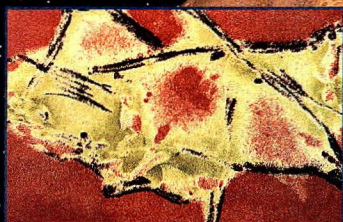
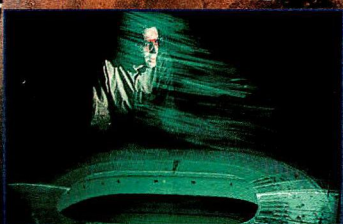


SCIENCE & VIE



VACHE FOLLE
L'industrie du
vaccin en danger



GRAND STADE
Visite guidée



PORTABLES
Des risques
pour la santé ?



**L'ÉCOLOGIE FAIT
SA RÉVOLUTION
SCIENTIFIQUE**

En route pour **MARS**

- L'exploration redémarre
- A la recherche de la vie

T 2578 - 949 - 23.00 F



Planètes : Une nouvelle constellation de découvertes.

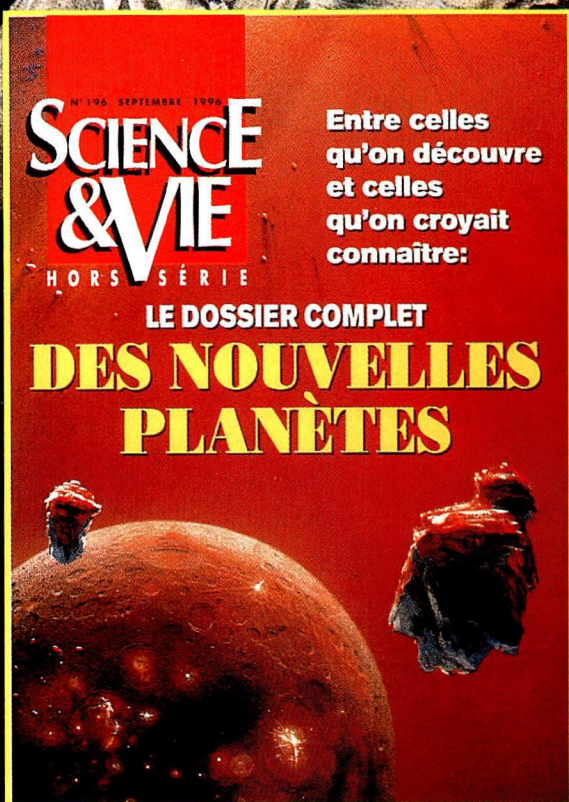
De nouveaux
systèmes
planétaires éloignés
viennent d'être
découverts...

On commence à
élaborer une histoire
physico-chimique
des planètes...

Les planètes,
des astres
qui gagnent à
être connus avec
SCIENCE & VIE
HORS SERIE.

*Les planètes
Umbriel, Ariel et Miranda.*

ILLUSTRATION : LIONEL BRET



EN VENTE PARTOUT

Le retour sur Terre de la cosmonaute française Claudie André-Deshays marque la fin d'une époque. Celle des vols spatiaux humains de courte durée. Les choses plus sérieuses vont commencer, avec Mars en lointaine mais certaine ligne de mire. C'est que la "planète rouge" occupe une place particulière dans l'esprit humain,

comme on le verra dans ce numéro. L'esprit d'aventure, de découverte et d'exploration, même s'il n'est plus guère exalté de nos jours, reste le propre de l'homme. Nous avons besoin de rêve pour nous dépasser.

L'homme ira sur Mars, mais certainement pas avant 2025 ! Tous les experts le disent, à l'inverse des exploits spatiaux d'hier, cette conquête ne sera pas l'affaire d'une seule nation, mais bien une mission internationale. En utilisant simplement les technologies actuelles, le voyage aller-retour vers Mars durerait "à peine" de six mois à deux ans, selon le mode de propulsion employé.

Si Américains et Russes ont officiellement renoncé à l'envoi d'un équipage vers la planète rouge (des groupe informels de scientifiques continuent néanmoins de s'intéresser à la question), tous y pensent comme à un but à long terme. Les missions Mars 96 et Pathfinder (voir article dans ce numéro) renouent avec l'explo-



A. TIXIERVIGNES

Rêve d'espace...

Le séjour dans l'espace de Claudie André-Deshays est le prélude à des missions françaises de longue durée, notamment à bord de la future station Alpha.

ration géologique et cartographique de la planète. Les données nouvelles permettront de sélectionner des sites d'atterrissage. En outre, les vols humains de longue durée à bord de la station orbitale internationale *Alpha* vont

accumuler les observations biomédicales sur le comportement de l'organisme en état d'apesantement pendant des durées supérieures à six mois. La France, l'Allemagne et l'Italie viennent de s'associer pour étudier les véhicules pilotés de liaison et de secours de la future station *Alpha*.

François Fillon, ministre de la Recherche, a récemment négocié avec la RKA, l'agence russe de l'espace, le séjour de quatre mois d'un cosmonaute français (probablement Léopold Eyartz) dans la station orbitale *Mir*, précédé d'une expédition préparatoire de trois semaines à la fin de 1997. L'objectif suivant sera l'envoi de cosmonautes français à bord d'*Alpha*, pour des missions de plusieurs mois. Puisqu'on sait que les automates remplacent avantageusement l'homme dans l'espace, à quoi tendent ces vols humains de longue durée autour de la Terre sinon au débarquement sur la planète rouge ? Alors, place au rêve et en route pour Mars !

S & V

SCIENCE & VIE

n° 949 • octobre 1996

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

Recevez Science & Vie chez vous. Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 125. Vous pouvez aussi vous abonner par minitel en tapant 3615 ABON. Organigramme p. 7.

Encart Club français du livre/Encyclopédie Universalis, 4 pages, broché entre la deuxième de couverture et la page 1. Tirage alterné, France métropolitaine avec abonnés.

Encart Decock Electronique, 8 pages, broché entre les pages 84 et 85. France métropolitaine hors abonnés. Encart abonnement jeté dans Science & Vie. Diffusion vente au numéro France métropolitaine.

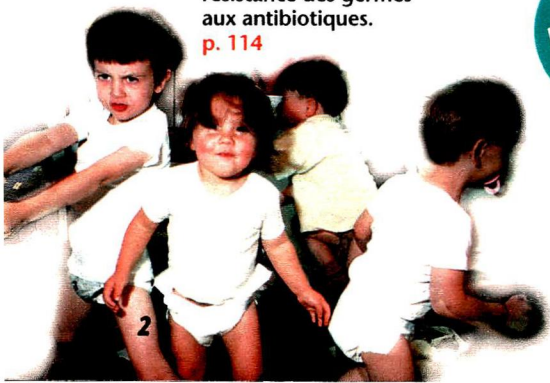
Couverture : Planetary Society, ESO.
En fenêtre : SPL/Cosmos, P. Plailly/Eurelios,
Pictor International, SPL/Cosmos.

■ L'homme est-il arrivé sur le continent américain il y a 50 000 ans, ou "seulement" 12 000 ?

La découverte d'une grotte au Brésil rallume une vieille controverse.
p. 80



■ Les crèches sont devenues de redoutables foyers d'épidémie. En accusation : le manque d'hygiène et la résistance des germes aux antibiotiques.
p. 114



FORUM 6

ACTUALITÉ

- RECHERCHE 14
- ENVIRONNEMENT 30
- TECHNOLOGIE 38
- MÉDECINE 46
- ASTRONOMIE 50
- BALISE 52
- Enigmatiques champignons
- FOCUS 54
- Comment neutraliser les agresseurs sexuels ?

EN COUVERTURE

En route pour Mars



- Feu vert pour la planète rouge . . . 60
- La vie ou la mort ? . . . 66
- Les canaux les ont fait rêver . . . 68

PHYSIQUE

Le big bang en éprouvette . . . 70

INFORMATIQUE

Les mauvais comptes de l'ordinateur . . . 74

ARCHÉOLOGIE

Les Américains prennent un coup de vieux . . . 80



ÉCOLOGIE La révolution scientifique

83

- Cent ans d'adolescence . . . 84
- Discours sur la méthode . . . 88
- La mutation technologique . . . 94
- Le "sésame" des écologistes . . . 98

CAHIER PHOTOS

Quand brille le Soleil noir 100

SANTÉ

Faut-il raccrocher son téléphone portable ? 106

BIOLOGIE

La vache folle menace les vaccins 110

ÉPIDÉMIOLOGIE

Alertez les bébés ! 114

HISTOIRES

Les amours fertiles de la science et de la BD 118

► RÉTRO 124

AUTOMOBILE

Les climatiseurs jettent un froid 128

GRANDS TRAVAUX

Les maîtres du stade 132

► CONSOMMATION 140

PHOTO

Les zones d'ombre du compact-zoom 144

► MULTIMÉDIA 148

FUTURS

Peut-on prévoir l'avenir ? 156

On n'arrête pas un rêve qui marche 164

► C'EST DÉJÀ DEMAIN ! 166

■ Rapportées par un couple de "chasseurs d'éclipses" qui sillonne le monde depuis vingt ans, d'extraordinaires images de "Soleil noir".
p. 100

G. & Y. DELAYE

■ Nimbus, Tournesol, Zorglub, Ténébrax... Farfelus ou diaboliques, les savants hantent depuis cent ans l'univers de la bande dessinée.
p. 118

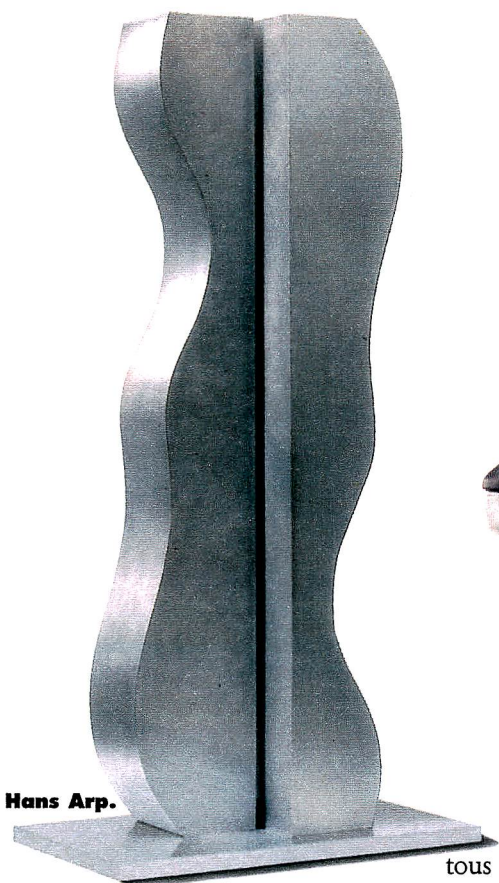
Illustration extraite de :
le Tournesol illustré
© Casterman

■ L'ordinateur est, paraît-il, infallible. Or, il souffre d'un péché originel : il arrondit les nombres. Ce qui le conduit à donner des résultats entièrement faux.
p. 74

SIMULATIONS J.F. COLONNA ÉCOLE POLYTECHNIQUE

N O U V E L L E O

La pureté dans le mouvement.
il n'y a pas



Hans Arp.



MOTEUR ECOTEC

En art comme en science, tous ceux qui cherchent le savent : il n'y a rien de plus difficile que d'arriver à quelque chose de plus pur. Opel travaille depuis de nombreuses années sur la gamme de moteurs ECOTEC. Objectif : des moteurs multisoupapes plus précis et plus efficaces. Résultat : plus de performances avec moins de carburant et moins d'émissions polluantes. Même un moteur peut être inspiré. Votre concessionnaire Opel vous dira encore beaucoup de choses sur la Nouvelle Opel Vectra (ou tapez 3615 Opel - 1,29F/mn) - Disponible à partir de 109 900 F (hors options) en 4 ou 5 portes. Tarif au 12/07/96. AM 97. Cons. CE 93/116 (2.5iV6) : 14.1/7.8/10.1.

Colonnes inversées, 1985° ADAGP, Paris 1995.



P E L V E C T R A

McCANN

de plus belle inspiration pour un moteur.



NOUVELLE OPEL VECTRA. L'ART DU MOUVEMENT.

OPEL 



DESSINS DOMINIQUE CORONNIER

Le chant du coton

■ « La production de coton coloré en Languedoc-Roussillon, si elle se réalise, restera très mineure », prédit M. Pierre Lebrun, de Cornebarrieu (Haute-Garonne), sceptique sur le projet d'en cultiver, à moyen terme, 1 500 ha dans la région (*Science & Vie* n° 941, p. 16).

« D'une part, la surface totale prévue ne représente que le centième de la surface nécessaire aux besoins de notre pays. D'autre part, les seuls terroirs vraiment prometteurs sont ceux de la Garonne. Ceux du bord de la Méditerranée sont victimes d'un basculement climatique pluvieux, froid, parfois violent, dès le 20 août, à la période où commence la maturation [après fécondation, le fruit grossit pour donner la capsule qui contient les graines

prolongées par les fibres, d'où leur nom de "coton-graines", NDLR].

» Une production artisanale de coton blanc à Castelsarrasin (Landes) a déjà montré des performances étonnantes : rendement probable (par extrapolation) de plus de 3 tonnes de coton-graines par hectare, maturation en 115 jours. Faute de soutien technique et institutionnel, elle n'a pu être renouvelée. »

Il est vrai que cette initiative individuelle n'a été appuyée par aucun investisseur. La France ne produit pas de coton blanc. Quant à la culture – encore expérimentale – de coton coloré, elle ne couvre qu'une dizaine d'hectares, répartis entre parcelles agricoles et stations expérimentales. Les récoltes, en octobre, donneront un aperçu de ce que l'on peut attendre des variétés sélectionnées.

Il reste beaucoup de points à améliorer : procé-

dés de culture, récolte, égrenage (séparation de la fibre et de la graine), filature des balles de coton... Mais de nombreux parrains se penchent sur le berceau : trois coopératives et trois industriels (association Co-

ton Sud), trois chambres d'agriculture, et trois organismes de recherche – dont l'initiateur du projet, le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD).

3615 SCV

La question du mois

Chaque mois, la meilleure question posée sur notre serveur minitel 3615 SCV est récompensée par un abonnement d'un an à *Science & Vie*.

Voici celle de septembre, posée par "3333" :

« Quel serait le prix de l'électricité pour un particulier s'il n'y avait pas de centrales nucléaires ? »

Il est impossible de répondre à cette question : pour l'instant, EDF est incapable de donner le prix du kilowattheure d'origine nucléaire ! En effet, on ignore encore le coût du démantèlement des centrales en fin de vie, et celui de l'enfouissement des déchets. La France s'est lancée dans le "tout nucléaire" lors du premier choc pétrolier, pour acquérir une indépendance énergétique. Mais, le prix du baril ayant baissé, la rentabilité de cette filière reste à démontrer.

Indignations homéopathiques

■ La surconsommation pharmaceutique coûte très cher à la Sécurité sociale (*Science & Vie*, n° 942, p. 40). A ce sujet, le Dr Jean-Patrick Leroy, de Landrévarzec (Finistère), s'étonne : « Pourqu'oi l'homéopathie n'est-elle pas soumise au droit commun et jouit-elle de droits exorbitants, (...) le remboursement à 65 % avec exemption de l'obligation de preuve d'efficacité ? »

Cette nécessité de preuves est, en effet, fondamentale. Les pratiques médicales non validées scientifiquement font courir des risques aux malades, qu'elles détournent des soins qui leur sont nécessaires.

Cependant, le Dr Jean-Pierre Perret, d'Annecy, s'indigne : « Vos prises de position sectaires contre l'homéopathie sont à la limite de la mauvaise foi. La connaissance scientifique avance parfois par des sauts qui entraînent des ruptures avec les connaissances établies. Ces découvertes sont toujours combattues par les tenants de l'ancien système. (...) Malheureusement pour vous, les nouvelles découvertes sur les hautes dilutions ne concernent plus seulement l'homéopathie mais vont avoir des retombées industrielles concrètes. »

Nous nous inclinons devant ces découvertes et ne manquerons pas de les relater... dès que des preuves scientifiques les validant auront été apportées.



Eau privée, eau publique

■ M. Jean-Luc Delangle, du Mans (Sarthe), écrit : « Je relève cette phrase dans votre article "La France en eau trouble" (n° 946, p. 79) : "Que des firmes privées prospèrent grâce aux consommateurs, le cas est devenu classique dans les sociétés libérales." Si l'aspect technique de l'article est fort intéressant, cette sentence relève, elle, d'un simplisme économique discutable. (...) Le prix fixé par une entreprise privée lui permet de couvrir toutes ses charges. (...) Le bénéfice dégagé finance le remboursement des emprunts et les investissements à venir par le renforcement des fonds propres. En revanche, une collectivité fixe un prix plus politique, dans la mesure où elle peut répartir le coût entre consommateurs et contribuables. (...) Le prix facturé étant sous-estimé, le consommateur est incité au gâchis supporté par le contribuable. »

Publié par
Excelsior Publications SA
Capital social : 11.100 000 F.
Durée : 99 ans.

1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15.

Tél. : 1 46 48 48 48. Fax : 1 46 48 48 67.

Adresse télégraphique : Sienvie Paris.

Principaux associés : Yveline Dupuy, Paul Dupuy.

**SCIENCE
& VIE**

DIRECTION, ADMINISTRATION

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

RÉDACTION

Rédacteur en chef : Jean-René Germain, assisté de Marie-Anne Guffroy (documentation) et Elisabeth Latsague (secrétariat). Rédacteurs en chef-adjoints : Jean-François Robredo, Didier Dubrana, Gérard Morice, assisté de Monique Vogt. Secrétaire général de la rédaction : Norbert Régina. Secrétaires de rédaction : Françoise Sergent, Nadine Raguet, Agnès Marillier, Jean-Luc Glock. Rédacteurs : Renaud de La Taille, Pierre Rossion, Marie-Laure Moinet, Henri-Pierre Penel, Isabelle Bourdial, Thierry Pilorge, Alexandre Dorozynski, Philippe Chambon, Hélène Guillemot. Conception graphique, direction artistique : Gilles Moine. Maquette : Lionel Crooson, Elisabeth de Garrigues. Service photo : Anne Levy. Correspondante à New York : Sheila Kraft, PO Box 1860, Hemlock Farms Hawley PA, 18428 Etats-Unis.

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Michel Brassinne, René Bernex, Germain Chambost, Catherine Chauveau, Yves Delaye, Sonia Feertchak, Leïla Haddad, Philippe Henarejos, Roman Ikonickoff, Fabrice Laurent, Hervé Laurent, Marielle Mayo, Véronique Rochewsky, Catherine Schubert, Vincent Tardieu, Marielle Vétéau.

RELATIONS EXTÉRIEURES

Michèle Hilling, Blandine Devriendt.

MARKETING INTERNATIONAL, REVENTES

Directeur-adjoint : Marie-Ange Rouquet-Dezellus, tél. : (33) 1 46 48 47 26, fax : (33) 1 46 48 49 39.

PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdéco, 23 rue Baudin, BP 311, 92303 Levallois-Perret Cedex, tél. : 1 41 34 82 08. Directeur commercial : Gilles de Becdelièvre. Directrice de la publicité : Véronique Moulin. Directeur de clientèle : Laurent Auzie. Chef de publicité : Marie Renoir. Assistante de publicité : Sandrine Lenoir.

À NOS LECTEURS

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

SERVICES COMMERCIAUX

Chef de produit marketing : Capucine Jahan. Chef de produit ventes : Marie Cribier. Téléphone vert : 05 43 42 08 (réservé aux dépositaires). Belgique AMP, 1 rue de la Petite-Isle, 1070 Bruxelles. Abonnements et marketing direct : Patrick Alexandre Sarradeil.

ABONNEMENTS

Relations clientèles abonnés : service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 1 46 48 47 08 (à partir de 9 h). Tarifs : un an, 12 numéros, 253 F ; un an, 12 numéros + 4 hors-série, 328 F ; un an, 12 numéros + 6 cahiers, 413 F ; un an, 12 numéros + 4 hors-série + 6 cahiers, 488 F. Aux Etats-Unis et au Canada : Periodica Inc. - C.P. 444, Outremont, Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse : Naville, case postale 1211, Genève 1, Suisse. En Belgique : 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 remarque paraît tout à fait justifiée. Mais, si la privatisation de la distribution de l'eau responsabilise les consommateurs, l'opacité des attributions des marchés publics conduit à quelques dérapages... D'où l'emprisonnement pour certains, et un surcoût pour les abonnés.

Le livre n'a pas perdu la guerre

■ M. Henri Manguy, de Châtillon (Hauts-de-Seine), renchérit sur notre article "CD-Rom : la grande illusion" (*Science & Vie* n° 944, p. 156). « Le livre électronique sur CD-Rom, malgré tous les avantages

qu'il présente par rapport au livre papier, possède un grave inconvénient, qui en limitera la diffusion : pour le lire, on est obligé de s'asseoir devant un ordinateur. (...) Pour que le livre électronique soit vraiment une révolution, il faut qu'on puisse l'utiliser dans les mêmes conditions que le livre papier. (...) Je vois donc un appareil lecteur de la taille d'un livre de format moyen, dans lequel on insérerait une cartouche du genre de celles qu'on utilise dans les jeux vidéo portables. »

Le CD-Rom présente des caractéristiques déjà irremplaçables, telles que la recherche rapide de renseignements dans une encyclopédie "minuscule". En outre, certains ordinateurs portables ont déjà la taille d'un livre, et des livres numérisés peu-

vent être copiés sur disquette. Cependant, le CD-Rom n'éliminera le livre papier que le jour où il en posséderait toutes les qualités. On en est loin. Car le livre ordinaire conserve un avantage décisif : il est bon marché.

Pas d'anti-corps contre le prion

■ « A la lumière de votre intéressant article sur les prions (*Science & Vie* n° 944, p. 98), ne jugez-vous pas excessive la décision de détruire en masse les bovins ? » interroge M. Jean Morin, de Bégard (Côtes-d'Armor). « Le système immunitaire de ces animaux ne pourrait-il pas se protéger par la création de nouveaux anticorps chez certains d'entre eux, qui seraient transmissibles à leurs descendants ? L'exemple de la myxomatose chez le lapin montre que certains ont résisté au virus et transmis génétiquement cette résistance. »

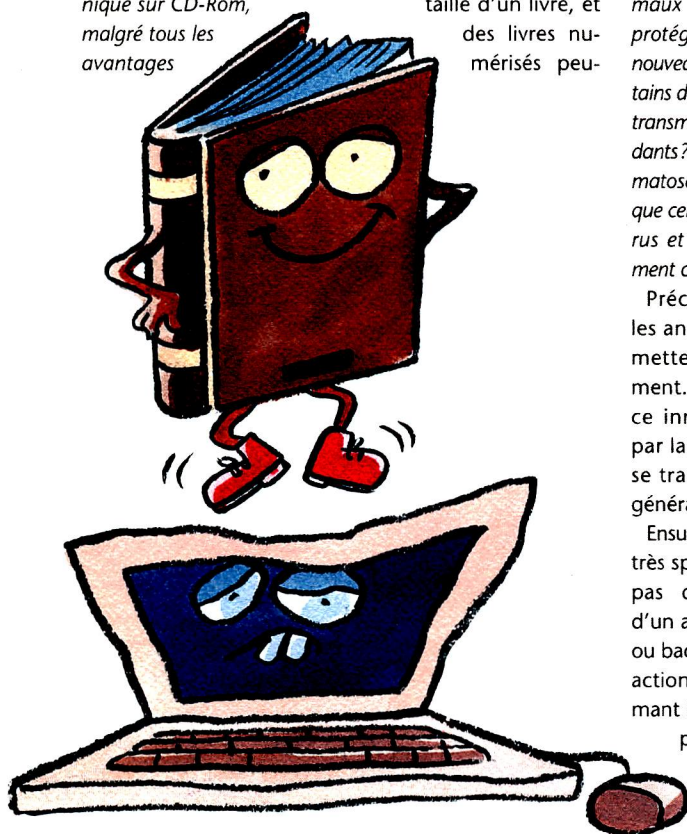
Précisons d'abord que les anticorps ne se transmettent pas génétiquement. Seule une résistance innée – non acquise par la vaccination – peut se transmettre au fil des générations.

Ensuite, le cas du prion est très spécifique. Il ne s'agit pas du développement d'un agent étranger, virus ou bactérie, mais d'une réaction en chaîne transformant l'une de nos propres protéines, la protéine du prion : en changeant de forme, elle devient patho-

gène.

