02 99

Besoin d'un coup de pouce ?

Oui ?

Alors ayez le réflexe



juvamine

Vous devez faire face à une surcharge de travail, vous êtes en pleine révision, en retard sur votre programme.

Vous avez l'impression que vous n'allez pas y arriver...

JUVAMINE INTELLECTUELLE peut vous aider !



juvamine Intellectuelle

Pour être au maximum de vos capacités au bon moment, JUVAMINE INTELLECTUELLE vous apporte 100% du besoin quotidien en 8 vitamines plus un complément en phospholipides.

En grandes et moyennes surfaces, au rayon alimentaire, diététique ou parapharmacie.

Seule une alimentation variée et parfaitement équilibrée peut apporter les vitamines et minéraux en quantités nécessaires à notre organisme. Or, vous n'avez pas toujours le temps de vous alimenter de manière idéale. Si vos besoins en vitamines et minéraux ne sont pas couverts, la fatigue peut s'installer.

En période de sollicitation intense (surcharge de travail, examens, concours...), votre cerveau fonctionne à plein régime et consomme des quantités encore plus importantes de micronutriments spécifiques. Mal alimenté, ses capacités diminuent. Mémoire, concentration et performances intellectuelles s'en ressentent.

Retrouvez les produits JUVAMINE
sur le www.juvamine.com



juvamine Intellectuelle

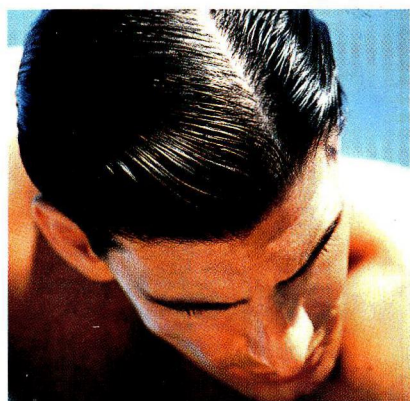
Pour faire la différence dans les moments importants

Pellicules ? Cuir chevelu irrité !



SHAMPOOING ANTIPELLICULAIRE **et** SOIN APAISANT

Apaiser le cuir chevelu irrité et éliminer
les pellicules dans le plus grand respect.



Dès les premières applications, les pellicules disparaissent. Véritable soin apaisant, Neutralia soulage le cuir chevelu des démangeaisons liées à l'état pelliculaire. Le cuir chevelu est purifié, débarrassé des résidus qui l'étouffent. Dermo-protecteur, **d'un pH neutre, il est hypo-allergénique***, sans colorant et anti-calcaire.

*élaboré pour minimiser les risques d'allergie.

GARANTI PAR LES LABORATOIRES

GARNIER PARIS