La résistance d'un individu à la maladie est probablement proportionnelle à la stabilité de sa protéine du prion. Le prion ne déclenchant pas de réaction immunitaire, la maladie (une dégénérescence nerveuse) se décèle, à l'autopsie, par l'accumulation dans le cerveau de la protéine déformée, et non par la présence d'anticorps dans le sang, comme dans les maladies virales. Ce qui rend actuellement impossible le dépistage *ante mortem*.

En attendant la mise au point de tests permettant de dépister la maladie pendant l'incubation, et une meilleure connaissance de son éventuelle transmissibilité à l'homme, l'abattage des troupeaux où une vache est morte du prion permet de préserver le consommateur de tout risque. Une mesure encore plus justifiée si tout le troupeau reçoit la même nourriture. En outre, les premiers résultats de l'étude britannique sur la transmission de la maladie de la vache au veau (*Science & Vie* n° 946, p. 145) indiquent que cette transmission "verticale" a lieu dans probablement 10 % des cas.



3615
SCV

Les forums de
Science & Vie!

Les grands débats
de notre société.

Exprimez vos
opinions.



Ce qu'il faut savoir, c'est qu'au XX^e siècle Volkswagen équipait son Sharan Raleigh de 3 vélos.



Savez-vous que les autoroutes cyclables n'ont pas toujours existé ? Nous devons leur invention, bizarrement à une voiture du XX^e siècle, le Sharan Raleigh. Explications : autrefois, au XX^e siècle, les autoroutes étaient réservées aux voitures-bouchons-stress...

Volkswagen crée alors la série spéciale Sharan Raleigh équipée de 3 vélos Raleigh et d'un porte vélo, avec en plus la climatisation et le double airbag* en série. Peu à peu, les vélos sortent des chemins, de

jolis mollets poussèrent partout, les poumons s'aèrent, les esprits aussi. Les pistes cyclables étaient si encombrées, que l'on dut en construire d'autres.

Le Sharan Raleigh a toujours eu une place privilégiée dans ce monde, et en 2040, on lui prévoit encore un très bel avenir. Série spéciale Sharan Raleigh avec trois vélos à partir de 155 500 F. Modèle présenté Sharan Raleigh

GL 2,0 l essence BV5 AM 97 avec 3 vélos : 180 500 F. Véhicule et vélos disponibles séparément. Prix Sharan Raleigh GL 2,0 l ess. BV5 AM 97 : 180 000 F. Prix unitaire vélo adulte : 2 995 F. Prix unitaire VTT enfant : 1 395 F. Tarif au 06.09.96. Offre valable dans la limite des stocks disponibles. La gamme Sharan Raleigh existe en version diesel ou essence, et avec 3 niveaux de finition. *Coussins gonflables de sécurité.

Sharan Raleigh. La machine à voyager dans le temps.



Le geste des enfants sourds

■ « Le cerveau humain n'est pas qu'une cire molle modelée par les événements », écrit M. P. Haure-Placé, d'Oléron-Sainte-Marie (Pyrénées-Atlantiques). « Comme chez toute autre espèce animale, son acquis repose sur une base nécessaire de pulsions, de structures et de notions instinctives pré-alables. La parole est un phénomène universel pour notre espèce, quelle que soit la civilisation. L'observation de la production spontanée de syllabes visuelles [gestuelles] par les enfants sourds (*Science & Vie* n° 946, p. 17) ne fait que confirmer cette aptitude fondamentale de l'être humain à communiquer. »

Le Dr Daniel Lebauby, président de l'Association des Devenus Sourds et Malentendants (Paris), tempère cet optimisme. « Parmi les sourds congénitaux (une naissance sur mille en France), certains apprennent la langue des signes française (LSF), dotée de sa propre syntaxe. (...) Le faible nombre de gestes existants (environ 2 000) de la LSF constitue un facteur limitant incontournable, face aux 70 000 mots du "Petit Larousse", et ne permet que des échanges superficiels dans des domaines non spécialisés. Sans parler du risque de contresens : le même signe désigne diplomate et menteur, tandis que d'autres correspondent à une phrase ou à une idée. (...) »

La LSF est un langage impliquant le corps tout entier : un geste suffit à écarter

tout risque de contresens.

Une personne motivée peut apprendre la LSF en un an environ (à l'Académie de la LSF ou à l'IVT, à Paris, par exemple). Cependant, les personnes Devenues Sourdes, qui ont connu le langage parlé, préfèrent la lecture labiale (sur les lèvres de l'interlocuteur), épaulée par un langage gestuel d'appoint. La revue *Dialogues Infos*, tournée vers les problèmes d'audition, souligne que le nombre de personnes atteintes de ce handicap en France est mal connu. Selon l'Organisation mondiale de la santé, sont "sourdes" les personnes dont l'état rend inutile tout appareillage ; les autres sont "malentendantes".

Des apparences trompeuses

■ « Un entrefilet de votre n° 946, p. 110, mérite un commentaire », écrit M. René J. Henry, de Grandevant (Suisse). « Je lis : "Trompeuses apparences. Une étude américaine a montré qu'il suffit qu'un quartier soit habité par 25 % de Noirs pour qu'un Blanc le perçoive comme "noir". Les Noirs, eux, n'ont ce sentiment qu'à partir de 75 % d'habitants de couleur." (...) Il ressort (...) en réalité de cette étude que la sensibilité à l'autre couleur est la même chez les Blancs et chez les Noirs. Votre information est donc présentée d'une manière tendancieuse, puisqu'elle engage à croire que cette sensibilité à l'"Autre" est différente pour chaque groupe, et que le Blanc est plus al-

lergique à l'autre couleur – et donc plus raciste. Ce qui est faux. C'est là un exemple typique de désinformation à partir d'une information juste. »

Vous nous prêtez des intentions qui ne sont pas les nôtres. Le phénomène est évidemment identique chez les Noirs et chez les Blancs. Il s'agissait de montrer que l'image que l'on se fait de la population d'un quartier est parfois bien loin de la réalité – et non de se livrer à une vaine comparaison entre le racisme des Noirs et celui des Blancs.

Cet article, intitulé "Faut-il avoir peur des banlieues?", nous a valu un abondant courrier. La principale critique porte sur son soi-disant manque d'objectivité. Faut-il rappeler qu'il se fonde sur une enquête sociologique aussi objective que possible, dont nous avons tenté d'extraire les éléments les plus significatifs et les plus généraux. Cependant, le sujet est complexe, et les chiffres fournis par ces enquêtes sont parfois difficiles à exploiter.

Notre article visait à montrer que les banlieues sont des territoires méconnus, et que l'on avance, à leur propos, beaucoup d'affirmations sans fondement.

Plaidoyer pour le lac Baïkal

■ « Je vous envoie la photocopie d'un article paru dans "la Lettre du commandant Cousteau" sur le sort du lac Baïkal, à charge pour vous de le comparer avec votre article "Pollution : la cote d'alerte" (n° 946, p. 82) », nous écrit M. Michel Lecadre, de Courcouronnes (Essonne).

"Plongez dans le lac Baïkal" : c'est l'invitation de la publication de Cousteau, qui évoque sa pureté ancestrale et le combat que mènent intellectuels et écologistes russes pour tenter de le préserver. "Un lac à l'agonie" : c'est le titre que nous donnions à une photo, afin d'attirer l'attention sur les menaces de pollution qui pèsent sur le lac Baïkal. Reconnaissons cependant qu'il est excessif de parler d'agonie à propos du lac le plus vieux et le plus profond du monde, qui conserve de multiples richesses. ■





Retombez-vous en enfance chaque fois que vous êtes à découvert?

Pour faire face à vos risques de découvert, Satellis Essentiel de la Caisse d'Epargne.

Il n'est pas toujours aisé de prévoir ses entrées et ses sorties d'argent. Et à moins d'être toujours vigilant on risque vite de se retrouver à découvert.

Une situation plutôt embarrassante, tant sur le plan financier que pour sa tranquillité d'esprit. Pour ne plus craindre de se faire tirer l'oreille dès qu'on se trouve dans le rouge, la Caisse d'Epargne propose Satellis Essentiel. Une formule qui vous donne droit à un découvert dont le montant sera déterminé avec vous. Ainsi, vous n'aurez plus à

demander à chaque fois une autorisation de découvert.

En plus de cela, Satellis Essentiel offre des services indispensables pour votre argent au quotidien : des moyens de paiements sûrs (Carte Bleue, chéquier) ; la rémunération de votre argent disponible grâce à Eparfix. Et des services d'informations bancaires à distance (Télécoreuil, Phonécoreuil).

Autant de solutions pour que la gestion de votre compte n'ait plus cette fâcheuse tendance à vous échauffer les oreilles.

Pour en savoir plus, renseignez-vous dans votre agence Caisse d'Epargne ou sur le 3615 Caisse d'Epargne (1,29 F la minute).



CAISSE D'EPARGNE



DES KILOMÈTRES DE TRANQUILLITÉ. Connecté sur le réseau SFR, un téléphone mobile 2 watts possède un champ d'action et des possibilités d'émission et de réception optimales. **240 000 km de routes et 4 700 km de littoral.** Dont 98% du réseau autoroutier et des milliers de kilomètres de nationales et de départementales, sans compter les vicinales. **A l'extérieur comme à l'intérieur.**

SANS FIL, LE MONDE EST PLUS hexagone.

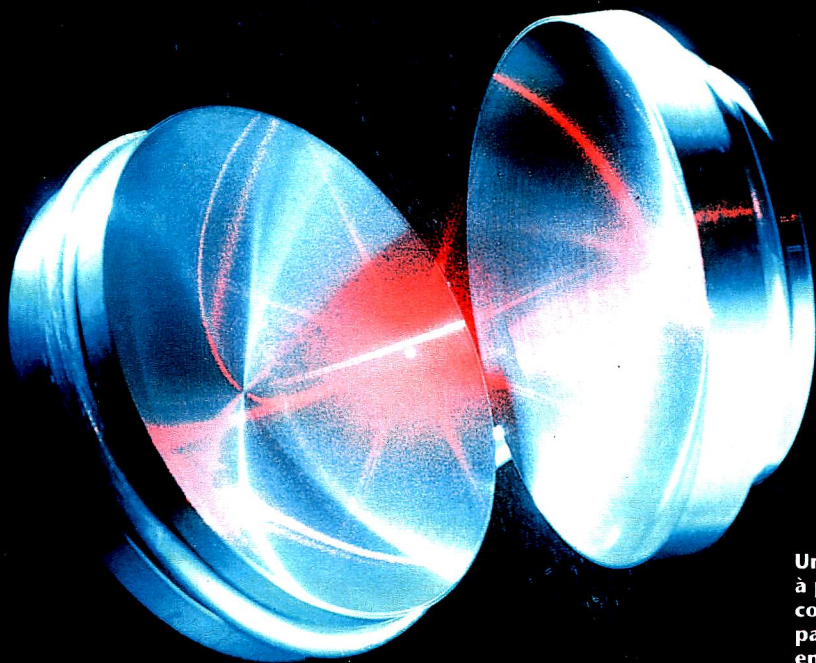
SFR



En voiture, dans le train, dans la rue, mais aussi dans la plupart des bâtiments. **80% de la population française.** Jour après jour, SFR multiplie ses émetteurs GSM et améliore la densité de son réseau pour faire progresser la qualité de vos communications. Pour tous renseignements, appelez gratuitement le 05 426 426 et à partir du 18 octobre, le 0800 426 426. **LE MONDE SANS FIL EST À VOUS.**

ACTUALITÉ RECHERCHE

par Thierry Pilorge



Une "boîte à photons" constituée par des miroirs en niobium.

Les photons enfin mis en lumière

Lorsque des photons – ces "grains de lumière" réputés insaisissables – se font piéger, la mécanique quantique se découvre sous un nouveau jour...

Pour décrire le comportement physique des rayonnements (rayons gamma, ondes radio...), on fait appel à l'électrodynamique quantique. Cette théorie a pour principale conséquence la "quantification du rayonnement". Elle prédit que l'énergie ne peut prendre que des valeurs distinctes et mul-

tiples d'une quantité élémentaire. En particulier, l'énergie d'un rayon lumineux doit être égale à un multiple entier de celle d'un photon.

Si la validité de cette théorie a déjà été prouvée à maintes reprises, la manifestation la plus directe de cette quantification du champ – la lumière est un

champ électromagnétique "visible" – n'avait pas encore été observée. L'équipe du laboratoire parisien Kastler-Brossel, dirigé par les professeurs Haroche, Raimond et Brune, vient de réussir ce tour de force.

Pour être "exploitable", le rayon lumineux de l'expérience devait contenir un nombre restreint de

photons. Les fréquences utilisées étaient donc très élevées (50 GHz, soit 20 fois celle employée dans un four à micro-ondes). Par ailleurs, une "boîte" a été conçue pour emprisonner ces particules fugitives.

Le principe? Faire rebondir les photons sur deux miroirs en niobium – un métal supraconducteur très résonant –, entre 10 et 100 millions de fois, pour les piéger pendant près d'une milliseconde. Pour être réellement efficaces, ces miroirs ont été

polis à l'aide de poudre de diamant, et refroidis à 0,6 K (-272,55 °C).

La mesure de l'énergie requérait un détecteur très subtil. Les atomes de Rydberg étaient tout désignés. Ils possèdent en effet un électron excité, très éloigné du noyau, qui les rend très sensibles à n'importe quel type de rayonnement : on peut les détecter individuellement en les "cassant" dans un champ électrique.

Les chercheurs ont étudié le couplage résonnant entre ces atomes et quelques photons piégés dans la "boîte". Les atomes excités sont susceptibles de passer à un niveau d'énergie inférieur en émettant un photon, avec une probabilité qui est fonction du temps passé dans la boîte. Les fréquences d'oscillation correspondant sont liées au nombre de photons présents.

Les chercheurs ont obtenu un signal de réponse composé de certaines fréquences bien précises, révélatrices de l'amplitude du champ électrique. Comme celle-ci est directement proportionnelle à l'énergie du rayonnement, ils ont ainsi montré que l'énergie ne peut prendre que des valeurs discrètes. Voilà enfin la preuve que la lumière est composée de grains indivisibles.

Le succès de cette expérience pourrait en annoncer d'autres. La résolution du célèbre paradoxe du "chat de Schrödinger" serait ainsi en bonne voie (voir aussi *Science & Vie* n°947, p. 12). F. L.

ARCHÉOLOGIE

Voyage en Epicurie

«**P**rofitons de la vie avant que la mort ne nous prenne!» Telle était la devise d'un des magnats d'Augustodunum – aujourd'hui Autun – dont la luxueuse maison vient d'être fouillée sous la direction de Pascale Chardon-Picault, archéologue municipale.

La remarquable mosaïque du sol de la salle d'apparat représente un décor "à thème" typique de la Rome impériale, alliant des motifs végétaux et géométriques et des personnages en médaillon. S'y côtoient Epicure, le philosophe grec du IV^e siècle av. J.-C., son

disciple Métrodore, et Anacréon, poète grec du VI^e siècle av. J.-C., chantant le vin et l'amour. Chacun d'entre eux est entouré d'une citation – cette découverte a ainsi permis de "rendre" à Métrodore une phrase habituellement attribuée à Epicure. Le sol de-

vait s'orner de cinq ou huit tableaux; trois ont été mis au jour, et les archéologues espèrent trouver les autres en fouillant la cave de la maison actuelle.

Le grand luxe de la *domus* – mosaïques, murs couverts de marbre, de motifs en stuc et de peintures, chauffage, eau chaude, fontaine et bains privés – et ses imposantes dimensions, montrent qu'Augustodunum, créée pour concurrencer la Bibracte gauloise, fut une grande ville gallo-romaine, inspirée, comme Rome, par la culture hellénique. C. C.

Mosaïque mise au jour à Autun.



H. N. LOOSE

ASTRONOMIE

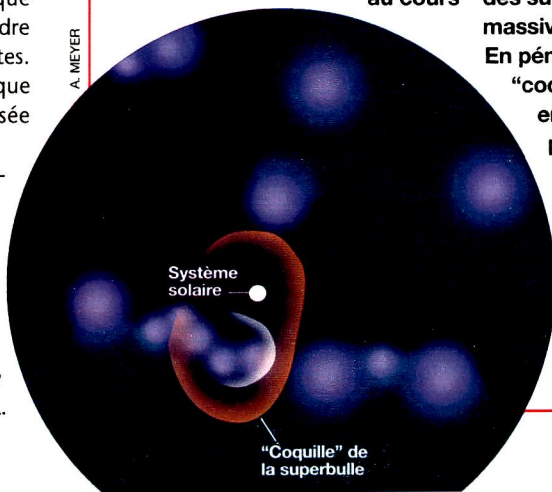
DROIT DANS LE MUR !

■ Dans sa course au sein de la Galaxie, le système solaire fonce tout droit sur un nuage de gaz et de poussières. Selon une astronome de l'université de Chicago, après avoir erré

au cours

des cinq derniers millions d'années dans une "superbulle" – une région de l'espace relativement vide –, il devrait atteindre sa "coquille", composée de débris éjectés par des supernovae et des étoiles massives, d'ici à 50 000 ans.

En pénétrant dans cette "coquille", l'héliosphère, une enveloppe de particules protectrices qui englobe le système solaire, pourrait être comprimée jusqu'à l'orbite de la Terre. On pourrait s'attendre à de terribles changements magnétiques et climatiques sur la Terre... P. H.



A. MEYER

ÉVOLUTION

Les microbes sautent le pas

Selon la théorie des équilibres ponctués, l'évolution se fait par sauts brusques, entrecoupés de longues périodes de calme plat, ou stases. Mais jusqu'à présent, ses partisans n'avaient pas de mécanismes moléculaires à proposer pour rendre compte d'un tel rythme saccadé.

Les résultats obtenus par une équipe de chercheurs de l'université d'état du Michigan, dirigée par Richard Lenski, marquent

donc un tournant important. Ils ont étudié les changements de taille de l'incontournable bactérie *Escherichia coli*, pendant 3 000 générations, dans un milieu pauvre en sucre, élément essentiel à la croissance des colonies.

Dans ce contexte, les bactéries les plus grandes sont avantagées : elles génèrent plus de descendants, et finissent par éliminer les plus petites.

Pourtant, le changement de taille ne se fait pas pro-

gressivement, comme le voudrait la théorie graduelle : les chercheurs ont observé des sauts brusques, encadrés de longues périodes de stabilité. Un peu comme si les bactéries "attendaient" que les mutations bénéfiques apparaissent dans la population, remarque le généticien des populations Montgomery Slatkin, de l'université de Californie, à Berkeley.

A ce stade, les mutations exprimées par une plus grande taille se répan-

draient très vite dans la colonie, du fait de l'avantage adaptatif qu'elles procurent.

La portée de cette expérience est très discutée. "Ponctualiste" convaincu, le paléontologue Niles Eldredge, inventeur en 1972 avec Stephen Jay Gould du terme d'"équilibres ponctués", n'en estime pas moins qu'il y a confusion entre les phénomènes qui se produisent à l'échelle de la population et ceux qui agissent à celle des espèces. Philip Gingerich, de l'université du Michigan, pense quant à lui qu'on ne peut extrapoler ces résultats aux organismes plus complexes, comme les mammifères.

Selon Miroslav Radman, directeur du laboratoire de mutagenèse à l'institut Jacques Monod (université Paris VI), des processus du même ordre seraient pourtant à l'œuvre chez la souris. Mais pour Radman, le plus important reste la leçon que Lenski lui-même tire de son travail : « l'évolution peut être une science expérimentale aussi bien qu'une science d'observation. »

ÉTHOLOGIE

L'OBSCUR KĀMA-SŪTRA DES PAPILLONS

PHOTO X - TOUS DROITS RÉSERVÉS



l'extrémité des deux abdomens se faisant face) échoue dans 77% des cas. Les mâles, guidés uniquement par une sensation tactile, parviennent rarement à trouver la position optimale. Quand les photorécepteurs sont intacts, leur activité diminue nettement au moment où le bon

■ A quoi servent donc les deux paires de photorécepteurs (organes sensibles à la lumière) placés sur les organes génitaux du papillon japonais *Papilio xuthus*? Des chercheurs de Yokohama viennent de montrer qu'ils jouent un rôle crucial dans l'accouplement de ces insectes. En effet, lorsque les récepteurs du mâle sont noircis expérimentalement, l'accouplement (pratiqué

alignement des organes génitaux est trouvé – la lumière devient alors insuffisante pour activer les récepteurs. Cette extinction des "feux de recul" constituerait un signal informant le mâle qu'il est temps de décharger son sperme. Dans cette histoire, les femelles seraient plutôt passives : noircir leurs récepteurs n'entraîne en effet aucun changement significatif. F. Z.

3615
SCV

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

**INFECTIONS ? FEU DU RASOIR ?
UNE PEAU ASSAINIE À CHAQUE RASAGE,
EN TOUTE CONFIANCE.**



NOBACTER®
NO PROBLEME

**MOUSSE À RASER
ANTISEPTIQUE**

POUR COMBATTRE EFFICACEMENT
LES INFECTIONS, LE FEU DU RASOIR,
UNE MOUSSE À RASER-MÉDICAMENT
EST NÉCESSAIRE : NOBACTER EST ÉLABORÉ
SOUS CONTRÔLE MÉDICAL,
IL CONTIENT UN ANTISEPTIQUE,
LE TRICLOCARBAN.
AVEC NOBACTER, OUBLIEZ LES INFECTIONS,
OUBLIEZ LE FEU DU RASOIR.

DEMANDEZ CONSEIL À VOTRE PHARMACIEN.

Si les symptômes persistent, consultez votre médecin. Lire attentivement la notice pour les contre-indications et les précautions d'emploi. VISAGP N° 473 G96 I398

GÉOPHYSIQUE

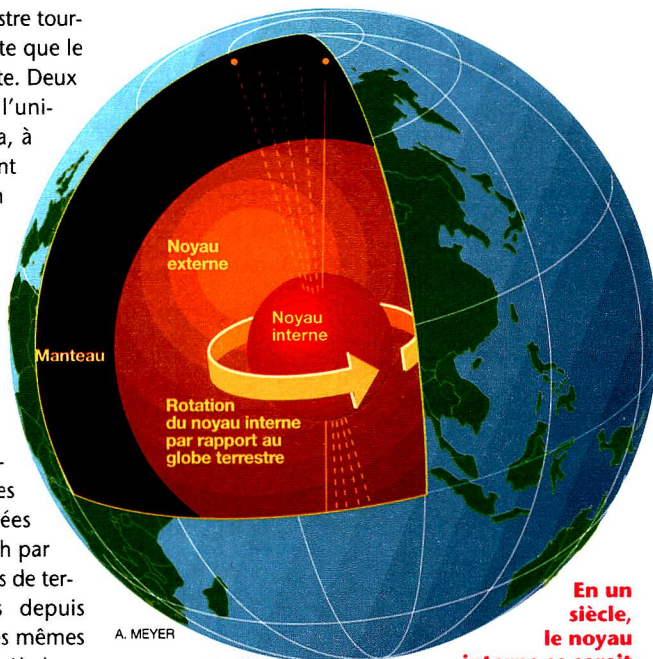
Terre, ton noyau va trop vite

Le noyau terrestre tournerait plus vite que le reste de la planète. Deux sismologues de l'université Columbia, à New York, fondent cette affirmation sur l'analyse des ondes sismiques qui traversent le Globe après une secousse tellurique. Dans une étude récente, ils ont comparé la vitesse des ondes sismiques générées aux Iles Sandwich par des tremblements de terre (38 séismes depuis 1967), à celle des mêmes ondes captées en Alaska.

Le noyau terrestre possède de deux parties distinctes : un cœur en fer très dense, et son enveloppe externe formée de métal en fusion. Or, les ondes sismiques traversent aujourd'hui la partie solide plus vite qu'en 1967.

Le gain, de l'ordre de 0,3 seconde, serait dû à la coïncidence de l'axe Iles Sandwich-Alaska avec ce que les chercheurs appellent une "voie rapide" de propagation dans le noyau. Celle-ci serait formée par l'alignement de cristaux ferreux, structure qui faciliterait la progression des ondes.

Il y a trente ans, cette "voie rapide" devait se trouver proche de l'axe Nouvelle-Zélande-Norvège. Les ondes qui parcourent cette trajectoire sont notablement plus lentes



A. MEYER

En un siècle, le noyau interne se serait déplacé d'un quart de tour par rapport au reste du globe.

aujourd'hui. En trois décennies, le cœur du noyau aurait tourné de 33° vers l'est (soit un déplacement annuel moyen de 1°,1).

Le calcul de la vitesse de

rotation du noyau pourrait fournir de précieuses informations sur le champ magnétique terrestre, qui se crée dans cette partie de la planète.

F. L.

CHIMPANZÉS EN LIGNE

● Tout le monde se retrouve "en ligne", y compris les chimpanzés étudiés pendant 32 ans par Jane Goodall dans le parc national Gombe, en Tanzanie. Gary Seaman, directeur du Centre d'anthropologie visuelle de l'université de Californie du Sud, est en train de créer une base de données en 200 CD-Rom. Elle inclura textes, cartes et autres notes de terrain de la célèbre primatologue, et, surtout, les séquences filmées du comportement de ses protégés. Tous les chercheurs intéressés pourront ainsi y avoir accès.

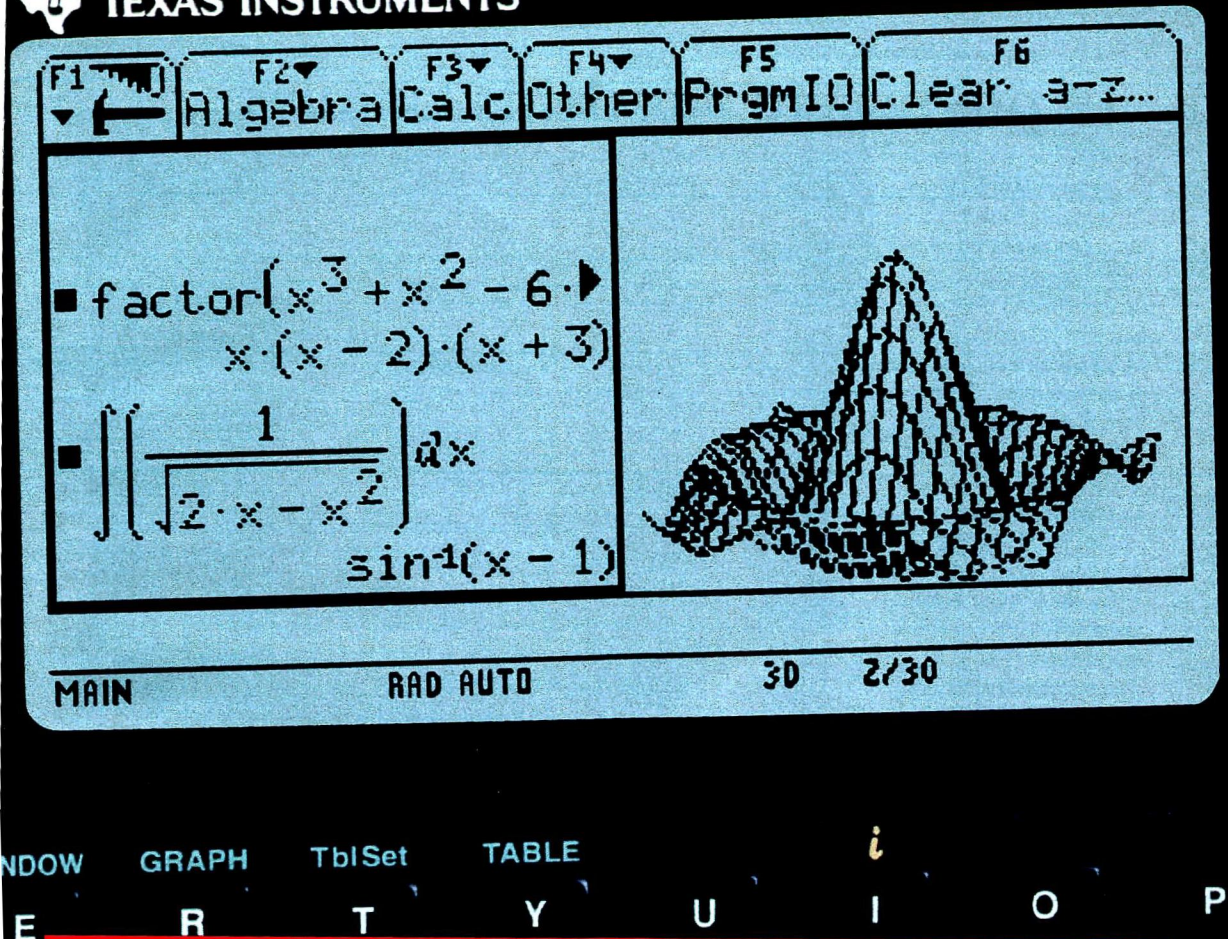
ASTRONOMIE

PÉGASE SE BRÛLE LES AILES

■ Découverte en décembre 1995, la planète 51 Pegasus B, comparable en taille à Jupiter, est six fois plus proche de son étoile principale que Mercure ne l'est du Soleil. Ce qui ne laisse pas d'intriguer les astronomes. Quasi "collée" à l'étoile, cette planète est chauffée à environ 2000 °C. Selon l'astrophysicien Douglas Din, elle pourrait s'être formée à une distance raison-

nable, par exemple 100 fois plus loin. En un million d'années, par le jeu des forces de gravitation à l'intérieur du disque de poussière proto-planétaire, elle se serait déplacée le long d'une spirale jusqu'à se stabiliser sur une orbite très proche de l'étoile. Elle pourrait être la dernière d'une série de mondes ayant ainsi péri dans les flammes du soleil local.

P. H.



L'ÉCRAN PARTAGÉ DE LA CALCULATRICE TI-92 EST À L'IMAGE DES DEUX CÔTÉS DE VOTRE CERVEAU.

On sait tous que le cerveau droit gère les fonctions créatives et le cerveau gauche la logique.

La nouvelle TI-92 de Texas Instruments peut satisfaire à l'infini les deux côtés de votre cerveau.

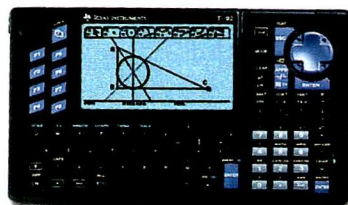
En concevant l'outil mathématique le plus puissant du marché, Texas Instruments a révolutionné le monde des calculatrices.

Plus qu'une simple calculatrice, la TI-92 est la première plate-forme mathématique.

Elle intègre des logiciels puissants jusqu'ici disponibles seulement sur des ordinateurs, avec une facilité d'utilisation étonnante (clavier d'ordinateur, menus déroulants, aide syntaxique, catalogue alphabétique de toutes les commandes...).

Les expressions et résultats sont affichés sous forme de symboles comme dans un livre de 1ère S ou Math Spé.

- TI-92 :**
- 1 Mo de mémoire ROM
 - 128 Ko RAM (ext. à 256 Ko)*
 - Microprocesseur 68000
 - Résultats symboliques
 - Graphique en 3D
 - Géométrie interactive
 - Éditeur de texte



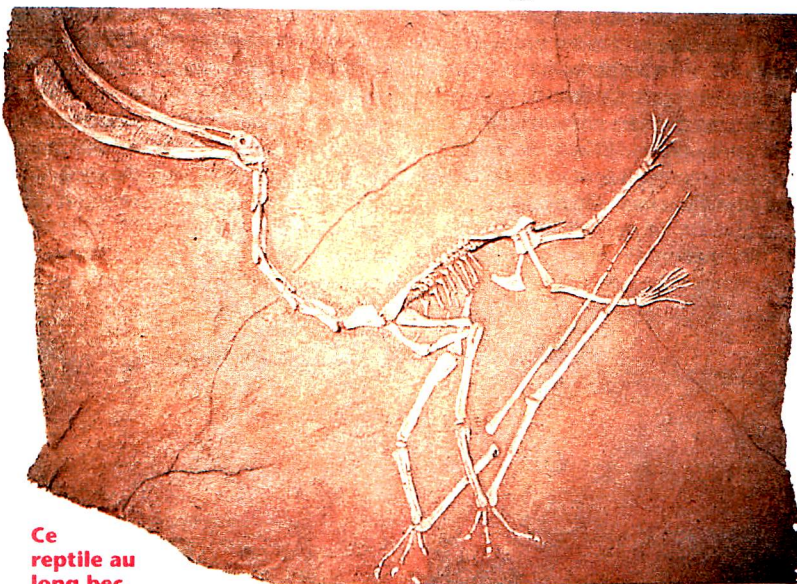
**On a tous besoin d'une
Texas Instruments.**

PALÉONTOLOGIE

Le ptérosaure aux dents longues

Le premier vertébré supérieur capable de voler était un reptile parent des crocodiles et des dinosaures, connu sous le nom de *Pterodaustro* (étymologiquement "aile du sud"). Mesurant environ 1,50 m, et apparu il y a 220 millions d'années, il se serait éteint en même temps que les dinosaures, il y a 65 millions d'années.

Après la découverte en Amérique du Sud, en 1970, du premier exemplaire fossile, on a établi que l'animal se nourrissait d'animalcules aquatiques, filtrés par un millier de fines baguettes souples – des fanons – rangées le long de la mandibule. L'étude avait aussi conclu que ces baguettes étaient des formations cornées.



Ce reptile au long bec

emmanché d'un long cou possédait aussi de très longues et fines dents.

PHOTO X - TOUS DROITS RÉSERVÉS

Les travaux histologiques du chercheur new-yorkais L. M. Chiappe, effectués sur un fossile découvert ré-

cemment en Argentine, ont montré que les fanons mandibulaires étaient en fait de vraies dents rigides,

dotées d'une mince couche d'émail recouvrant la dentine. Reste à expliquer comment ces dents, dont la base mesure moins de deux dixièmes de millimètre pour une hauteur de plusieurs centimètres, résistaient, sans casser, aux contraintes mécaniques imposées par la filtration de l'eau.

P. R.

ARCHÉOLOGIE

Un "livret de famille" gravé

Il y a 3 500 ans, une civilisation de l'âge du bronze, couvrant l'Espagne, la France et la Grande-Bretagne actuelles, possédait son propre système d'écriture. L'alphabet latin se se-

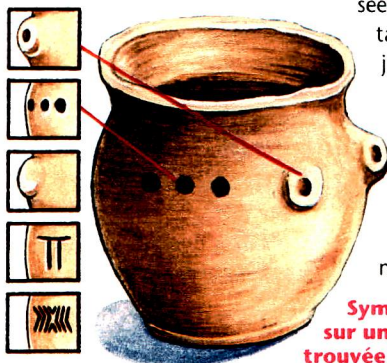
rait imposé par la suite, sous la pression de l'occupant romain. William Waldren, un archéologue de l'université d'Oxford, a étudié 89 symboles recensés sur des poteries dispersées depuis les îles britanniques Orcades jusqu'à Majorque.

La moitié de ces symboles orne des urnes funéraires découvertes récemment à Majorque. Ils formeraient le "livret de

famille" du mort. Ainsi, une marque en forme de téton représenterait une femme, des lignes gravées, un homme, des points, le nombre d'enfants et des symboles plus compliqués, le nom de famille. Selon Nicholas Purcell, spécialiste d'histoire ancienne à l'université d'Oxford, on peut imaginer que cette civilisation « avait mis au point par elle-même le concept complexe d'utilisation de symboles pour représenter des sons et donc avancé vers le développement d'un alphabet rudimentaire ».

À QUAND LE MAMMOTEL ?

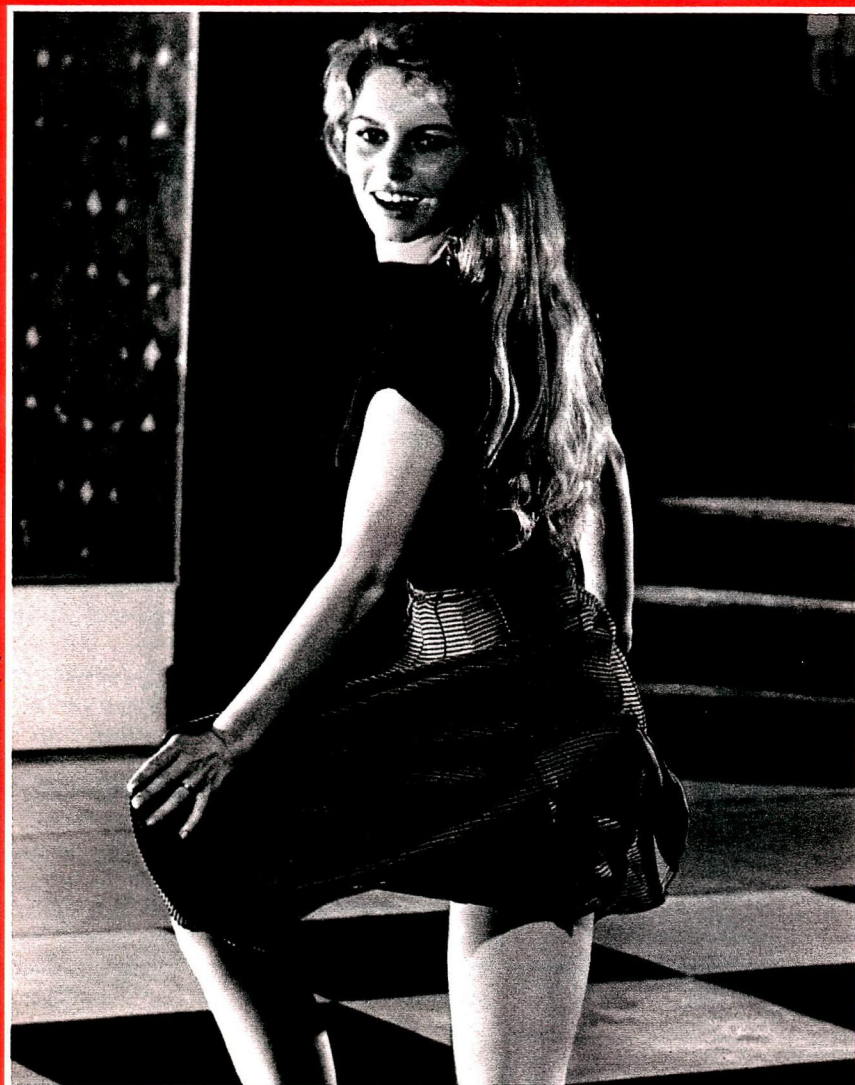
● Des scientifiques japonais vont se rendre en Sibérie, pour prélever du sperme chez des mammoths conservés dans la glace. Ils l'utiliseront pour féconder *in vitro* un ovule d'éléphante, afin de créer un hybride.



Symboles gravés sur une urne funéraire trouvée à Majorque.

CONTRAT PRÉSENCE

Pour obtenir une Carte Bleue Visa gratuite* pendant un an, avoir entre 18 et 25 ans suffira.



© EURO RSCG / HANNET - BNP - 1996. Photo: Les Indes - Pirelli - 1996. Photo: Les Indes - Pirelli - 1996.

*En devenant client Présence, formule 2, offre valable jusqu'au 31.12.96.

Vous avez entre 18 et 25 ans? Vous avez de la chance! La BNP vous propose de multiples avantages avec son contrat Présence. Tout d'abord, comme vous êtes tous différents, vous avez le choix entre 56 formules adaptées à la situation de chacun, dont bon nombre vous sont accessibles gratuitement la première année*. Vous disposez ainsi d'une gamme étendue de services bancaires gratuits comprenant la carte de retrait ou la Carte Bleue Visa Internationale, des services téléphoniques pour consulter vos comptes 24 heures sur 24 ou bien



encore pour vous aider dans toutes vos démarches : études, recherche de stage, logement, premier emploi. Avec Alloprojets, vous pouvez organiser vos prochaines vacances, réserver des places de concerts ou commander du matériel HI-FI... Après votre adhésion, la BNP vous offre en plus deux chèques de réduction de 200 F. C'est entre 18 et 25 ans que vous avez le plus besoin d'un vrai coup de pouce et la BNP l'a bien compris. Alors, appelez BNP en ligne au 36.63.06.06 ou après le 18/10 au 0.801.63.06.06, n° Azur.

A CHAQUE INSTANT, ON DOIT POUVOIR COMPTER SUR SA BANQUE.

ERGONOMIE

La victoire sur un coussin

Dans l'Antiquité, jamais un rameur grec n'aurait oublié son précieux petit coussin... Cet accessoire lui permettait de glisser d'avant en arrière pour accompagner le mouvement de la rame – une technique similaire à celle utilisée par les rameurs pratiquant actuellement l'aviron. John Hale, un archéologue de l'université de Louisville (Etats-Unis), s'appuie sur de nombreux indices pour étayer cette affirmation.



GIRAUDON

Les adeptes actuels de l'aviron se sont-ils inspirés des rameurs grecs ?

Ainsi, les comédies athéniennes contiennent des descriptions explicites sur la façon de ramer. Aussi surprenant que cela puisse

paraître, c'est sur ce coussin qu'Athènes a assis sa domination sur la mer Egée pendant plus d'un siècle. En effet, grâce à lui,

les lourdes trières (galères à trois rangs de rames) parvenaient à effectuer des manœuvres d'une précision et d'une rapidité étonnantes.

Il faudra attendre l'invention du quadrirème par les Carthaginois, vers l'an 400 avant J.-C., pour que cette suprématie soit mise à mal. Le nouveau venu utilisait plusieurs rameurs par aviron, alors que la trière n'en comptait qu'un seul. La force de propulsion prit ainsi le pas sur la maniabilité. En outre, la stratégie des batailles navales changea : l'abordage et la lutte au corps à corps apparurent, et le délicat coussinet devint obsolète... On ne redécouvrit ses avantages qu'au milieu du XIX^e siècle. V. R.

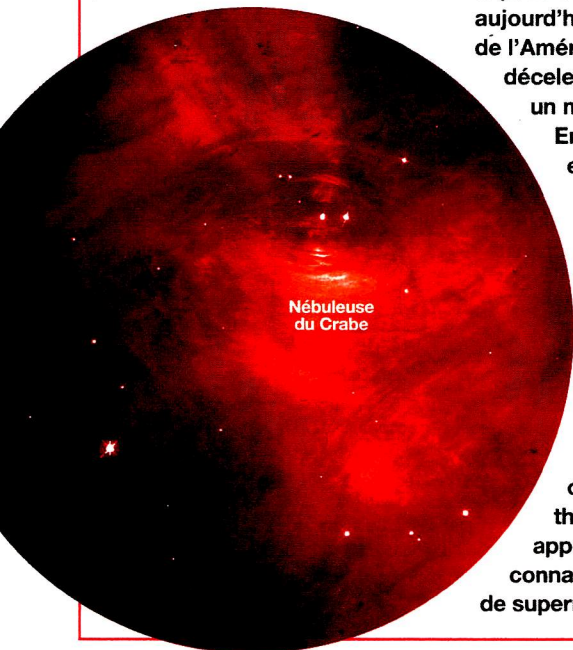
ASTRONOMIE

LA DANSE DU CRABE

■ Il y a 942 ans, la nébuleuse du Crabe n'existait pas. Elle a été créée par l'explosion d'une supernova, observée par les

astronomes chinois le 4 juillet 1054. En pointant le télescope spatial Hubble sur la partie centrale de ce nuage de gaz en expansion, où se trouve aujourd'hui un pulsar, l'équipe de l'Américain Jeff Hester a pu déceler pour la première fois un mouvement.

Entre décembre 1995 et avril 1996, le gaz rougeoyant qui compose la nébuleuse s'est déplacé. Ce phénomène s'est produit sous l'effet des particules émises en jets par le pulsar, qui tourne sur lui-même 30 fois par secondes. A partir de ces observations, les théoriciens vont pouvoir approfondir leur connaissance des restes de supernovae. P. H.



Nébuleuse du Crabe

J. HESTER - P. SCOWEN/ARIZONA STATE UNIV. & NASA

ENCORE UN PETIT CARRÉ ?

● Les Américains voient de la drogue partout : certains chercheurs affirment que le chocolat agit sur les mêmes récepteurs cérébraux que le cannabis.

PHYSIOLOGIE

Fort comme un Sherpa...

Si les Sherpas du Népal franchissent les hauts sommets de l'Himalaya avec plus de facilité que les alpinistes venus de la plaine, c'est parce que leur muscle cardiaque utilise avec un meilleur rendement l'oxygène de l'air.

Telle est la conclusion que l'équipe de Peter Hochachka, de l'université de Vancouver (Canada), a tiré de l'étude de cette population.

Pour le comprendre, il faut rappeler que la contraction des fibres musculaires est assurée essentiellement par la dégradation de l'adénosine triphosphate (ATP), le "carburant" des muscles. Or, on sait que l'ATP est produit, surtout pour les



Et avec le sourire... Le "moteur" de l'effort a un excellent rendement chez les Sherpas.

efforts prolongés, par voie aérobie, c'est-à-dire en présence d'oxygène.

L'équipe canadienne a montré que les Sherpas fabriquent davantage d'ATP que les alpinistes, alors que leur métabolisme aérobie est plus

faible. L'explication de ce paradoxe a été trouvée dans les cellules musculaires. Comparées à celles des populations de basse altitude, elles produisent, chez les Sherpas, jusqu'à 60 % d'ATP en plus, pour chaque molécule d'oxygène consommée – un rendement incomparablement supérieur!

Cette aptitude serait vraisemblablement d'origine génétique. P. R.

GÉNÉTIQUE

UNE LONGUE VIE EST UN FLEUVE TRANQUILLE

■ Le secret de longévité de Jeanne Calment résiderait-il dans l'oisiveté et la tranquillité? Par des manipulations génétiques, Bernard Lakowski et Siegfried Hekimi, de l'université de Montréal, ont réussi à tripler la durée de vie d'un ver nématode (*Caenorhabditis elegans*), en freinant le rendement de la "machine" biologique. Le métabolisme de ces vers mutants tourne en effet au ralenti. De ce fait, l'accumulation de métabolites

(radicaux libres notamment) responsables, à long terme, de l'altération des cellules, se fait moins vite. Les cellules gardent ainsi plus longtemps leur efficacité.

La mise en évidence des gènes impliqués, baptisés "clock", devrait permettre de mieux comprendre la génétique du vieillissement. Les scientifiques ont émis l'hypothèse que les gènes "clock" formeraient un des éléments du mécanisme d'une "horloge physiologique générale". F. Z.

DANS L'ESPACE, LES BÉBÉS NE SONT PAS LES BIENVENUS

● Mesdames, vous serez prévenues. Les voyages spatiaux sont la cause d'accouchements difficiles, et les bébés sont désorientés par la différence de gravité avec la Terre. Du moins ceux des rates mises en orbite dans la navette spatiale de la Nasa...

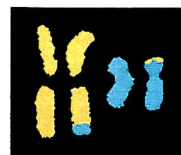
Le caryotype multicolore

Des systèmes de marquage fluorescents sont de plus en plus utilisés dans l'étude du génome humain. Jusqu'à présent, le nombre de couleurs disponible était très restreint. Etudier simultanément les 23 paires de chromosomes qui composent notre patrimoine génétique était donc impossible.

L'équipe de Thomas Ried, du Centre de recherche sur le génome humain (Maryland), a résolu ce problème en créant, à partir de sondes fluorescentes existantes, une palette de 24 couleurs, une pour chaque type de chromosome (les 22 auto-

somes, non sexuels, plus le X et le Y). Chacune de ces sondes reconnaît une séquence d'ADN caractéristique du chromosome correspondant et s'y attache. La fluorescence, qu'elle émet dans le domaine de la lumière non visible, est transformée en couleur visible par un traitement informatique.

Cette technique, baptisée *spectral karyotyping*, permet de classer les chromosomes non seulement en fonction de leur taille, mais aussi selon leur couleur. Le "kaléidoscope" ainsi obtenu devrait permettre de mieux comprendre les anomalies génétiques présentes dès la naissance ou



Ci-dessus, un échange de fragments d'ADN entre deux chromosomes, visualisé en couleurs. A

droite, certains chromosomes du gibbon apparaissent comme un "cocktail" de fragments chromosomiques humains.

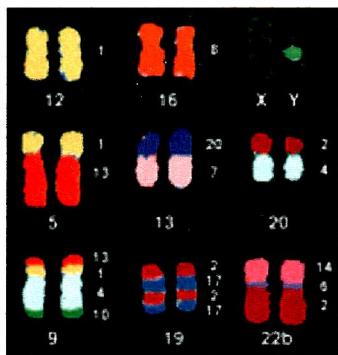


PHOTO X - TOUS DROITS RÉSERVÉS

apparus tardivement, tel le cancer. Cette méthode permet aussi de déterminer l'origine d'un fragment d'ADN qui s'est détaché de son chromosome d'origine pour se fixer sur un autre chromosome par translocation. Enfin, on peut l'utiliser pour visualiser directement le taux de parenté génétique entre espèces.

C'est ainsi que le *spectral karyotyping* a servi à comparer la structure du génome du gibbon avec celle de l'homme. Que de points communs, mais quel désordre!

F. Z.

Plateforme Scientifique TI-92



4 ouvrages disponibles dès maintenant



2,23 Francs la minute

Ou demande d'information par fax **(04)* 93 22 22 98**

TEXAS INSTRUMENTS



* Nouvelle numérotation à 10 chiffres à compter du 18/10/96

ARCHÉOLOGIE

Bière sur le Nil d'hier et d'aujourd'hui

La technique de fabrication de la bière égyptienne était nettement plus élaborée qu'on ne le pensait...

A partir de substances (amidon, dextrines, sucres, levures) trouvées dans des poteries, Delwen Samuel, archéologue à l'université de Cambridge, vient en effet de reconstituer le mode de brassage de la bière des anciens Égyptiens. Connaissant les réactions

à partir desquelles ces substances peuvent se former, il a identifié les différentes étapes suivies par les brasseurs de l'époque.

En premier lieu, ils obtenaient une farine en broyant des graines de céréales germées (maltage) puis chauffaient celle-ci avec de l'eau (brassage). Ce mélange était ensuite mis en présence de graines de céréales en germination, dans de l'eau non

chauffée. Enfin, la solution résultante était décantée et fermentée.

Les chercheurs ont testé ce procédé avec les ingrédients à la disposition des Égyptiens (farine de genièvre, coriandre, blé "emmer", considéré comme l'ancêtre des blés durs actuels) et ont obtenu une bière jugée délicieuse. Ces saveurs antiques oubliées connaîtront-elles une deuxième vie? F. Z.

BIOLOGIE

Chronique d'une mort cellulaire annoncée

Le "suicide collectif" cellulaire est un symptôme présent dans certaines affections immunitaires ou nerveuses. En s'appuyant sur une nouvelle découverte, on espère pouvoir un jour lutter contre cette aberration biologique.

Les lymphocytes (cellules immunitaires) sont capables de synthétiser un "messager de la mort" protéinique; il s'agit d'une fonction normalement utilisée pour éliminer les cellules endommagées. La protéine synthétisée se fixe sur un récepteur présent à la surface des cellules. A son tour, la protéine intracellulaire MORT1 (identifiée en 1995) se couple au récepteur, déclenchant la mobilisation des enzymes responsables de la mort cellulaire, ou apoptose.

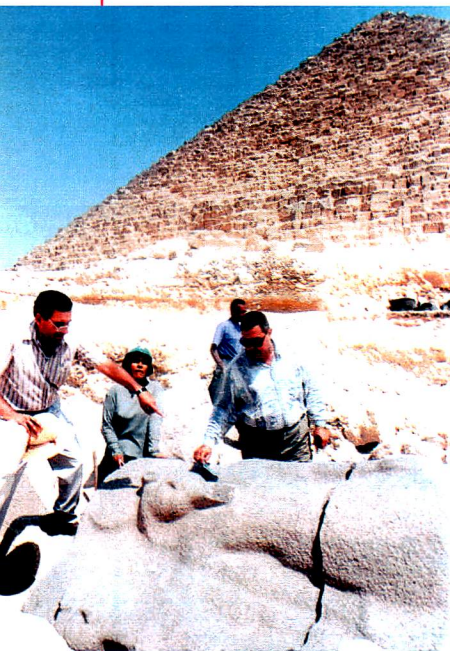
C'est du moins ce que l'on croyait. Deux équipes, l'une israélienne et l'autre germano-américaine, ont découvert indépendamment une même protéine (qu'ils ont respectivement baptisée MACH et FLICE): son association avec la protéine MORT1 serait cruciale dans l'activation des enzymes conduisant à la destruction de la cellule. MORT1 ne serait donc qu'une molécule "relais".

La caractérisation de la protéine MACH/FLICE rendrait possible la conception de médicaments capables de bloquer son action. F. Z.

ARCHÉOLOGIE

RAMSES II À GUIZEH ?

■ La statue de 3 m de long en granite rose, découverte par hasard par des ouvriers au cours de travaux de nettoyage



A. A. NABY/REUTERS/MAXPPP

à proximité de la pyramide de Mykérinos, représente-t-elle le pharaon Ramsès II, comme l'affirme le Conseil supérieur des antiquités égyptiennes?

En faveur de cette thèse, le fait que la statue représente à la fois un roi et un dieu, Rê Horakhty, auquel correspondrait l'un des cinq noms de Ramsès II. Toutefois, un certain nombre de traits restent mystérieux.

La statue, inachevée (pour cause de décès?), ne porte aucune inscription. Par ailleurs, pourquoi a-t-il fallu attendre si longtemps pour qu'elle soit découverte, sur un site aussi exploré que Guizéh?

Et que faisait-elle là? Elle aurait beaucoup plus normalement trouvé sa place dans l'une des deux capitales, Thèbes, en Haute-Egypte ou Memphis, en Basse-Egypte. Une énigme de plus dans l'histoire de l'Egypte.



TECHNICIEN DU SPORT

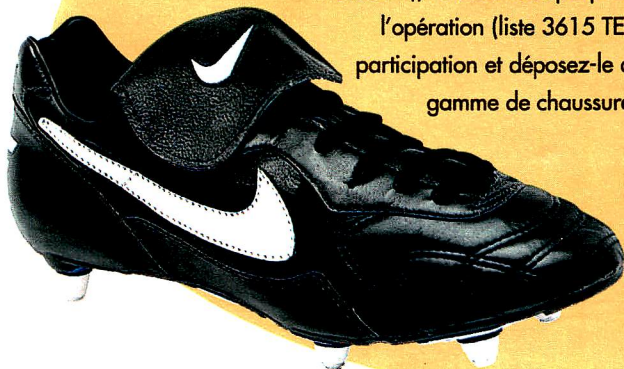


Si tu veux réveiller
le **REBELLE**
qui est en toi,
Technicien du Sport et Nike
t'offrent un week-end
à Manchester.

GAGNEZ AVEC LES MARQUES

Pour gagner un week-end à Manchester

pour deux personnes et participer à un match de Manchester United (cadeau d'une valeur de 15 000 F), rendez-vous jusqu'au 26 octobre chez un Technicien du Sport affichant l'opération (liste 3615 TECSPORT 1,29 F la minute), remplissez un bulletin de participation et déposez-le dans l'urne de votre magasin. Et surtout découvrez la gamme de chaussures TIEMPO choisie par Eric Cantona et devenez vous aussi un grand champion.

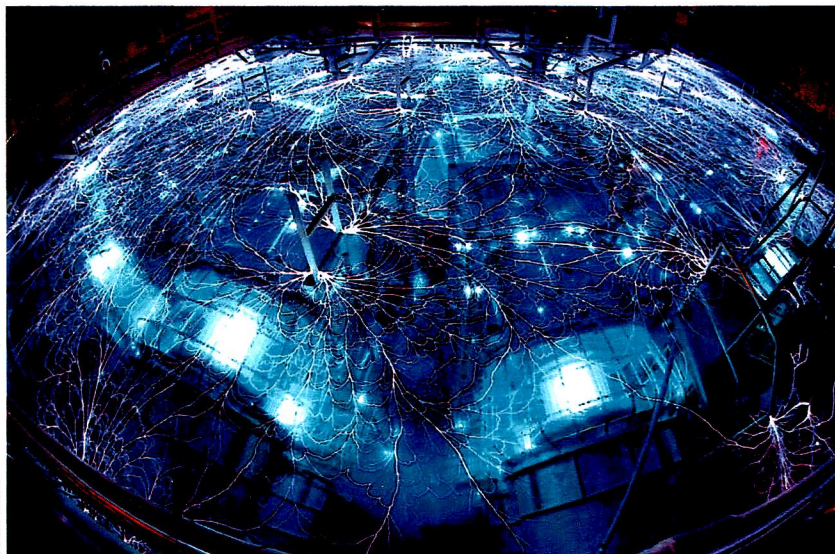


Jeu loterie sans obligation d'achat, tirage au sort le 2 décembre. Règlement complet sur demande à Technicien du Sport, Z.A.C. des Plans, 38600 FONTAINE.

CANICOM



TECHNICIEN DU SPORT



SIPA PRESS

QUAND LES PARTICULES S'ENTRECHOQUENT

● Ces décharges électriques, qui illuminent la surface de l'accélérateur de particules d'Albuquerque (Etats-Unis), témoignent de la collision de deux particules atomiques. Utilisé pour étudier les réactions stellaires à petite échelle, cet appareil est le précurseur des futurs accélérateurs destinés à la simulation des essais nucléaires, ou à l'étude de la fusion. F. L.

ARCHÉOLOGIE

En plat pays gaulois

Des Gaulois habitant la vallée du Rhône à la fin de l'âge du fer (V^e siècle av. J.-C.), on ne connaissait que des tombes et des villages perchés sur les hauteurs. Voici que l'on découvre qu'ils ne craignaient point de s'installer dans la plaine.

Sur le tracé de la ligne du TGV Méditerranée, à Crest, une équipe dirigée par Jean-Michel Treffort (Association pour les fouilles archéologiques nationales) a dégagé le premier village de plaine de la région datant de cette époque. Un chemin empierré conduisait à cinq maisons en bois, clayonnage (treillis de branchages) et pisé, cachées derrière une palissade.

Ce sont surtout les aménagements proches, encore non interprétés, ainsi que la présence de plusieurs dizaines de fibules et celle de fragments de céramiques grecques qui intriguent les archéologues. Le site était-il un centre artisanal ou servait-il d'entrepôt? Et comment était-il relié au commerce phocéén? C. C.

PALÉONTOLOGIE HUMAINE

Les pas des humains désunis

En 1978, la paléontologue Mary Leakey découvrait à Laetoli, en Tanzanie une piste de 70 traces de pas, vieille de 3,5 millions d'années, laissée par des *Australopithecus afarensis*, des congénères de la célèbre Lucy. En 1979, après avoir été photographiées et analysées, les empreintes avaient été ensevelies, en vue d'études ultérieures, sous des couches de polyéthylène, de sable et de cailloux.

C'est avec horreur que des chercheurs ont récem-

ment découvert ces revêtements éclatés, et la moitié des empreintes détruites par les racines de buissons épineux.

Devant l'incapacité du gouvernement tanzanien

à assurer la préservation du site, pourtant inscrit au patrimoine mondial par l'Unesco, les scientifiques ont à nouveau enterré les traces et en ont fait don au peuple Masai.



J. READER/SPL

Les pas des australopithèques s'effacent sur le sable du site de Laetoli, en Tanzanie.

● Ont collaboré à cette rubrique : Catherine Chauveau, Philippe Henarejos, Fabrice Laurent, Véronique Rochewsky, Pierre Rossion et Frédéric Zinc

**Et vous
cette année
vous
faites
quoi ?**



SATCHI & SATCHI BUSINESS COMMUNICATIONS

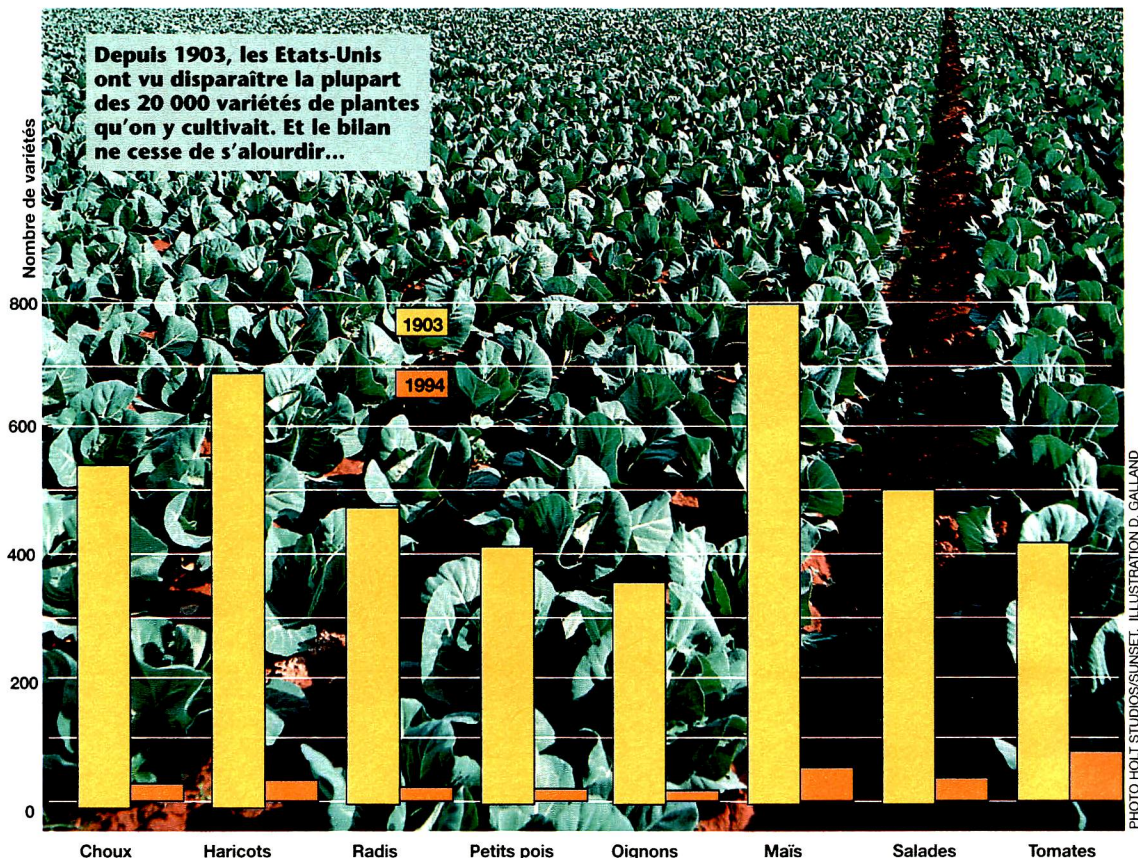
**Abonnez-vous
à la cité
des Sciences
et de l'Industrie**

Et profitez gratuitement de toutes les expositions pour petits et grands. Empruntez à la Médiathèque tous les livres, revues et cédéroms qui vous intéressent. Revenez autant de fois que vous le désirez et bénéficiez en plus de tous les avantages réservés aux abonnés (réductions, notamment à la Géode, sorties, invitations, envoi à domicile du journal Visa...).
Si vous vous abonnez avant le 15 novembre 1996, la Cité vous offre une entrée à la Géode par abonnement.
Maintenant, si on vous demande ce que vous faites cette année, vous saurez quoi répondre...

Tarif de l'abonnement annuel : 300 F par personne (250 F pour les moins de 25 ans), 450 F par famille (quel que soit le nombre d'enfants de moins de 18 ans).



par Didier Dubrana



Agriculture : menaces sur la biodiversité

Le nombre de plantes cultivées se réduit dangereusement au profit de variétés transgéniques plus prolifiques.

« L'agriculture appauvrit la biodiversité des plantes alimentaires », conclut le dernier rapport de la Food and Agriculture Organization (FAO) des Nations unies. Les 30 000 espèces de plantes

cultivables connues représentent plusieurs millions de variétés génétiquement différentes (100 000 rien que pour l'espèce de riz *Oryza sativa*). Or, selon la FAO, plusieurs centaines de ces variétés ont déjà

été perdues, et plus d'un million d'entre elles disparaîtront si aucune mesure n'est prise.

Depuis que les manipulations génétiques sont utilisées pour augmenter la productivité des plantes cultivées et leur résistance aux virus, une multitude de variétés ont en effet été abandonnées au profit de celles sélectionnées. L'Académie des Sciences amé-

ricaine estimait, en 1991, que nos cultures n'utilisent pas plus de neuf variétés d'une même espèce. La sélection menace donc la biodiversité en favorisant une uniformisation génétique.

Le mouvement écologiste Greenpeace redoute également une "pollution génétique" – les plantes transgéniques pouvant transmettre le gène étran-

ger à des plantes sauvages. L'introduction de plantes commerciales "améliorées" risque ainsi d'accélérer la disparition des variétés cultivées localement. L'apparition d'un virus capable de contourner la résistance d'une plante génétiquement modifiée serait alors une véritable catastrophe écologique... et économique.

Pour éviter un tel désastre, des "banques de semences" ont été créées un peu partout dans le monde (voir *Science & Vie* n° 944, p. 162). Leur nombre est aujourd'hui estimé à 6 millions. Les graines y sont conservées par congélation à - 20 °C. Pour garantir leur fertilité,

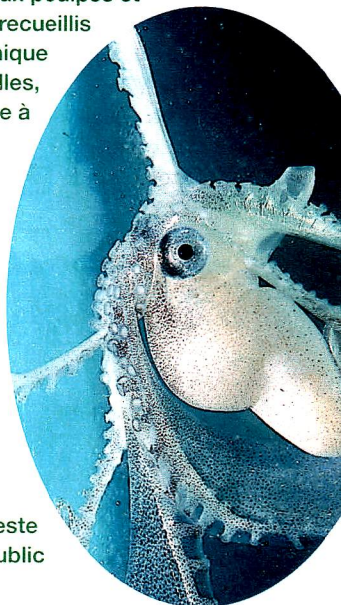
elles sont replantées – après décongélation – environ tout les dix ans. Un processus long et coûteux qui n'est pas à la portée de toutes les banques, compte tenu du nombre de variétés réunies.

Une autre solution est également envisagée : la création de "fermes de bio-préservation", où les variétés traditionnelles seraient cultivées malgré leur rendement, plus faible que celui des plantes modifiées.

La section financière de la FAO a estimé qu'un budget global de 1 à 3 milliards de dollars (de 5 à 15 milliards de francs) devra être débloqué pour l'ensemble du programme de conservation. F. Z.

DRAME FAMILIAL À MONACO

● Deux argonautes – une espèce très rarement capturée, apparentée aux poulpes et aux calmars – ont été recueillis au musée océanographique de Monaco. Deux femelles, qui ont donné naissance à des bébés dont la taille ne dépassait pas un millimètre : on les a observés à travers un micro-aquarium contenant quelques millilitres d'eau. Mais les argonautes ne se sont pas adaptés à leurs nouvelles conditions de vie : ils ont succombé. De leur bref passage au musée (deux semaines), il ne reste qu'un film, projeté au public sur un écran géant.



BERARD/MUSÉE Océano. MONACO

L'OZONE LAVE PLUS BLANC

● L'ozone (O₃) est couramment utilisé pour l'épuration de l'eau. Obtenu par l'activation électronique de molécules d'oxygène, ce gaz est un oxydant puissant, capable de dégrader des molécules organiques et minérales, certains tensioactifs, le fer, le manganèse, les pesticides, etc. La société Aqua Pur System a eu l'idée d'utiliser cet "éboueur" en amont des stations de traitement biologique des effluents industriels : l'ozone scinde certaines molécules complexes, ce qui facilite le travail des micro-organismes à l'œuvre dans ces stations d'épuration.

POLLUTION MARINE

LES SENTINELLES DE LA MER

■ Chez les huîtres et les moules, la fréquence des battements des valves est un bon indicateur de la "souffrance" de ces mollusques – provoquée, notamment par les effets nocifs de la pollution marine. Partant de ce constat, l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) expérimente actuellement, chez un ostréiculteur du Finistère, un "valvomètre" mesurant en continu le battement des valves. Les chercheurs cherchent à établir avec précision une corrélation entre les indications du valvomètre et les caractéristiques du milieu marin (taux d'oxygène dissous, température, salinité, etc.), afin de pouvoir interpréter les signaux enregistrés. Les mollusques, qui ont déjà "sonné l'alarme" lors de la prolifération du plancton toxique *Gymnodinium* en 1995, pourraient donc faire office de "sentinelles" face à la pollution marine.

P. CAMUS/IFREMER



LES VOLONTAIRES DU FEU NUCLÉAIRE

● Dans l'éventualité d'un accident (toujours possible), chaque centrale nucléaire établit une liste de volontaires pour secourir les blessés et éviter la propagation du sinistre (décret n° 86-1103 du 2 octobre 1986, art. 12). Ces intervenants, qui font partie du personnel "directement affecté à des travaux sous rayonnements" (DATR), sont conscients des risques encourus lors d'une forte exposition. Mais, en cas d'accident grave, le volontariat sera-t-il encore de mise ?

BIOLOGIE

La mort salée de l'algue tueuse

Le 19 juillet dernier, 10 tonnes de sel ont été déversées dans le port de plaisance de Saint-Cyprien (Pyrénées-Orientales)... sur les caulerpes qui en tapissent le fond. Il s'agissait du premier épandage grandeur nature de chlorure de sodium dans le but de stopper la progression de l'algue, dont la prolifération menace la biodiversité.

Cette technique s'est révélée efficace en labora-

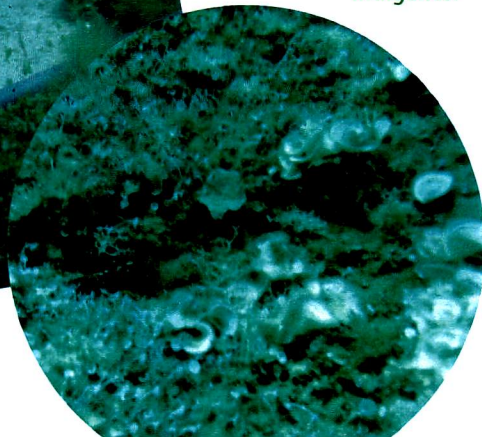
toire et lors d'essais ponctuels en Méditerranée : en présence d'une forte densité de sel, l'algue meurt instantanément. Puis elle se nécrose, et disparaît totalement au bout d'un mois. A l'inverse des autres méthodes employées jusqu'ici, aucune repousse n'est observée. Le sel passe à travers les membranes de l'algue et provoque l'éclatement de ses cellules par déshydratation.

Cette méthode est d'autant plus intéressante qu'elle n'est pas préjudiciable au milieu. L'excès de salinité, rapidement résorbé, ne nuit pas à la faune. Quant aux autres végétaux, ils supportent beaucoup mieux le sel que la caulerpe. Même les fragiles herbiers de posidonies résistent au traitement, pour peu qu'il ait lieu à l'automne, période où ces plantes aquatiques perdent leurs feuilles.

C'est un employé de la Compagnie des salins du Midi qui a eu l'idée de faire usage du sel contre "l'algue tueuse". Après chaque récolte du sel, André Claudel avait remarqué la dégénérescence des algues qui envahissaient les canaux des salins. I. B.



L'épandage de sel sur les prairies de caulerpes : une bonne méthode pour éliminer l'"algue tueuse". La zone traitée est ensuite rapidement colonisée par des algues indigènes.



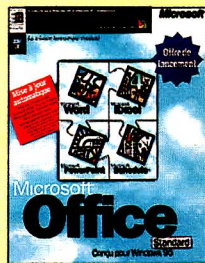
Mises à Jour à prix complètement dingos!

JUSQU'AU

31 DÉCEMBRE 1996

LES MISES À JOUR
MICROSOFT,
ON EN EST TOUS

COMPLÈTEMENT FOUS.



Quelles que soient l'origine et l'ancienneté de vos logiciels bureautiques, profitez de prix déments sur les dernières Mises à Jour de la gamme Microsoft® Office pour Windows® 3.x, Windows® 95 et Macintosh. Applications Word, Excel, PowerPoint et Access, packs Office et Office Professional, ou encore licences MLP et OPEN (dont le nouveau programme OPEN 20 unités)... C'est le moment ou jamais de renouveler vos logiciels et de donner à votre entreprise les meilleurs outils pour se développer. Le Service Clients Microsoft est à votre disposition pour toute information complémentaire au 01.69.29.11.11**.

Microsoft®

JUSQU'OU IREZ-VOUS?™

Tous les revendeurs sur le 36 16 MICROSOFT* ou sur Internet <http://www.microsoft.com/france/>

* 1,29Ftc la minute. ** Nouvelle numérotation à 10 chiffres à partir du 18 octobre 1996.

Les revendeurs sont libres de fixer les prix des produits Microsoft qu'ils commercialisent.

ENTOMOLOGIE

Putsch au royaume des guêpes

Chaque été, la guêpe *Polistes atrimandibulari* déstabilise la société d'une espèce voisine, *Polistes biglumis bimaculatus*. Objectif de l'insecte "putschiste" : assurer le

développement de sa descendance, dont il est incapable de s'occuper, et envahir un nid qu'il est incapable de construire...

D'après l'équipe d'Anne-Geneviève Bagnères, du Centre national de la recherche scientifique (laboratoire de neurobiologie), la guêpe parasite adsorbe à travers son abdomen les composés de la "signature chimique" de la reine du nid. Elle modifie ensuite le métabolisme des composés de sa propre signature, imitant avec une étonnante précision la signature de la souveraine en place. La faussaire peut ainsi



M. C. LORENZ/INRS

Cette guêpe prend possession du nid d'une espèce voisine grâce à une ruse "chimique".

pénétrer dans le nid sans violence et y déposer ses œufs. Les nouveau-nés de l'intruse seront nourris par les ouvrières du nid, totalement dévouées à leur nouvelle dominatrice...

À l'automne, les jeunes femelles parasites sont fécondés par des mâles de la même espèce. Après la période d'hibernation, elles sont prêtes à coloniser des nids à leur tour. F. Z.

TOUJOURS PLUS CHAUD...

● Selon l'Organisation météorologique mondiale, en 1995, la température moyenne sur Terre a été supérieure de 0,40 °C à celles enregistrées pendant la période de référence (de 1961 à 1990).

DPA



BOTANIQUE

La vengeance de Staline

Dans le Sud de l'Allemagne, une plante plus haute qu'un homme envahit prairies et champs. Il s'agit d'une acanthe géante, de la famille des apiacées (ou ombellifères : carottes, persil, cerfeuil...), importée du Caucase au XIX^e siècle et acclimatée comme plante d'ornement dans les jardins botaniques européens – dont elle s'est échappée.

Très appréciée des apiculteurs, il y a peu encore, pour la richesse de son pollen, elle empêche néanmoins toute autre plante de pousser alen-

tour. Ce qui, du fait de ses racines tubercules peu étendues, favorise l'érosion, au bord des rivières par exemple.

De plus, le suc toxique de ses fleurs et de ses feuilles occasionne des brûlures et des cloques, dont les effets peuvent se faire sentir plusieurs semaines. A elle seule, elle peut rendre un champ de blé impropre à la consommation – et elle résiste aux désherbants chimiques...

Le malfaisant végétal progresse, croît et multiplie. En Suède et en Allemagne, des écologistes et des protecteurs de la nature l'ont décrété "ennemi public" et organisent des battues contre ce

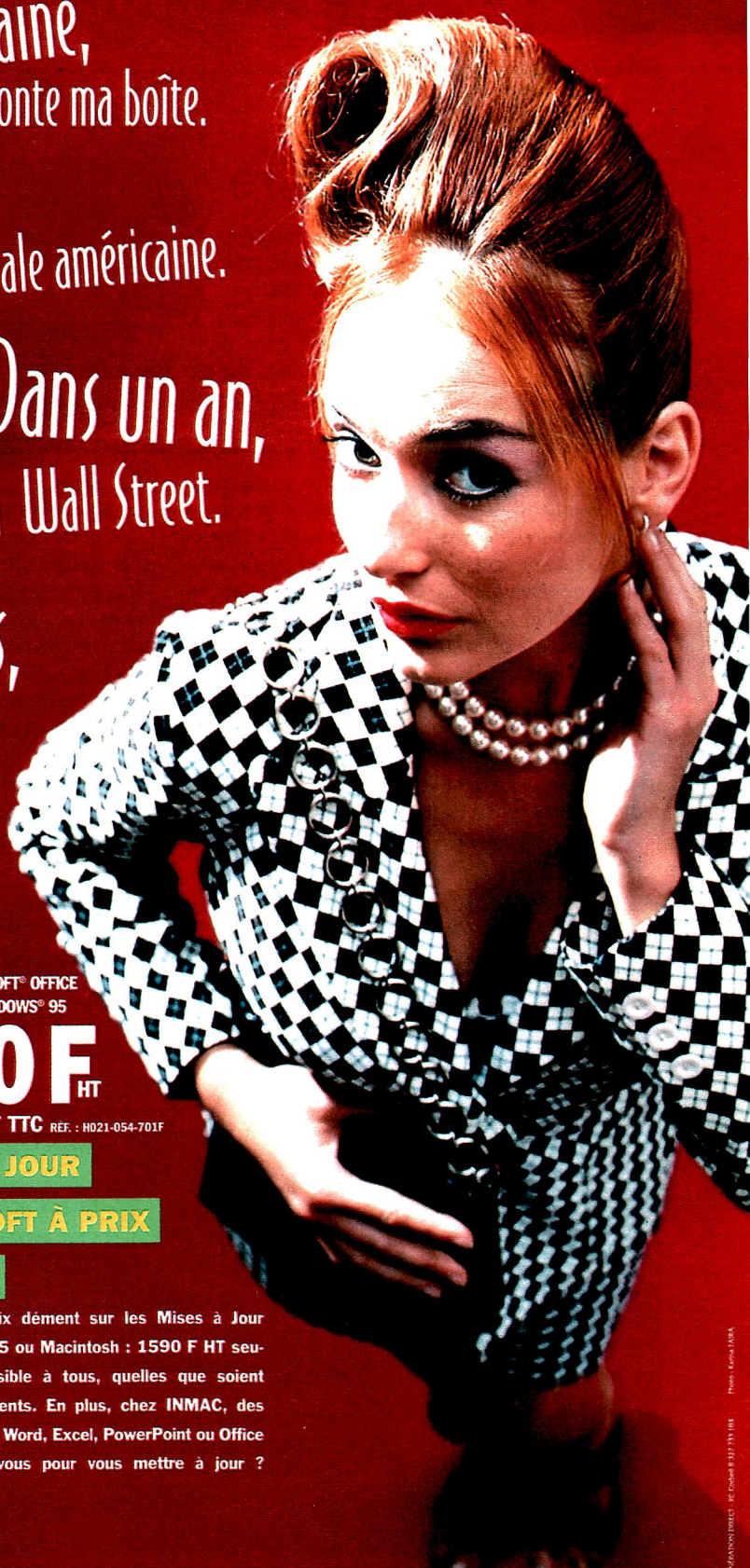
fléau. La plante foisonne également dans la campagne tchèque et va jusqu'à cerner certains villages, où les mères ne laissent plus courir leurs enfants librement. Les Polonais, qui connaissent bien ce poison, l'ont baptisé « la vengeance de Staline ». A. D.

DANS LE VENT

● EDF a lancé le premier appel à candidature pour un programme (baptisé Eole 2005) de centrale éolienne raccordée au réseau électrique.

Cette superbe acanthe géante sème la terreur en Europe de l'Est.

La semaine prochaine,
je monte ma boîte.
Dans 6 mois,
j'ouvre ma filiale américaine.
Dans un an,
je me fais coter à Wall Street.
Et dans deux ans,
je rachète toutes les parts
de Bill Gates.



MISE À JOUR MICROSOFT® OFFICE
STANDARD POUR WINDOWS® 95

1590 F^{HT}

SOIT 1917,54 F TTC REF. : H021-054-701F

MISES À JOUR

MICROSOFT À PRIX

COMPLÈTEMENT DINGOS.

Jusqu'au 31 décembre 1996, profitez d'un prix dément sur les Mises à Jour Microsoft® Office pour Windows 3.x, Windows® 95 ou Macintosh : 1590 F HT seulement... Cette offre exceptionnelle est accessible à tous, quelles que soient l'origine et l'ancienneté de vos logiciels précédents. En plus, chez INMAC, des promotions de folie sur les Mises à Jour Microsoft® Word, Excel, PowerPoint ou Office Professional vous attendent. Alors qu'attendez-vous pour vous mettre à jour ?

inmac

APPELEZ-NOUS VITE AU 01.64.67.66.85*

* Nouvelle numérotation à 10 chiffres à partir du 18 octobre 1996.

PALÉOÉCOLOGIE

Les pollueurs de la préhistoire

Pourquoi les très denses forêts du Nord de l'Europe ont-elles disparu après la dernière glaciation (10 000 av. J.-C.) ? C'est en fouillant les limons des fonds de la mer Baltique que le géologue Gerd Hoffmann, de l'institut de recherche de Kiel, en Allemagne, entend trouver une réponse à cette question. La cause de cette disparition ne serait pas forcément climatique.

Etant donné la pauvreté en oxygène de ses eaux, les vers et les micro-organismes ne se développent guère dans la Baltique. On y trouve donc des couches sédimentaires intactes, propices à l'exploration. A

bord du *Poséidon*, Gerd Hoffmann procède à des prélèvements susceptibles de fournir une mine de renseignements sur la préhistoire du Nord de l'Europe.

On imagine que l'homme pourrait être à l'origine de la disparition de ces forêts. En effet, à l'âge de pierre, les chasseurs et les cueilleurs se seraient sédentarisés sur le pourtour de la mer (qui pénétrait alors 10 km plus avant dans les terres) et se seraient lancés dans l'agriculture. Les sédiments de la Baltique (des graviers, par exemple) pourraient dès lors indiquer une éro-

sion des sols due à la déforestation.

Les botanistes s'intéressent également aux pollens renfermés dans les limons. On y trouve des traces de céréales, de plantain et d'oseille qui confirment l'existence d'une agriculture, et des graminées indiquant que la prairie a remplacé la forêt.

Au fond d'un lac de la région, on a également rele-

C'est dans les limons de la Baltique que le géologue Gerd Hoffmann déchiffre l'histoire des forêts disparues d'Europe du Nord.

vé la présence de particules de charbon de bois qui remontent à 3 400-3 300 avant notre ère. Elles seraient dues aux incendies provoqués par l'homme pour défricher la forêt. Il semble que, à l'époque, les hommes aient dû accroître les surfaces cultivables pour faire face à l'augmentation de la population.

Quarante-quatre groupes de scientifiques travaillent ainsi à déchiffrer le passé préhistorique de l'Allemagne, pour reconstituer l'évolution des sols et des paysages. Ils espèrent pouvoir recenser les crimes contre l'environnement commis par nos ancêtres d'Europe centrale. A. D. ■

■ Ont collaboré à cette rubrique : Isabelle Bourdial, Anne Depont, Véronique Rochewsky, Frédéric Zinck.



J. SCIBIA/PIXEL & ZEICHEN

ETHOLOGIE

PAUVRES MARMOTS DE LA MARMOTTE !



■ Chaque année, de jeunes marmottes payent de leur vie l'arrivée d'un nouveau mâle dominant. Le reproducteur du groupe (composé de la femelle reproductrice et de sa descendance) élimine en effet les plus jeunes d'entre elles. Pendant l'hibernation, la femelle dépensera ainsi moins d'énergie à réchauffer les plus faibles, et sera donc plus apte à se reproduire au printemps, unique période de rut chez cette espèce. Selon Dominique Allainé, du laboratoire de biologie des populations d'altitude (CNRS-Lyon), le mâle augmente de la sorte ses chances d'avoir une solide descendance. F. Z.



50% de bruit en moins.

Nous avons le plaisir d'annoncer à tous ceux qui restent au sol, qui regardent, et surtout qui entendent les avions passer, que nous avons mis les ingénieurs au défi de construire un nouveau moteur révolutionnaire, au niveau sonore réduit de 50%, beaucoup plus propre, et consommant 20% d'énergie en moins. Ce moteur équipe notre nouvelle flotte d'Airbus A320. De quoi apporter une bouffée d'air pur, dans tous les sens du terme... et vous apporter également à vous, passager, un supplément de confort.

swissair  **world's most refreshing airline.**
La compagnie aérienne la plus rafraîchissante au monde.

ACTUALITÉ TECHNOLOGIE

par Germain Chambost



La capsule européenne ARD (pour Atmospheric Reentry Demonstrator) est munie, comme les capsules américaines Apollo, d'un important bouclier thermique.

AÉROSPATIALE

Une capsule à la mer

L'Aérospatiale vient de procéder avec succès à un essai de descente et de récupération de l'ARD, la future capsule de transfert d'équipage vers la station spatiale Alpha.

Le 14 juillet dernier, la société Aérospatiale, maître-d'œuvre de la capsule spatiale ARD (Atmospheric Reentry Demonstrator), a procédé avec

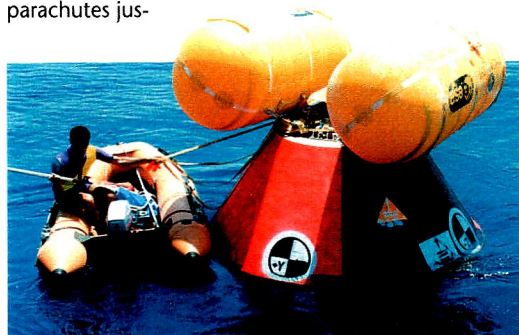
succès au premier essai de descente et de récupération de l'ARD. Ce prototype préfigure, à l'échelle un demi, ce que pourrait être le futur véhicule européen de transfert d'équipage vers la station spatiale internationale Alpha.

L'ARD rappelle à bien des égards les capsules américaines Apollo. Il est ainsi doté d'une forme conique, d'un bouclier thermique (destiné à dissiper la chaleur due aux frottements sur les couches denses de l'atmosphère), et d'un

mode de récupération par parachute.

L'essai du 14 juillet a eu lieu en Méditerranée, au large de la Sicile. Son objectif : simuler la phase finale de la rentrée dans l'atmosphère de la capsule ARD, depuis l'ordre de déclenchement des parachutes jus-

qu'à l'amerrissage et à la récupération. A cet effet, une maquette de taille et de poids identiques à ceux de la capsule réelle a été hissée jusqu'à une altitude de 23 300 m par un ballon stratosphérique gonflé à l'hélium, lancé depuis la



AÉROSPATIALE

3615
SCV

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

base sicilienne de Trapani.

L'ascension a pris deux heures quinze minutes. La capsule a été larguée pour une descente en chute libre de 10 000 m, avant que la chaîne parachutale (l'ouverture en cascade des parachutes de tailles croissantes) ne s'active. Après l'amerrissage, la capsule a été localisée grâce à une balise SARSAT embarquée : le repérage par un réseau de satellites a pris moins de dix minutes. Le bateau de récupération a donc pu intervenir rapidement.

Cet essai constituait une étape clé du programme ARD. En effet, la capsule elle-même devait être lancée lors du second vol de qualification d'Ariane 5, initialement prévu à l'automne et, après un vol suborbital, finir sa course dans le Pacifique. Suite à l'échec du premier vol de la fusée, on ne sait pas si les responsables de l'Agence spatiale européenne décideront de lui confier l'exemplaire unique de l'ARD.

Océanographie

Robots au gré des courants

Le Détroit de Haro (sur la côte ouest du Canada) est hanté par des robots. Ces sous-marins de poche (2 m de long pour 160 kg), entièrement automatiques et bourrés de capteurs, ont été conçus pour étudier les turbulences de la mer le long des côtes.

Le mélange de l'eau douce des rivières (froide) avec l'eau salée de la mer (plus chaude) y crée des courants de marée difficilement prévisibles, qui perturbent la lutte contre la pollution, notamment due aux marées noires. Afin de mieux connaître ce phénomène, l'équipe de James Bellingham, du MIT (Massachusetts Institute of Technology), a développé

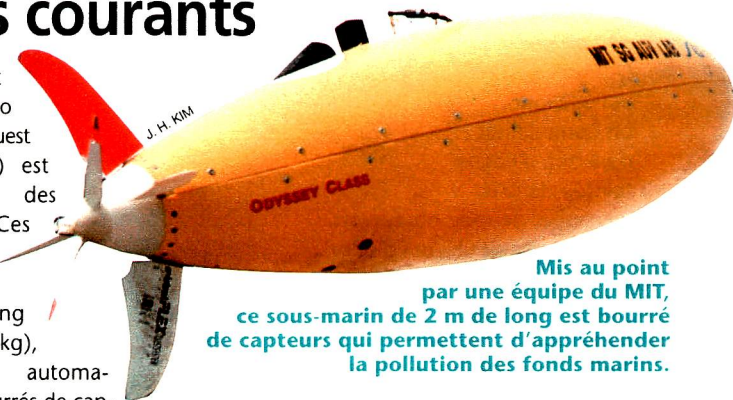
un nouveau programme d'étude.

Les sous-marins transmettent par sonar à des bouées "intelligentes" les informations qu'ils captent. Ces bouées sont par ailleurs ancrées au fond de la mer par l'intermédiaire de câbles acoustiques, qui les renseignent en retour sur les caractéristiques sous-marines. Les bouées analysent la propagation des ondes, qui varie notamment en fonction de la salinité et de la tempéra-

ture de l'eau. Puis, elles transmettent, par ondes radio, les données à un poste de contrôle.

Cet arsenal permet de cartographier les courants et les fonds marins, et d'étudier le mélange des eaux, afin de mieux appréhender le comportement d'une marée noire et combattre la pollution. F. L.

Mis au point par une équipe du MIT, ce sous-marin de 2 m de long est bourré de capteurs qui permettent d'appréhender la pollution des fonds marins.



LA PLAGE DANS UN FAUTEUIL

● Afin de faciliter l'accès des plages aux handicapés, un inventeur du Lot-et-Garonne a conçu un "fauteuil des sables". Léger, car il est fabriqué en matériaux plastiques inaltérables, doté de larges roues pour mieux circuler dans le sable, il est aussi équipé d'un parasol ajouré pour empêcher la prise au vent

Aéronautique

PILOTES SOUS HAUTE SURVEILLANCE

■ Cette année, le Tour de France aérien des jeunes pilotes a fait l'objet d'une surveillance par satellite. Les concurrents ont embarqué dans leur avion un récepteur-enregistreur GPS (Global Positioning System). Grâce aux données fournies par les satellites GPS, ce "mouchard" dénommé Bayolog a enregistré leur trajectoire horizontale à quelques

dizaines de mètres près, et les variations de leur altitude à 100 pieds près (soit environ 30 mètres). A l'arrivée, il a suffi, pour départager les concurrents, de comparer les tracés de navigation et d'altitude fournis par le Bayolog avec les tracés idéaux.



TINTIN AU PAYS DE L'OR BLEU

● L'or change de couleur.

Outre l'or jaune et l'or blanc, on connaissait déjà des alliages teintés de gris, de rouge, de rose ou de vert. On trouve aujourd'hui de l'or... bleu. Il s'agit en fait d'un alliage d'or et de fer. Un traitement thermique oxyde les molécules de fer à la surface du métal et lui donne sa couleur d'azur. La technique, fruit de plusieurs années de recherches, a été mise au point par le bijoutier genevois Ludwig Muller.



SÉCURITÉ

Ne nous emballons pas !

L'actualité nous le rappelle périodiquement : dans les usines qui fabriquent des produits chimiques, les accidents sont encore nombreux parmi les opérateurs et les employés. Souvent, ils résultent d'un emballement de la réaction de synthèse des produits en question.

Or, on a constaté que, lorsqu'un opérateur se met en danger, c'est souvent parce qu'il se laisse surprendre : aux premiers signes de l'anomalie, il estime – à tort – pouvoir encore disposer du temps nécessaire pour intervenir.

Partant de ce constat, l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) a mis au point un prototype de "détecteur-pronostiqueur" d'emballement de réaction qui calcule le temps dont on dispose avant un accident probable, par interprétation de signaux émis par un ou plusieurs capteurs. L'INERIS est à la recherche d'industriels intéressés par une opération-pilote.

DESIGN

Beau comme un tracteur

Pour prolonger la durée de service des tracteurs datant des années 1950, un fabri-

cant britannique réalise une panoplie de pièces détachées : panneaux de carrosserie, capots, toits de cabine ou encore grilles de radiateur

et pare-chocs sont proposés aux amateurs de tracteurs anciens.

Ces articles de remplacement en verre-polyester sont teintés dans la masse aux couleurs des véhicules à rénover, et n'ont donc pas besoin d'être peints. A l'épreuve de la rouille, imputrescibles, ils n'exigent pas d'entretien. Par ailleurs, leur montage est rapide et demande peu de main-d'œuvre, puisqu'ils se fixent simplement au moyen de boulons.

Les plus populaires des tracteurs anciens – notamment les Fordson Major et Dexta, le MF-135 et le David Brown 996 – peuvent bénéficier de ces nouveaux panneaux.

Parmi les modèles plus récents qui peuvent être rénovés, citons ceux des marques Renault ou Zetor, et le modèle John Deere Série 30. G. M.

Que les amateurs de tracteurs anciens se réjouissent : un Britannique réalise en verre-polyester des pièces de remplacement introuvables sur le marché depuis... des lustres !

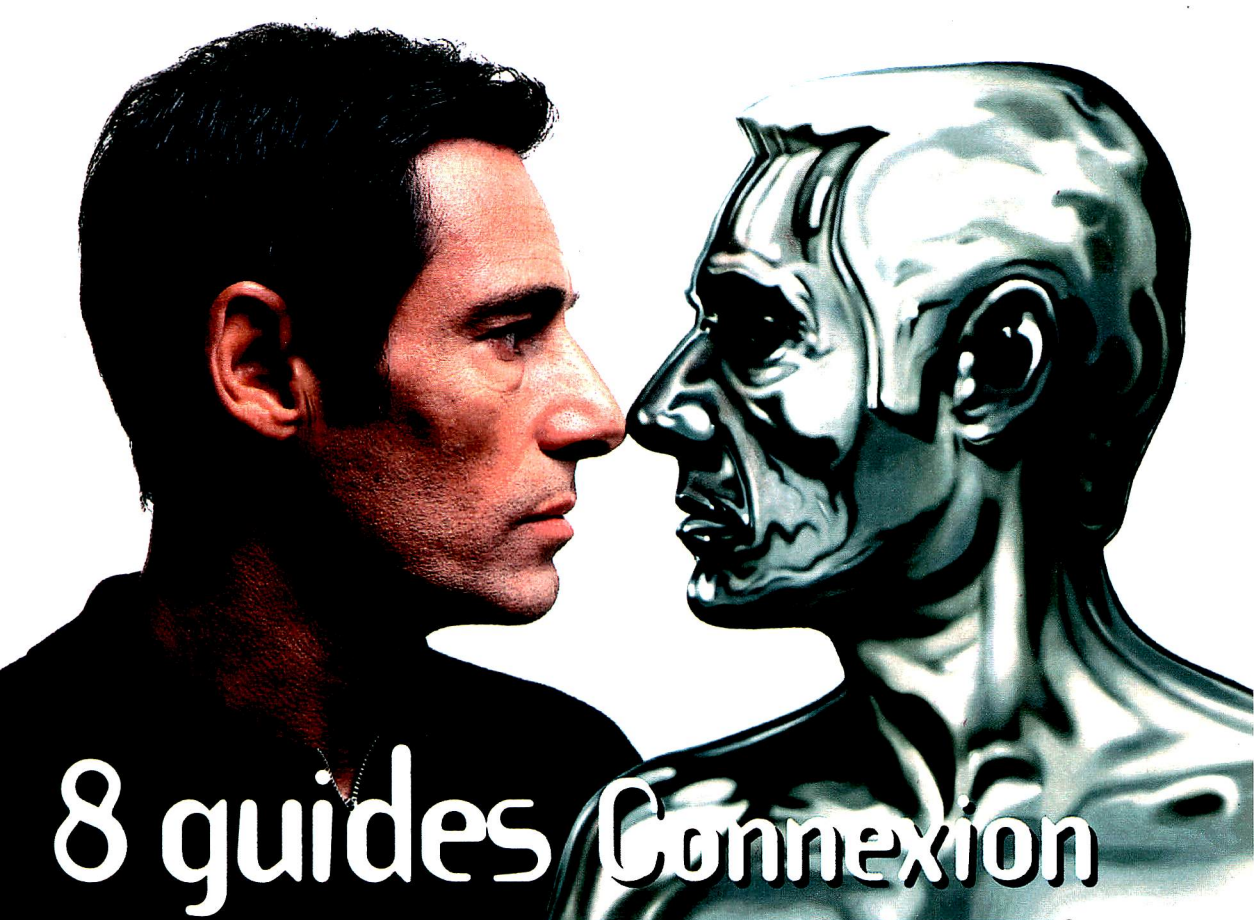


PHOTO X - TOUS DROITS RÉSERVÉS

36 15 SCV

**Messageries
internationales**

Communiquiez avec
des utilisateurs du monde
entier, en direct avec un
réseau de sept satellites



8 guides Connexion pour comprendre l'Avenir.

Objectivement quand on le regarde en face, le visage de l'avenir a un je-ne-sais-quoi... d'impénétrable.

C'est vrai, comment savoir au milieu du flot de nouveautés et d'innovations qui fusent chaque jour laquelle vaut vraiment la peine, laquelle marquera son temps, laquelle mérite qu'on investisse notre argent.

Pas facile en fait d'acheter sans se tromper. Pour nous aider, Connexion a décidé de lancer une collection complète de guides d'achat.

Et attention pas n'importe quels guides !

Du Connexion pur jus !

Branchés en direct sur le futur, des spécialistes nous disent tout sur les ultimes percées de la technologie.



Et un jury d'experts passe à la moulinette les produits des grandes marques, analyse, teste, compare, note, encense ou balance sans faire de cadeaux...

Bref du concret, du précis, de l'efficace à chaque page et sans nous prendre la tête. Il y aura 8 guides Connexion dans l'année, consacrés à l'image, au son au multimédia, au ménager, etc. 8 concentrés de bible de l'acheteur à se procurer sans faute dans les magasins Connexion.

Histoire de bien savoir dès aujourd'hui quelle tête aura demain...



CONNEXION

Pas d'avenir sans connexions

GÉNIE AGRICOLE

Il crache le chaud et le froid

Le nettoyeur à eau froide ou chaude haute pression WAP DX 930 permet aussi bien de dégraisser la toison des moutons que d'éliminer les salissures épaisses sur le matériel agricole ou de désincruster les cuves viticoles.

L'utilisateur sélectionne un débit d'eau variant de 400 à 980 litres à l'heure, et une pression allant de 25 à 180 bars. En version eau chaude, il peut moduler la température de 80 à 150 °C.

Les réglages de débit et de pression s'effectuent



PHOTO X - TOUS DROITS RÉSERVÉS

grâce à des commandes placées sur la poignée du pistolet de la lance à eau. La pompe haute pression

et le brûleur à fioul servant à chauffer l'eau sont équipés chacun d'un moteur indépendant.

TÉLÉMÉTRIE

La forêt sous les lasers

Le télémètre laser, qui mesure le temps nécessaire à un faisceau laser pour atteindre une cible et revenir à l'émetteur, permet un calcul de distance d'une extrême précision. Aujourd'hui, cet appareil trouve un domaine d'application dans le recensement forestier : le Critérium 400, proposé par la société D3E Electronique (située à Sainte-Savine, dans l'Aube), est couplé à un compas électronique qui donne l'azimut (direction dans le plan horizontal) de l'arbre visé, et à un inclinomètre qui en calcule la hauteur. Il peut même être associé au système GPS de positionnement géographique par satellite.

L'INVENTION DU MOIS

DEUX EN UN

■ "Itizy" est un couteau qui coupe "tout seul", sans effort, sans guidage.

Il fait en même temps office de fourchette : il permet de porter à la bouche la portion de nourriture découpée.

Une seule main, donc, pour couper et pour manger : voilà qui devrait intéresser les victimes de handicaps divers, durables ou momentanés.

L'ustensile a, du reste, été inventé par un ingénieur suisse, lui-même père d'un enfant infirme moteur. Avec le couteau-fourchette "Itizy", plus

besoin de force et de coordination des mouvements des deux mains pour découper un steak, par exemple. Et nul besoin d'une fourchette pour guider la lame du couteau, dégager le morceau coupé et le prendre pour le manger...

Il suffit d'appuyer verticalement l'ustensile cylindrique sur l'aliment, qui est immobilisé par les quatre piques d'une petite fourchette et une couronne dentelée.

Une lame circulaire, entraînée par un mini-moteur alimenté par accumulateur, se dégage et vient découper une bouchée. Dès qu'on relâche la pression, la lame s'arrête et se rétracte. Le morceau, dégagé par un extracteur, est maintenu par la mini-fourchette et peut être porté à la bouche. G.M.



PHOTO X - TOUS DROITS RÉSERVÉS

LES ÉPONGES SE MOQUENT DE L'EAU DE JAVEL

● La société Spontex propose des éponges capables de résister aux contacts prolongés avec l'eau de Javel. Elles ont été mises au point avec les chercheurs de l'Ecole française de papeterie et des industries graphiques (EFPG, Grenoble). Les papetiers connaissent bien, en effet, le problème de la protection de la cellulose contre les oxydants.



LE NOUVEAU PSION. VOUS LE METTREZ DANS VOTRE POCHE SANS Y LAISSER VOTRE CHEMISE.

SIENA. UNE NOUVELLE GENERATION D'ORGANISEUR.



Psion Siena. Toute la puissance du célèbre Psion Series 3a, mais suffisamment fin et léger pour se glisser dans une poche de chemise. Il est ultra-simple d'emploi.

Il offre une interface infra-rouge pour échanger des données avec d'autres utilisateurs Siena et peut se connecter à un micro, à pratiquement toute imprimante ou à un lecteur Psion pour les sauvegardes. Vous pouvez même personnaliser Siena, tant au niveau physique que logiciel. Ce qui en fait l'ordinateur de poche le plus personnel de la planète. Psion Siena. A partir de 1690^{FTT}, vous n'y laisserez pas votre chemise.



Siena

**PAR LE N°1 MONDIAL
DES ORDINATEURS
DE POCHE**



Texte



Agenda



Fichier



Alarme



Monde



Calcul



Tableur

En vente dans les magasins Auchan, BHV, Boulanger, certains magasins Connexion, FNAC, Hyper Média, Le Printemps, Surcouf, les Centres Agréés Psion ainsi que chez d'autres bons revendeurs.

PSION France
78, rue Championnet 75018 Paris
Tél. (1) 53 41 12 36
Fax (1) 53 41 12 01

DOCUMENTATION AU (1) 53 41 12 36

UN BOMBARDIER HYBRIDE

● Des ailes et un fuselage



américains, des moteurs britanniques : bientôt, les bombardiers stratégiques B-52 de l'US Air Force afficheront une "double nationalité". L'armée de l'air américaine vient en effet de confier à la firme Boeing le programme de rénovation de ses bombardiers, et Boeing a fait appel au motoriste britannique Rolls Royce. Dotés de huit réacteurs dans leur version initiale, les B-52 seront équipés à l'avenir de seulement quatre réacteurs RB-211...

TEXTILES

Qu'est-ce qui sent si bon ?

Des sous-vêtements, des gants, des troussees de toilette qui dégagent un agréable parfum : c'est ce que permet la technique dite de "microencapsulation" de composés odorants.

Cette technique a été mise au point par le groupe Perrin. Le parfum est emprisonné dans des sphères de la taille d'un micron qui sont fixées au tissu à l'aide d'un liant. La taille minuscule des capsules de parfum favorise leur migration et leur répartition dans le réseau de fibres. Quand le vêtement ou l'objet sont manipulés, les frottements usent progressivement les microcapsules, qui laissent échapper le délicieux parfum qu'elles contiennent.

NUTRITION

LA BOSSE DU FROMAGE

■ Le lait de chamelle se différencie de celui des autres mammifères par une particularité : il ne caille pas. Impossible, donc, d'en faire du fromage. Il doit être consommé frais par les nomades du désert, ce qui ne permet pas d'en tirer le meilleur parti. Ainsi, en période humide, lorsque les troupeaux de chameaux sont au pâturage loin des campements, gardés par quelques personnes seulement, le lait en excès ne peut être stocké : quand il n'est pas jeté, il est donné aux animaux domestiques. Désormais, ce gâchis pourrait être évité. Un Français, le professeur

Ramet, a mis au point un additif à base de ferments lactiques et d'enzymes, le Camifloc, qui permet de fabriquer du fromage de chamelle. Séché au soleil, celui-ci se conserve pendant plusieurs mois et constitue un véritable concentré de protéines. Broyé et ajouté au mil (la nourriture de base des nomades du Niger, de Somalie, d'Ethiopie et du Mali), il permet en particulier de prévenir l'apparition de carences chez les jeunes enfants et les femmes qui allaitent.



MATÉRIAUX

Durable alliance

Verra-t-on un jour des bielles qui ne "coulent" pas, ou des tanks à l'épreuve des roquettes ? Peut-être, grâce aux nouvelles céramiques créées par les chercheurs de l'université technique du Michigan. On connaissait déjà les qualités des céramiques : aptes à supporter de très hautes températures sans déformations, ce sont notamment de très bons isolants électriques. Le défaut majeur de ces matériaux résidait jusqu'à présent dans leur fragilité.

Les chercheurs du Michigan viennent de résoudre ce problème. Ils ont fabriqué un petit anneau en

oxyde d'aluminium dont la résistance est deux fois plus importante que celle de l'acier. Ce nouveau matériau est ainsi capable de supporter des pressions très élevées, ou des chocs d'une rare violence. Les tests sous pression ont montré que sa solidité dépassait celle des matériaux les plus résistants jamais mis au point.

L'Angleterre, la Suède, l'Allemagne et l'U.S. Army se sont montrées vivement intéressées par les applications militaires possibles. Mais on peut aussi utiliser ce matériau pour fabriquer des pièces de moteur, des pistons ou des prothèses médicales.

AGRICULTURE

Des micro-ondes insecticides !

Des ingénieurs américains du service de recherche du Département de l'agriculture envisagent d'utiliser la chaleur produite par les micro-ondes pour éliminer les insectes parasites des céréales.

Les essais qu'ils ont effectués montrent que la méthode est très efficace. Une élévation de température de 50 ° centigrades durant quelques secondes tue 94 % des parasites. A 60 °, aucun ne résiste. Et l'application d'une telle chaleur est suffisamment limitée dans le temps pour ne pas affecter le grain lui-

même, ni, bien entendu, sa capacité de germination. Les micro-ondes sont dirigées vers les grains lorsque ceux-ci sont transférés dans un silo, par exemple. La puissance utilisée est cinq cents fois plus élevée que celle d'un banal four domestique. Plus besoin, alors, de faire appel à des pesticides chimiques. Auxquels, d'ailleurs, les insectes sont bien souvent devenus résistants...

● Ont collaboré à cette rubrique :
Fabrice Laurent
et **Gérard Morice**.

DETECTEURS

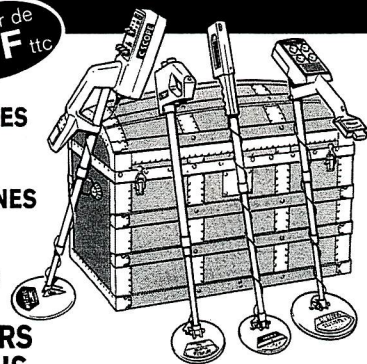
a partir de
950 F ttc

MONNAIES

•
ARMES ANCIENNES

•
BIJOUX EGARES

•
TRESORS ENFOUIS



C.SCOPE N° 1 MONDIAL

DOCUMENTATION SUR SIMPLE APPEL :

SOCE-DETECTION :

☎ (01) 53 04 35 55

Défendons notre loisir. Respectons la loi du 18-12-89.

Alès, une filière pour le créateur d'entreprise



**Nos différences
sont les atouts de
votre réussite**

**un accompagnement
personnalisé,**

**un dispositif
complet et cohérent,**

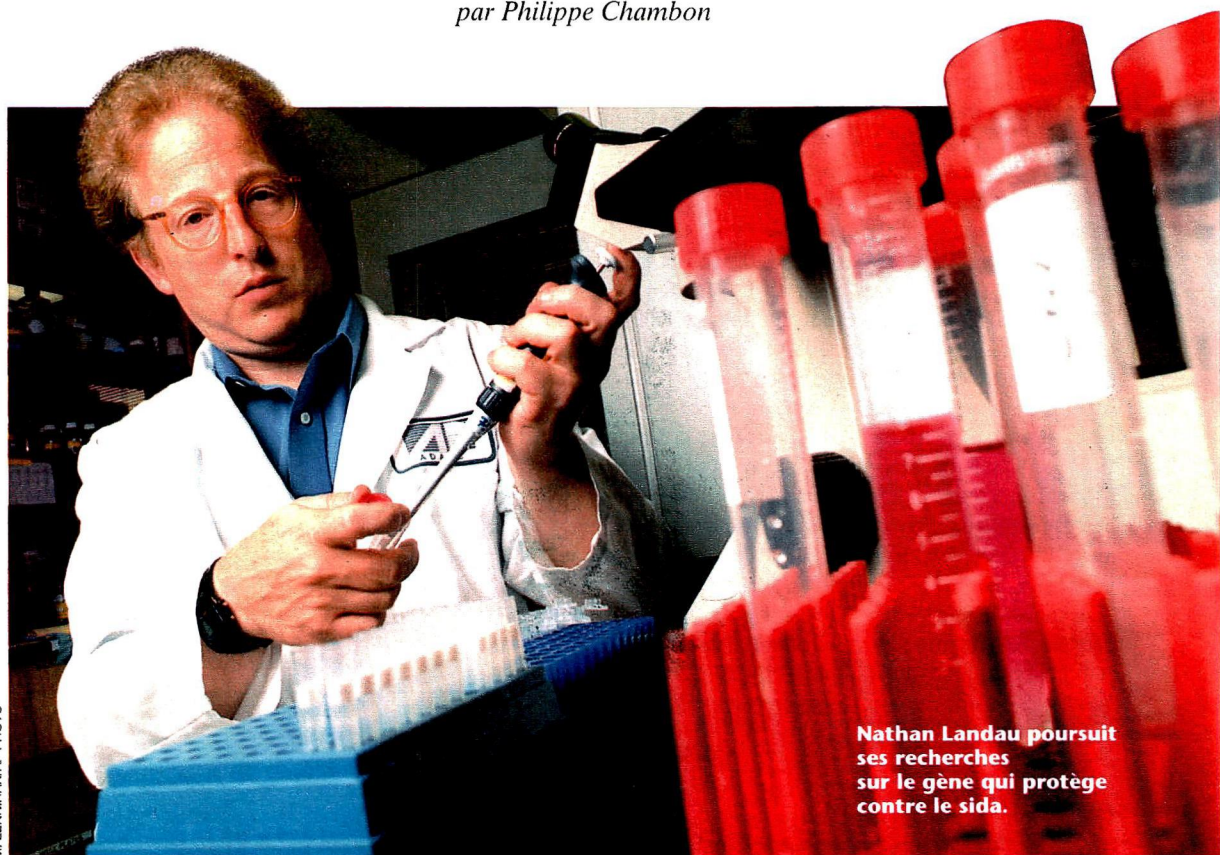
**des aides
originales et spécifiques.**



A.D.I.R.A. NUMERO VERT 05 47 48 27

Association pour le Développement Industriel
de la Région Alsacienne

par Philippe Chambon



Nathan Landau poursuit ses recherches sur le gène qui protège contre le sida.

Sida : le gène qui immunise

Un gène mutant protégeant contre le virus du sida vient d'être identifié par des chercheurs américains.

Un Européen sur cent serait génétiquement protégé contre l'infection par le virus du sida (VIH). Le gène protecteur a été identifié par l'équipe de Nathan R. Landau (université Rockefeller, New York) chez deux homosexuels, indemnes du sida malgré de nombreux contacts avec le virus. Ce gène

mutant est à l'origine de la déficience d'un récepteur du virus à la surface des cellules cibles (le récepteur CKR-5). Privé de cette porte d'entrée, le virus ne peut pénétrer dans la cellule : l'infection est inhibée. Cette mutation est par ailleurs sans incidence sur la santé.

Lorsque un individu est homozygote pour le gène

mutant (c'est-à-dire que ce gène est présent en deux exemplaires dans ses cellules : l'un hérité de la mère, l'autre du père), il est presque totalement protégé. Les individus hétérozygotes (dont les cellules ne contiennent qu'un seul exemplaire du gène mutant) ne semblent bénéficier que d'une protection partielle (environ 20 % des Européens sont hétérozygotes).

Cependant le gène mutant n'est sans doute

pas la seule cause de résistance au VIH : d'autres individus, exempts de ce "défaut" avantageux, sont également mystérieusement protégés.

3615
SCV

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

Cette découverte permet d'envisager une nouvelle approche thérapeutique, fondée sur l'inhibition du récepteur CHR-5. Un test génétique pourrait permettre de déterminer si une personne possède cette protection naturelle contre le virus – tout au moins contre la souche principale, VIH-1. A. D.

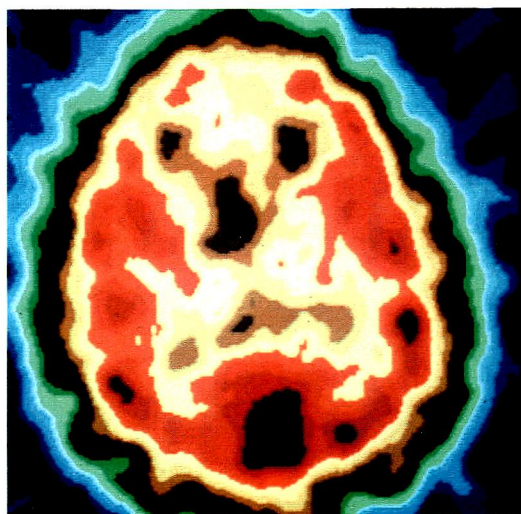
DES HORMONES CONTRE L'ALZHEIMER

● L'administration d'œstrogènes après la ménopause réduit fortement le risque de développer la maladie d'Alzheimer, selon trois études indépendantes. Ces hormones pouvant accroître le risque de cancer du sein, il reste à établir le rapport bénéfice-risque.

NEUROLOGIE

Le cerveau des schizophrènes est-il mal câblé ?

L'autopsie d'une vingtaine de schizophrènes révèle la présence, dans leur cerveau, d'un tissu biologique qui aurait dû disparaître après le quatrième mois de la grossesse. Ce tissu sert de guide à la migration des neurones fœtaux et se résorbe ensuite. Pourquoi n'a-t-il pas été éliminé à temps ? Mystère. Mais sa présence provoque des anomalies du "câblage" et de la localisation de certains neurones. Ce n'est peut-être pas la cause du mal chez tous les schizophrènes, car tous ne sont



L'activité du cerveau d'un schizophrène observée grâce à une caméra à positons.

PH. PLAILLY/EURELIOS

pas porteurs de cette anomalie, mais, pour certains d'entre eux, cette découverte laisse espérer, à moyen terme, des traitements chimiques.

TABAC : LES CHIFFRES QUI TUENT

● Plus de 60 000 Français meurent chaque année de tabagisme chronique. Ce chiffre alarmant est nettement supérieur à celui des décès provoqués par l'alcoolisme, le sida et les accidents de la route réunis (soit environ 25 000 morts par an). Si aucune mesure de prévention véritablement efficace n'est prise, le Comité national contre le tabagisme estime que le nombre de décès annuels liés au tabac atteindra 165 000 en 2025...

HÔPITAUX

UN ROBOT EN BLOUSE BLANCHE

■ L'hôpital Saint Mark, à Harrow, au Nord de Londres, a une nouvelle recrue : un robot, qui décharge les infirmières de nombreuses tâches et leur permet de

passer plus de temps au chevet de leurs patients. Il délivre les plateaux repas, va chercher les médicaments à la pharmacie, porte les prélèvements au laboratoire d'analyse... Surnommé Jeeves (le nom du désopilant domestique des romans de Pelha Wodehouse), ce robot, conçu par Otis, possède en mémoire un plan de l'hôpital numérisé et reçoit les ordres de déplacement par l'intermédiaire d'un clavier. Equipé de capteurs, il s'immobilise devant les obstacles imprévus et demande très poliment aux humains alentour de lui dégager la route.

REX/SIPA PRESS



CARDIOLOGIE

Des rayons pour les artères



La flèche montre une occlusion de l'artère coronaire.

SPRUCOSMOS

Quand une artère se bouche, une technique éprouvée consiste à glisser un cathéter muni

d'un petit ballon à l'endroit de l'étranglement. En le gonflant, on repousse le caillot contre les parois.

Cette angioplastie est devenue routinière, mais près d'un quart des patients font une ou plusieurs rechutes. A terme, le pontage devient nécessaire.

Pour l'éviter, plusieurs cardiologues américains mettent au point une nouvelle approche : rem-placer le ballon par une source de rayons bêta ou gamma. L'irradiation empêche la formation de tissus cicatriciels, qui habituellement rebouchent l'artère. La technique s'avère prometteuse mais reste expérimentale.

EPIDÉMIOLOGIE

Le retour du croup

Selon la Ligue française pour la prévention des maladies infectieuses, la survenue récente d'une épidémie de diphtérie en ex-URSS (50 412 cas en 1995) est « un problème qui s'étend à tout le continent, voire au monde entier ». Cette maladie, provoquée par une souche du bacille *Corynebacterium diphtheriae*, transmissible par la salive, se manifeste par une angine avec formation de membranes fibrineuses dans la gorge. Elles peuvent se compliquer de troubles respiratoires et cardiaques.

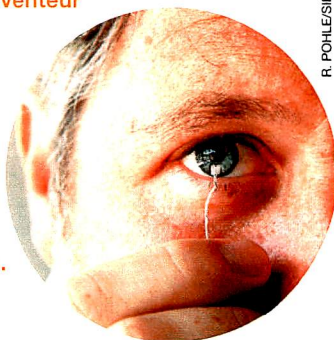
Selon la Ligue, « 50 % de la population européenne adulte est partiellement ou totalement susceptible de contracter la diphtérie ». En effet, l'absence de rap-

pels et de contacts naturels avec cette souche, presque totalement éliminée, semble aboutir à une diminution progressive de

l'immunité avec l'âge. Il faudrait donc envisager le maintien de la protection immunitaire par des rappels chez l'adulte. F. Z.

RÉTINE ARTIFICIELLE

● Ce minuscule implant pourrait redonner la vue aux aveugles dont les récepteurs photosensibles de la rétine sont mal formés ou ont été détruits. Mis au point par Eugene de Juan, un chercheur de l'université Johns Hopkins, aux Etats-Unis, il est collé sur la rétine et connecté à la couche de cellules située juste derrière les photorécepteurs défectueux. L'inventeur affirme avoir déjà restauré partiellement la vision de 25 patients. Il espère voir son produit sur le marché d'ici à cinq ans.



R. POHLE/SIPA PRESS

NEURO-CHIRURGIE

Un sous-marin dans la tête

Après avoir percé un minuscule orifice dans le crâne, les chirurgiens introduisent dans le cerveau un engin de la taille d'un grain de riz. Le patient enfle alors un casque muni d'aimants supraconducteurs qui, pilotés par ordinateur, guident le petit navire vers sa cible. Là, il largue son chargement de médicaments...

Ce scénario devrait devenir réalité d'ici à un an. Pour l'instant, ce nouveau moyen de délivrer un traitement dans les zones inaccessibles du cerveau est en cours d'expérimentation sur des maquettes, à l'école de médecine Washington, à Saint Louis (Etats-Unis). Lors du premier essai sur l'homme, les neurochirurgiens utiliseront le "sous-marin cérébral" pour pratiquer une biopsie. L'engin devrait aussi permettre, par exemple, d'émettre *in situ* des radiations ou des chimiothérapies contre des tumeurs, ou d'apporter de la dopamine à l'endroit exact où les personnes atteintes de la maladie de Parkinson en ont besoin. ■

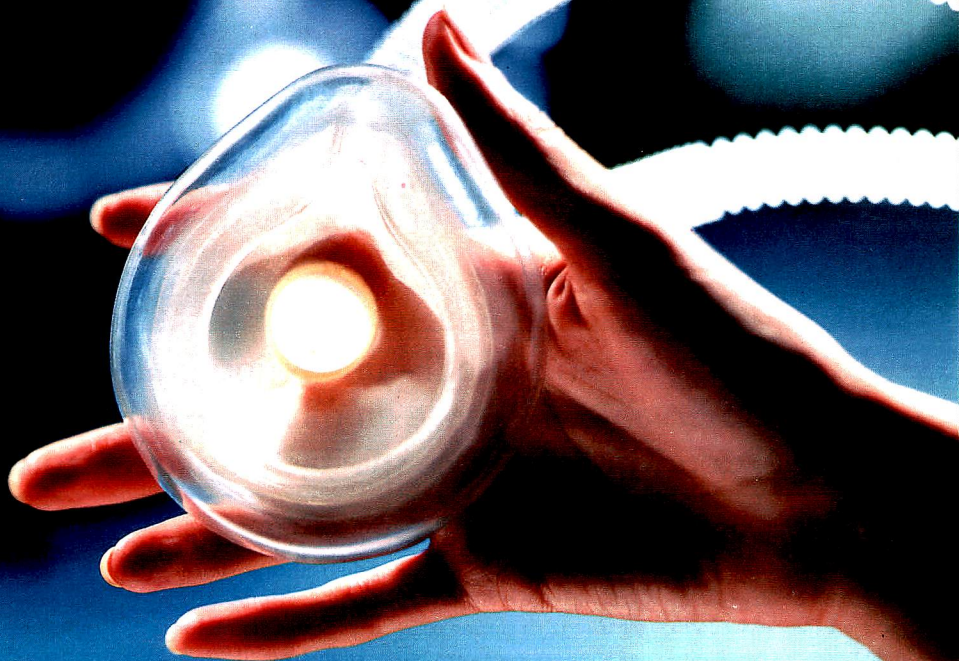
● Ont collaboré à cette rubrique :
Alexandre Dorozynski,
Frédéric Zinck.

«L'Association pour la Promotion de la Presse Magazine» a sélectionné cette année la campagne SNCF de l'Agence BDDP.

Pour la 11^{ème} fois, l'A.P.P.M. regroupant les 99 titres les plus importants de la presse magazine a attribué son Grand Prix. Il a été remporté cette année par la campagne SNCF réalisée par l'agence BDDP.

A.P.P.M.

*Plus 20% d'arrêts maladie les jours de forte pollution.
Il y a des chiffres qui vous coupent le souffle.*



Trains
d'Ile-de-France
0% de
pollution
dans l'air

Problèmes de santé, absentéisme : en affaiblissant les individus, la pollution peut aussi asphyxier la vie économique et sociale. Chaque jour, 99 % des trains régionaux d'Ile-de-France (4897 trains sur 4948) utilisent la traction électrique et donc ne

polluent pas l'atmosphère lors de leur passage. La SNCF prévoit aussi de mettre en place des trains supplémentaires les jours de forte pollution. Alors plus on privilégiera le train, moins l'air que l'on respire sera pollué.

À NOUS DE VOUS FAIRE PRÉFÉRER LE TRAIN.

SNCF

ACTUALITÉ ASTRONOMIE

par Yves Delaye

Le Soleil se coupe en deux



G. CANNAT

Le 12 octobre – un samedi – une éclipse partielle de Soleil sera observable en France en milieu de journée : aucune excuse, donc, pour rater ce spectacle toujours troublant...

Il faut remonter au 10 mai 1994 pour trouver une éclipse de Soleil observable en France. Ce jour-là, le phénomène se produisit en fin de journée et donna lieu, à Paris, à un spectacle peu commun : sur les Champs-Élysées, un Soleil à demi-éclipsé se profilait dans l'encadrement de l'Arc de triomphe. Près de 200 000 personnes s'y étaient d'ailleurs donné rendez-vous.

Le 12 de ce mois-ci, on assistera à une nouvelle éclipse partielle du Soleil, dont les conditions d'observation seront nettement meilleures. Elle aura lieu un samedi, en milieu de journée, circonstances propices à son observation par un très grand nombre.

Rappelons qu'une éclipse de Soleil se produit lorsque la Lune passe entre le Soleil et la Terre. Si la Lune passe exactement dans l'axe Terre-Soleil, il y a éclipse centrale. Si ce n'est pas le cas, il y a éclipse partielle. Lors d'une éclipse centrale, deux cas peuvent se présenter. Quand la Lune est trop éloignée de la Terre, son disque ne couvre pas entièrement celui du Soleil, et, lors de la phase maximale, il reste un anneau de Soleil visible : c'est une éclipse annulaire. Au contraire, quand la Lune est suffisamment proche de la Terre, le diamètre apparent de son disque est supérieur à celui du Soleil : c'est une éclipse totale.

Une éclipse annulaire ou

totale s'observent non pas de toute la Terre mais d'une étroite bande de quelques centaines de kilomètres de large au maximum sur quelques milliers de kilomètres de long, ce qui correspond à la portion de terrain balayée par l'ombre de la Lune. En revanche, les éclipses partielles sont observables à partir d'une zone bien plus étendue. Par exemple, celle de ce

mois-ci sera visible depuis le nord-est de l'Amérique du Nord, le Groënland, le nord de l'océan Atlantique, toute l'Europe et le nord de l'Afrique.

Au moment du maximum, le Soleil sera caché en moyenne de 55 à 60 %, ce qui se traduira par une légère baisse de la luminosité ambiante.

Voici, pour quelques villes de France, l'heure (légale) exacte du phénomène :

VILLES	DÉBUT	MAXIMUM	FIN
AJACCIO	15 h 30	16 h 44	17 h 51
BORDEAUX	15 h 10	16 h 28	17 h 40
BREST	14 h 57	16 h 17	17 h 31
LILLE	15 h 04	16 h 22	17 h 35
LYON	15 h 16	16 h 33	17 h 44
MARSEILLE	15 h 22	16 h 38	17 h 47
NICE	15 h 24	16 h 39	17 h 48
PARIS	15 h 06	16 h 25	17 h 37
STRASBOURG	15 h 14	16 h 31	17 h 41

MARDI 1^{er}

Occultation par la Lune d'Aldébaran (magnitude 1,1). A l'immersion, à 22 h 49 (temps légal), la Lune et Aldébaran ne sont qu'à 4° au-dessus de l'horizon. A l'émergence, à 23 h 43, les deux astres sont à 12°.

JEUDI 3

Mercure est à sa plus grande elongation ouest. C'est le moment favorable pour l'observer dans l'aube. Elle se lève une heure et demie avant le Soleil.

VENDREDI 4

Vers 6 heures (légales), au-dessus de l'horizon est, beau rapprochement de la resplendissante Vénus avec Régulus du Lion.

DU 5 AU 10

Lumière cendrée de la Lune, le matin.

DU 7 AU 9

Dans l'aube, vers l'est, rapprochement de la Lune avec Mars d'abord, puis avec Vénus.

MARDI 8

Maximum des étoiles filantes Draconides. Cet essaim, lié à la comète Giacobini-Zinner, est actif du 6 au 10.

VENDREDI 18

Dès le coucher du soleil, sur l'horizon sud-sud-ouest, conjonction de la Lune avec Jupiter.

MARDI 22

Maximum des étoiles filantes Orionides. Cet essaim, associé à la comète de Halley, est actif du 15 au 29.

**A
ne pas
manquer**

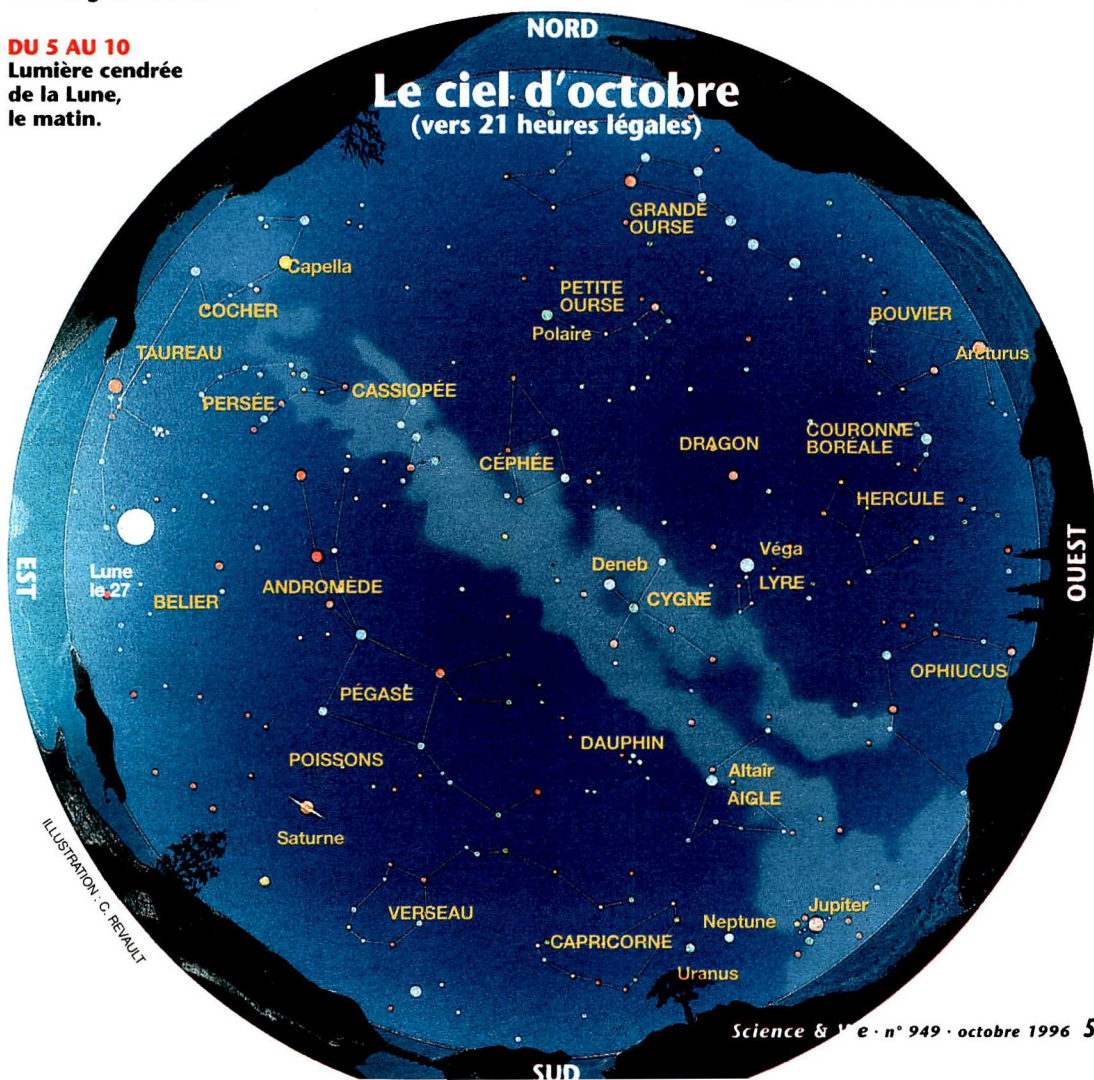
Eclipse partielle de Soleil, entièrement observable de toute la France.

JEUDI 24

En début de soirée, la Lune a rendez-vous avec Saturne. A suivre aux jumelles sur l'horizon sud-est.

MARDI 29

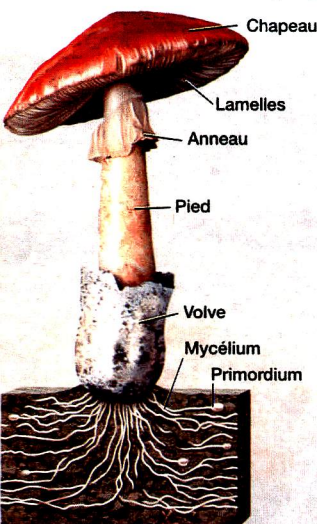
La comète Hale-Bopp est à un quart de degré seulement de M 14, bel amas globulaire dans Ophiucus. A observer en début de nuit.



Enigmatiques CHAMPIGNONS

■ Les Anciens pensaient qu'ils naissaient de l'union d'une goutte d'eau avec un rayon de soleil. Les siècles ont passé ; les champignons n'ont toujours pas livré leurs secrets.

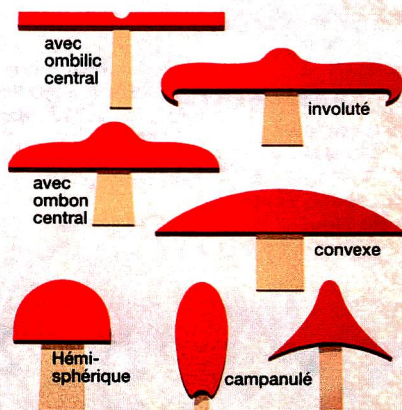
PAR SONIA FEERTCHAK



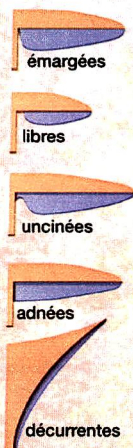
STRUCTURE



VOLVES



CHAPEAUX



LAMELLES

Un VÉGÉTAL sans chlorophylle

■ Le champignon est un végétal dépourvu de chlorophylle. Du coup, il ne peut pas utiliser l'énergie solaire pour transformer le carbone en sucre, et il vit aux dépens de matières organiques (en saprophyte, en parasite, etc.). C'est un thallophyte : aucun de ses organes n'assume de fonction précise.

200 000 ESPÈCES terrestres

■ Les champignons constituent un embranchement du règne végétal, dont les 200 000 espèces sont pratiquement toutes terrestres. Les champignons visibles à l'œil nu sont qualifiés de macromycètes.

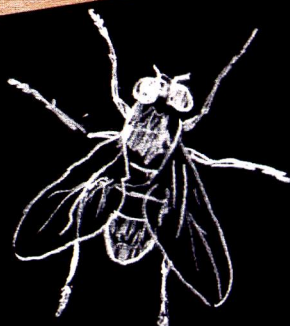
Il existe dans le monde :



200 000 espèces de champignons



250 000 espèces de plantes à fleurs



1 million d'espèces d'insectes (1)



4 000 espèces de mammifères

(1) dont plus de 100 000 espèces pour la seule famille des mouches et moustiques

En France :

3 000 à 4 000 champignons différents sont visibles à l'œil nu (1).

Une trentaine sont toxiques.

Une centaine sont comestibles, mangables, voire délicieuses.

(1) auxquels s'ajoutent plusieurs millions de champignons microscopiques.





Une REPRODUCTION complexe

■ La reproduction sexuée des champignons s'effectue au moyen de spores, issues de petites poches appelées les *asques* chez les *ascomycètes*, et les *basides* chez les *basidiomycètes* (les deux catégories de *macromycètes*). Deux spores germent et donnent naissance à deux *mycéliums*. Ceux-ci fusionnent pour en former un troisième, sur lequel poussera un corps fructifère (le "champignon").

Les FRANÇAIS s'en régaler

■ La France se situe au 2^e rang européen, derrière l'Allemagne, ex æquo avec la Grande-Bretagne.



**3 KG
PAR AN
PAR HABITANT**

Du PAIN, du VIN et de bons SOINS

■ La plupart des antibiotiques (*pénicilline*, *streptomycine*, etc.) sont extraits des champignons. Ceux-ci servent aussi à élaborer des substances antirejet (*cyclosporine*) dans le cadre des greffes d'organes.



La PRODUCTION en France

■ La France est le premier producteur européen de champignons de couche (ou de Paris). Les trois quarts de la production servent à l'industrie. Le quart restant est commercialisé frais, tout comme les pleurotes et les lentins (ou shiitakes).



**CHAMPIGNONS
DE PARIS**

210 000 TONNES

PLEUROTÉS

2 000 TONNES

LENTINS

450 TONNES

Pourquoi ne sait-on pas les CULTIVER ?

■ A l'exception d'une dizaine d'espèces, on connaît très mal la reproduction des champignons. D'abord, deux individus d'une même espèce ne sont jamais génétiquement identiques. Par ailleurs, il est impossible de recréer un biotope artificiel pour les cultiver car on ne connaît pas suffisamment les paramètres du biotope naturel.

Comment neutraliser les **AGRESSEURS** sexuels?

■ Les organisations internationales se mobilisent enfin contre le commerce sexuel des enfants. Mais, tandis que l'affaire Dutroux bouleverse la Belgique, une question se pose : que faire des pédophiles et autres agresseurs ? Peut-on les soigner et les rendre inoffensifs ?

PAR RENÉ BERNEX

VAN PARYS MEDIA/STYGMIA



Au-delà de la profonde émotion suscitée en Belgique et en France par l'affaire Marc Dutroux, mis en cause dans le meurtre d'au moins deux fillettes de 8 ans, et déjà condamné pour viols et enlèvements de mineurs, son cas pose une nouvelle fois le problème de la neutralisation des criminels sexuels. Et remet

sur la sellette la fameuse "castration chimique" – traitement médicamenteux antihormones mâles susceptible de diminuer la libido de l'homme. Cela de manière réversible et sans modifier la personnalité profonde de l'individu.

Reste que, sur des milliers de déviants sexuels, seuls une centaine sont soignés aujourd'hui en France grâce à ce type de technique. Car, comme le souligne le Dr Roland Coutanceau, expert psychiatre, consultant au Centre national d'observation de la prison de Fresnes : « Ce traitement antiandrogène freine les pulsions sexuelles. Il n'est ni absolu ni définitif. L'expertise du sujet est fondamentale. Envisager un tel traitement implique que le pédophile ou le violeur de femmes adultes reconnaisse les faits, prenne conscience du caractère agressif de son acte, sans se fabriquer des justifications, et qu'il soit capable de s'interdire le passage à l'acte. Le traitement, toujours accompagné d'un suivi psychothérapeutique, peut être utile. Il ne constitue pas, en soi, une panacée. Il s'adresse aux délinquants qui ont des pulsions sexuelles violentes et obsédantes. Environ 10 % des pédophiles relèvent de ce

traitement hormonal. Pour les autres, des thérapies de groupes, des techniques directives, confrontantes, suffisent. »

A l'heure actuelle, deux médicaments sont utilisés à cette fin, avec un succès mitigé : l'Androcur, qui ne bloque pas l'érection et permet donc une sexualité; le Décapeptyl, moins utilisé, qui provoque un arrê quasi complet de toute sexualité.

Un homme sous antihormones peut-il encore avoir des relations sexuelles ? Pour le Dr Bernard Cordier, psychiatre et spécialiste de la prise en charge des pédophiles, chef de service à la clinique médico-chirurgicale Foch de Suresnes (Hauts-de-Seine), « ses érections et ses éjaculations sont très faibles, inversement proportionnelles aux doses administrées. En fait, la plupart des patients, après plusieurs mois de traitement, ne sont plus concernés par la sexualité, et ils en sont soulagés ».

IMPORTANTE DIMINUTION DE LA LIBIDO

L'Androcur, nom commercial de l'acétate de cyprotérone, est un stéroïde antagoniste de l'hormone mâle, la testostérone (voir schéma page suivante). Utilisé depuis longtemps dans le traitement du cancer de la prostate ainsi que dans certaines affections cutanées (séborrhée grave, acné), cette molécule entraîne, aux doses thérapeutiques, une diminution importante de la libido, avec impuissance, gynécomastie (gonflement un peu douloureux des seins), ainsi qu'une inhibition de la spermatogenèse pouvant conduire à une stérilité temporaire.

Le Dr Cordier raconte : « J'ai commencé à prescrire de l'Androcur il y a quinze ans, pour les "délinquants" sexuels. Ce sont les Allemands qui, les premiers, ont remarqué son effet inhibiteur de la libido au cours de traitements de cancers de la prostate. Le Décapeptyl, également utilisé dans cette affection, est aussi prescrit chez les petits garçons afin de bloquer une

Tueur hors série

Marc Dutroux arrêté près de Charleroi (Belgique), le 13 août 1996. L'indignation populaire réclame sa tête. Existe-t-il pourtant un moyen de supprimer les perversions de ce genre de criminel ?

puberté trop précoce. Les endocrinologues nous ont montré cette autre indication possible, et nous avons été les premiers à l'employer en 1989. »

Le Décapeptyl, lui, est le nom commercial de la triptoréline, une substance dont la structure est proche de celle d'une hormone hypophysaire, la LHRH (*Luteinizing Hormone Releasing Hormone*) – ainsi appelée parce qu'elle entraîne la libération, par l'hypophyse antérieure, de LH (hormone lutéinisante) qui, chez la femme, joue un rôle prépondérant dans l'ovulation et la formation des corps jaunes (1). Chez l'homme, la LH (appelée aussi, et plus logiquement, ICSH, pour *Interstitial Cell Stimulating Hormone*) provoque la sécrétion de testostérone par les cellules interstitielles du testicule. Or, on le sait, la testostérone est une hormone androgène étant donné son action sur les caractères sexuels primaires et secondaires, sur la spermatogenèse et sur le comportement sexuel.

Dans des conditions physiologiques normales, la sécrétion de LHRH est discontinue. Administrée de façon continue, la LHRH, ou son analogue, induit, après une phase de stimulation transitoire, une désensibilisation de l'hypophyse antérieure, conduisant à un arrêt de la sécrétion de LH et, par conséquent, chez l'homme, à un ef-

fondrement de la sécrétion de testostérone.

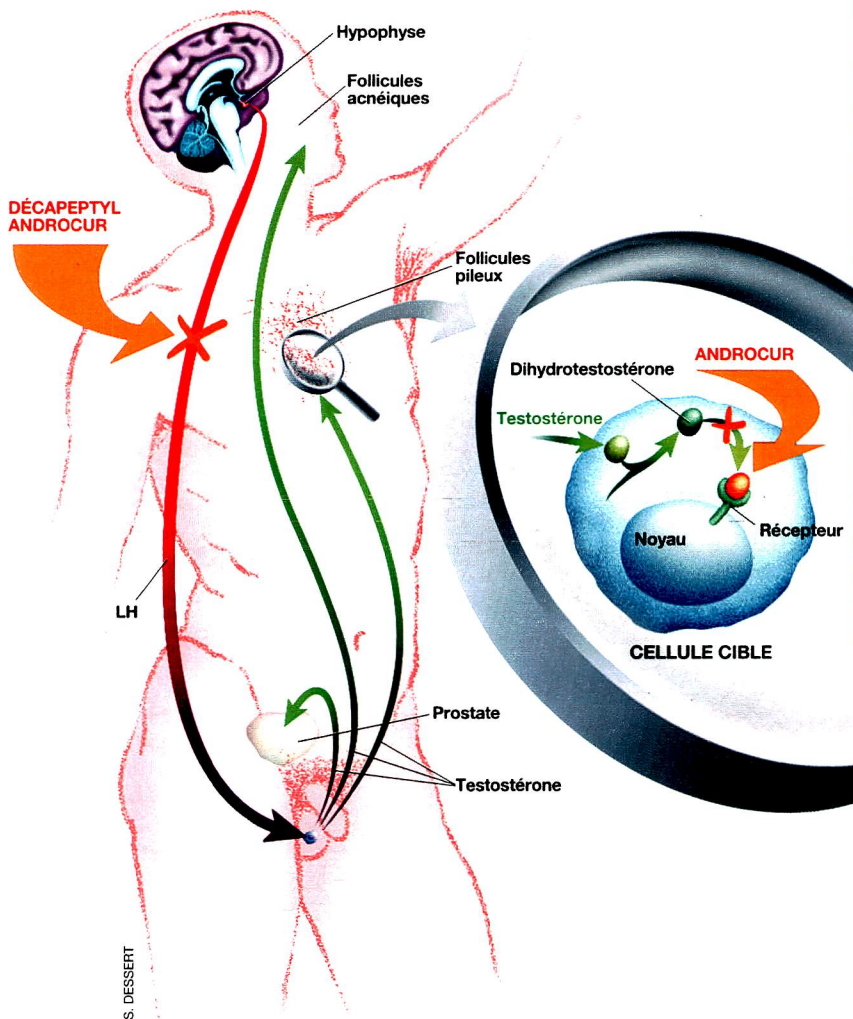
A noter que le Décapeptyl appartient au groupe des substances dites "analogues hyperactifs" ou "superagonistes" : certaines différences dans leur structure par rapport à celle des molécules biologiques leur confèrent soit une affinité beaucoup plus forte pour les récepteurs de ces molécules, soit une plus grande résistance aux enzymes qui les inactivent. C'est pourquoi le Décapeptyl administré en doses uniques possède les mêmes effets inhibiteurs que la LHRH administrée en continu.

Chez l'homme, on l'a vu, des

symptômes liés à la déficience en testostérone ont été observés depuis plusieurs années au cours de traitements "classiques" par Décapeptyl. Ce sont les effets "secondaires" du produit qui permettraient de s'opposer aux violentes pulsions génératrices d'infractions à caractère sexuel.

DE GRAVES PROBLÈMES D'ÉTHIQUE

Mais, comme le souligne le Dr Cordier, on n'utilise pas indifféremment l'un ou l'autre de ces médicaments. « Je prescris le Décapeptyl quand l'Androcur n'a pas marché, explique-t-il. Il y a, en effet, des cas



(1) Elle provoque la ponte ovulaire et transforme en corps jaunes les follicules ovariens mûrs. Quand l'ovulation est suivie de fécondation, le corps jaune est plus volumineux.



La clé : bloquer l'excès de testostérone

Les castrateurs chimiques sont d'abord des molécules utilisées contre les excès de testostérone (hirsutisme, puberté précoce, tumeurs de la prostate, etc.) La triptoréline (Décapeptyl) bloque la production de LH (hormone lutéinisante) au niveau de l'hypophyse, interrompant ainsi la production de testostérone, hormone clé du comportement sexuel masculin. La cyprostérone (Androcur) a également cet effet, mais plus faiblement. Elle intervient surtout au niveau des cellules cibles de la testostérone. Elle prend la place d'un dérivé de la testostérone, la dihydrotestostérone, sur les récepteurs situés à la surface du noyau cellulaire. L'action stimulante de l'hormone naturelle est ainsi bloquée.

rares de récidive sous Androcur. Je choisis également en fonction des patients. L'Androcur se présente sous forme de comprimés à prendre chaque jour, le Décapeptyl s'injecte une fois par mois. Certains patients, à la volonté déficiente, préféreraient une piqûre mensuelle à une prise quotidienne de comprimés. »

Le problème apparaît cependant plus complexe. « Constatant l'impuissance judiciaire, la société se re-

tourne vers le corps médical », notaient, le 12 mars dernier, dans une communication à l'Académie de médecine, des psychiatres et des endocrinologues parisiens et rouennais en se référant à ce type de traitements. « Ceux-là mêmes qui dénonçaient la "castration chimique" voient dans les traitements hormonaux une solution idéale pour régler le problème », poursuivaient-ils.

Parallèlement, les auteurs de la communication présentaient les résultats d'un essai préliminaire portant sur l'utilisation du Décapeptyl chez six patients âgés de 15 à 39 ans, atteints d'un ou de deux types de paraphilie (quatre cas de pédophilie; deux cas d'exhibitionnisme, dont un associé à des viols de femmes). Le traitement « s'est révélé d'une remarquable efficacité », en fonction des paramètres biologiques et cliniques mesurés chez cinq des six malades traités.

Dans ce contexte, le Dr Florence Thibaut (centre hospitalier du Rouvray, Sotteville-lès-Rouen), l'une des intervenantes, s'est montrée très claire quant à la surveillance du traitement exercée par le praticien. « L'objectif du médecin n'est pas de normaliser, mais de soulager le sujet de la souffrance qu'induit chez lui son comportement pathologique, dit-elle. Mais le praticien doit aussi évaluer et prendre en compte le risque potentiel pour autrui, comme il le fait, par exemple, pour un alcoolique violent. » Ces conditions doivent être impérativement spécifiées au patient par le thérapeute.

En tout état de cause, ces véritables "camisoles chimiques" ne suppriment pas les pulsions, elles ne font que les endormir. Par ailleurs, utilisés seuls, ces médicaments se montreraient totalement inefficaces.

« Mes quinze patients, à l'exception d'un seul, déficient mental, suivent une psychothérapie parallèlement à leur traitement antihormonal, souligne ainsi le Dr Cordier. Cette prise en charge est indispensable pour soigner le "mal" à la racine. »

Il n'empêche, on s'en doute, que la castration chimique n'est pas sans poser de sérieux problèmes d'éthique. D'où, pour le CCNE (Comité consultatif national d'éthique), la nécessité de respecter quelques règles très strictes avant d'employer ces molécules. Ainsi, les produits ne doivent être en aucune manière systématiquement administrés lors de l'incarcération. En cours de détention, ils ne sauraient être prescrits qu'à titre de traitement. C'est encore comme traitement que l'Androcur ou le Décapeptyl devraient être administrés peu de temps avant la levée d'écrou. Enfin, après la libération, ces médicaments ne devraient, en règle générale, n'être maintenus que dans le cadre d'un protocole expérimental.

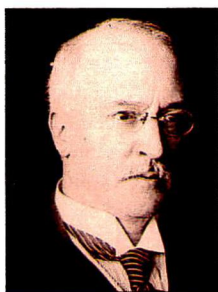
LE DILEMME DE LA RÉCIDIVE

Mais le risque le plus sérieux est assurément celui de la récidive. « Au Québec, où ces méthodes sont employées depuis longtemps, le taux de récidive se situe autour de 25 %, affirme le Dr Coutanceau. Ce serait de la folie de faire sortir quelqu'un de prison sous prétexte qu'il jurerait simplement de prendre son Androcur. Les professionnels essaient de plus en plus d'avoir des critères précis de risque de récidive. Cela fait partie du travail psychomédico-éducatif. Mais il faut bien avoir à l'esprit que chez les pédophiles il y a des hommes extrêmement récidivistes et d'autres qui ne recommenceront jamais après une condamnation. »

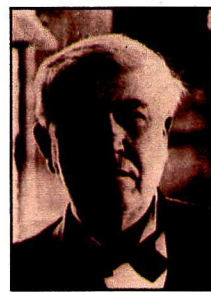
D'où la position un peu radicale de certains psychiatres qui, comme le Pr Henri Loo (hôpital Sainte-Anne, Paris) seraient plutôt favorables à un traitement à vie. ■

COLLECTIONNEZ LES GRANDES PAGES DE L'HISTOIRE DES SCIENCES COLLECTION 1996 LES GRANDS INGÉNIEURS

En 1996, **LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE** vous font découvrir
les grands ingénieurs et les temps forts de leur invention.
Faites la connaissance scientifique de ces hommes d'exception :



DIESEL

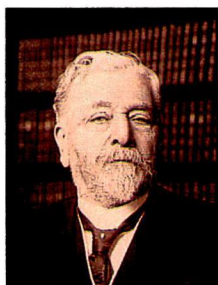


EDISON



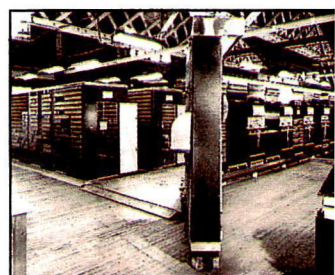
DASSAULT

LÉONARD DE VINCI



EIFFEL

TURING-
VON NEUMANN



PHOTOS ROGER-VIOLET

BON DE COMMANDE

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

- ☐ Je commande LA COLLECTION 1996
des CAHIERS DE SCIENCE & VIE du n° 31 au n° 36 inclus :
160 francs au lieu de 192 francs*
Les numéros déjà parus me parviendront dans un
délai de 3 semaines. Les numéros à venir me
parviendront au fur et à mesure de leur parution.
- ☐ Je commande reliure(s) des CAHIERS DE
SCIENCE & VIE au prix unitaire de **65 francs** -
étranger 75 francs * Cochez les cases de votre choix
- ☐ Le montant de ma commande est de francs

Nom _____

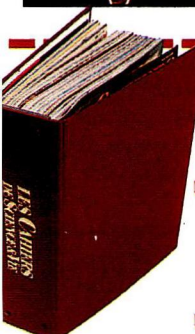
Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Offres valables jusqu'à fin 1996 et réservées à la France Métropolitaine
Vous pouvez aussi commander par téléphone au (33-1) 46 48 47 18

[*] Prix de vente normal chez votre marchand de journaux
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.



Elegante et pratique, chaque
reliure est conçue pour
classer 12 numéros des
CAHIERS DE SCIENCE & VIE

En route pour

MARS

NASA

Ainsi,
la vie, sous sa
forme la plus primi-

tive, aurait existé sur Mars...
C'est du moins ce que la NASA
a triomphalement annoncé.
Même si certains spécialistes
la contestent fortement, la
"découverte" s'inscrit dans le
nouvel engouement que
suscite la planète rouge.

Trois vaisseaux – deux
américains et un
russe – vont
bien-

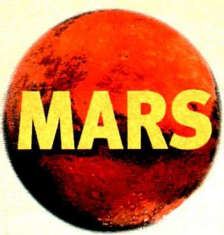
tôt la
cartographier
ou se poser sur son

sol, lui arracher quelques-uns
de ses nombreux secrets et
préparer le futur débarque-
ment humain. Car, si les fa-
meux "canaux" nous ont fait
rêver pendant plus d'un siècle,
notre voisine recèle suffisam-
ment de mystères pour
alimenter longtemps
encore la curio-
sité des Ter-
riens.

**Feu vert
pour la
planète rouge**
p. 60

**La vie
ou la mort ?**
p. 66

**Les canaux
les ont fait
rêver**
p. 68



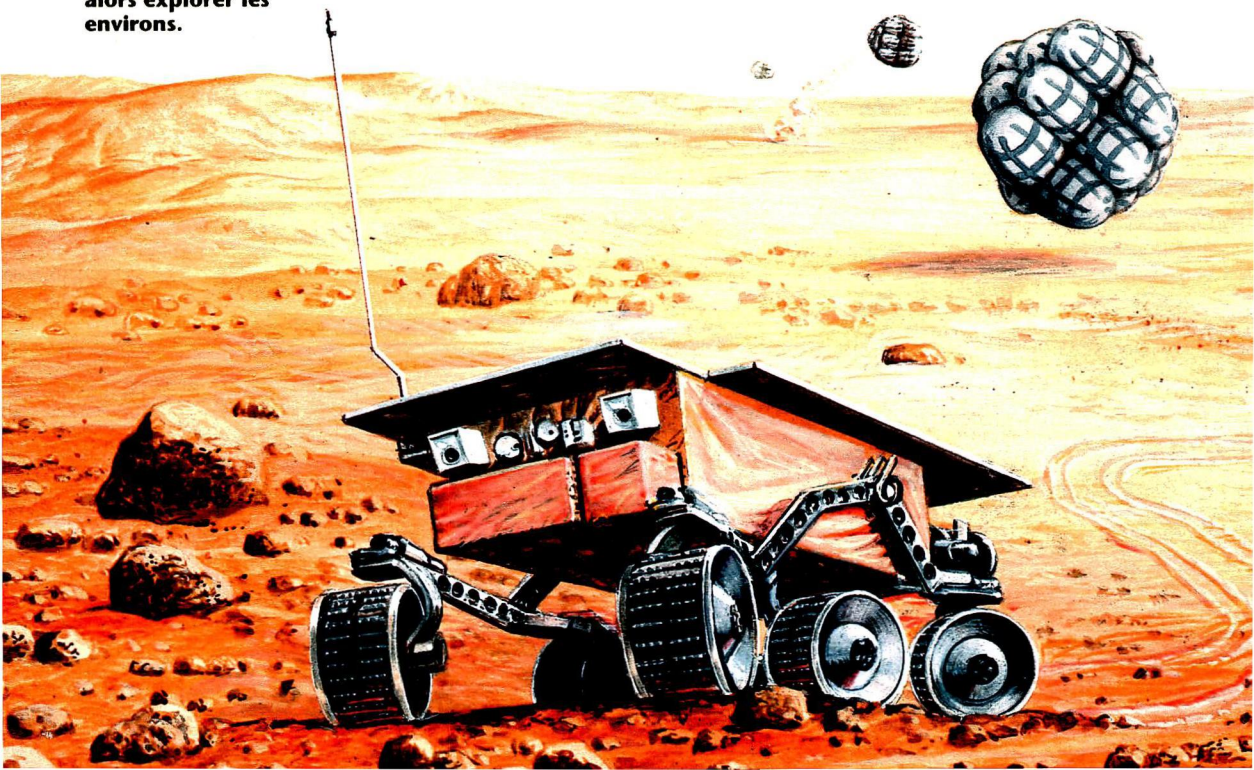
FEU VERT POUR LA PLANÈTE ROUGE

■ On est encore très loin de tout savoir de Mars. Deux engins américains et un vaisseau russe géant s'envolent bientôt à la rencontre de la mystérieuse planète, pour la cartographier et pour analyser son sol. En attendant l'exploration humaine...

PAR PHILIPPE HENAJEROS

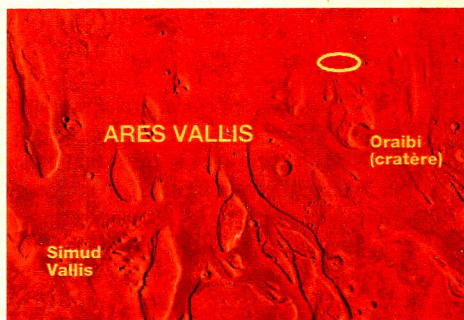
Arrivée mouvementée

Après avoir freiné sa course dans la haute atmosphère à l'aide d'un bouclier thermique, le vaisseau automatique *Mars Pathfinder* déploiera son parachute. A quelques mètres du sol, il le larguera. Protégée par des "airbags", la sonde finira en chute libre. Après plusieurs rebonds, les ballons se dégonfleront, et la sonde s'ouvrira. Le "rover" pourra alors explorer les environs.



Mars a beau être la planète du système solaire la plus proche de la Terre, elle sait garder ses secrets. Difficile à observer au télescope, elle résiste tout aussi farouchement aux sondes spatiales. Six seulement des dix-neuf engins automatiques dépêchés à sa rencontre ont pleinement réussi leur mission. Après les survols peu instructifs effectués par *Mariner 4*, *6* et *7* entre 1964 et 1969, la véritable découverte de Mars a commencé avec *Mariner 9*, *Viking 1* et *Viking 2*, de 1971 à 1982. Si les yeux artificiels de ces sondes ont définitivement ruiné les espoirs, nés au début du siècle, de trouver une civilisation bâtisseuse de grands canaux d'irrigation, ils ont néanmoins révélé un monde étonnant. Sur cette planète deux fois plus petite que la Terre cohabitent le plus grand volcan du système solaire et le plus profond canyon connu. Au milieu de régions aujourd'hui plus arides que le Sahara, serpentent sur des milliers de kilomètres des lits d'anciens fleuves au débit plus puissant que celui de l'Amazone. Aux basses plaines lisses et récentes du nord s'opposent les hautes terres cratérisées et anciennes du sud. A l'absence de vie actuelle observée par les modules Viking en surface, répond l'hypothèse d'une vie passée ou qui se développerait encore dans le sous-sol.

Mars laissait trop d'énigmes sans solutions pour que les chercheurs ne soient pas ardemment désireux de les déchiffrer. Aussi, dès cet automne, trois vaisseaux automatiques vont partir en direction de la planète rouge. Grâce

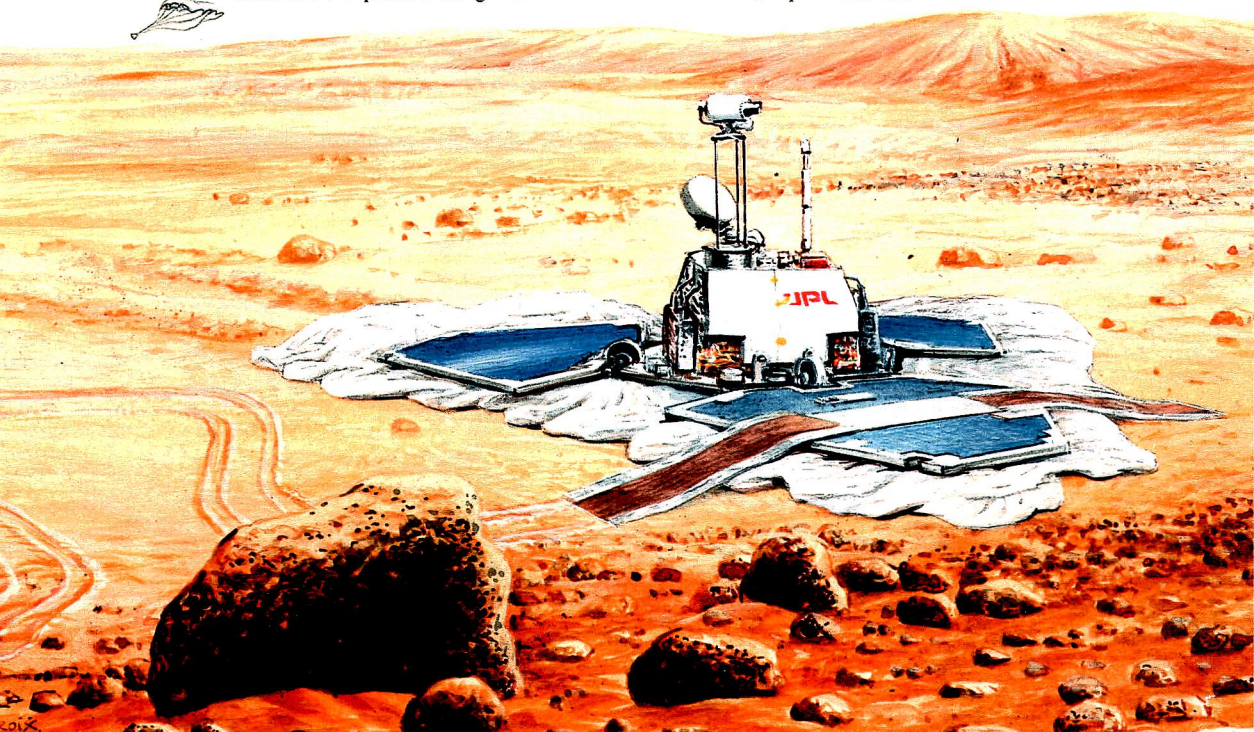


Une mine géologique

La sonde Mars Pathfinder doit se poser (ovale jaune) dans la région d'Ares Vallis, delta gigantesque d'une ancienne vallée fluviale. Dans ce delta, censé receler de nombreux débris charriés par les flots, les scientifiques espèrent trouver une grande variété de roches provenant de terrains très divers.

à *Mars Global Surveyor*, qui s'envolera à bord d'une fusée Delta le 6 novembre, la Nasa va tenter d'effacer son dernier échec, celui de *Mars Observer*, qui s'était perdu dans l'espace le 21 août 1993. Avec *Mars Pathfinder*, lancé le 3 décembre par une autre fusée Delta, elle prépare les explorations de la surface, qui devront faire appel à de nouvelles technologies. Enfin, les Russes miseront sur un vaisseau géant bourré d'expériences ambitieuses, *Mars 96*, qui s'élancera le 16 novembre à l'aide d'un lanceur Proton.

De ces trois concurrents au rendez-vous martien de 1997, le plus ■ ■ ■





■■■ spectaculaire sera sans doute *Mars Pathfinder*. Petit engin de 850 kg au départ (avec le carburant et ses systèmes de vol), il partira avec presque un mois de retard sur les deux autres pour arriver presque deux mois plus tôt. Le secret de sa célérité réside dans sa trajectoire tendue et dans le fait qu'il ne se satellisera pas autour de Mars. Comme la fusée de Tintin sur la Lune, il se posera directement à la surface. Un bouclier thermique freinera et protégera de l'échauffement son entrée à grande vitesse dans l'atmosphère de la planète, puis un parachute l'aidera à terminer la descente en douceur. Des ballons – véritables airbags – se gonfleront alors autour de l'engin et serviront à amortir l'arrivée au sol, à 20 m/s environ. La sonde, ainsi "enrobée" pourrait, selon les spécialistes de la Nasa, rebondir à la hauteur d'un immeuble de huit étages et faire plusieurs autres bonds avant de se stabiliser. Une fois les ballons dégonflés, la sonde en forme de tétraèdre, ne pesant plus que 280 kg, devrait ouvrir ses trois pétales faisant office de panneaux solaires. Cette manœuvre devrait lui permettre de retrouver une position normale

dans le cas où ses multiples rebonds l'auraient posée à l'envers. On sera alors le 4 juillet 1997 (jour anniversaire de l'indépendance des Etats-Unis), et le petit engin devrait célébrer le succès de la nouvelle devise de la Nasa en matière d'exploration planétaire : « Smaller, cheaper, faster » (plus petit, moins cher, plus rapide).

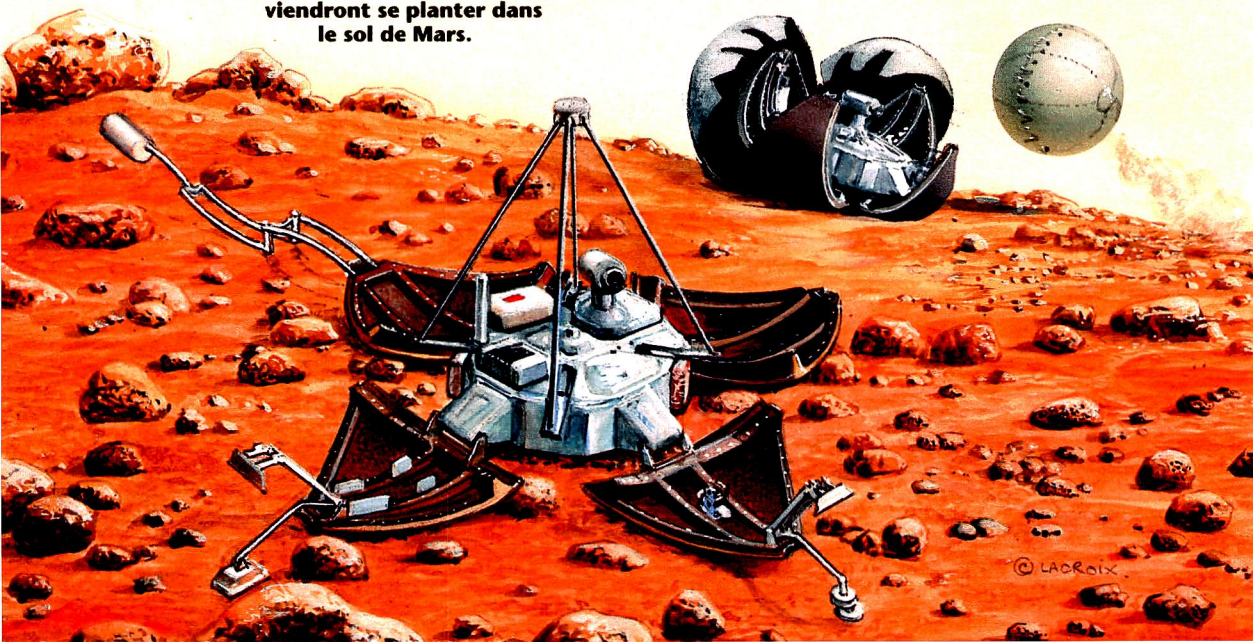
32 CM DE HAUT, 10 KG, SIX ROUES : PORTAIT-ROBOT DE L'EXPLORATEUR

Mais le spectacle ne fera que commencer : outre une caméra couleur capable d'observer à travers 24 filtres spectraux et une station météo, *Mars Pathfinder* libérera un petit robot de 10 kg, monté sur six roues, qui ira explorer les alentours à la vitesse maximale de 24 m/h. Ce véhicule de 65 cm de long, 48 cm de large et 32 cm de haut, baptisé *Sojourner* (1), arpentera les quelques dizaines de mètres situés essentiellement dans le champ de la caméra du module d'atterrissage. Sur son dos, un panneau solaire rectangulaire lui fournira l'énergie électrique nécessaire à ses déplacements et au fonctionnement de ses instruments. *Sojourner* est notamment doté de caméras capables de montrer des détails de 1 mm et d'un spectromètre à rayons gamma servant à analyser la composition des roches rencontrées. Ces roches pourront être étudiées par la caméra du module grâce à ses nombreux filtres. Les scientifiques américains ont choisi pour site d'atterrissage Ares Vallis, un ancien chenal susceptible de receler

Etranges fleurs d'acier

Comme la sonde américaine *Mars Pathfinder*, les deux stations au sol du vaisseau russe *Mars 96* atterriront grâce à un ballon protecteur. Il s'agit de deux sphères qui, selon une technique mise au point dans les années 60 pour les Lunik, s'ouvrent en pétales afin de replacer l'engin à l'endroit. Sur deux autres sites (à droite), deux "pénétrateurs", véritables obus bourrés de capteurs, viendront se planter dans le sol de Mars.

(1) Ce nom lui a été attribué, à la suite d'un concours, par une Américaine de 13 ans, en mémoire de Sojourner Truth, militante des droits des femmes au siècle dernier. Le robot aurait pu s'appeler Marie Curie, nom arrivé en deuxième position.



des matériaux géologiques très divers, datant de plusieurs époques, issus de l'érosion aquatique.

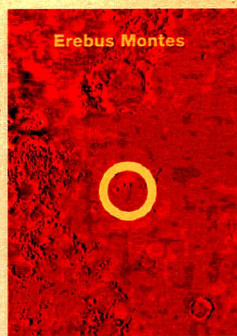
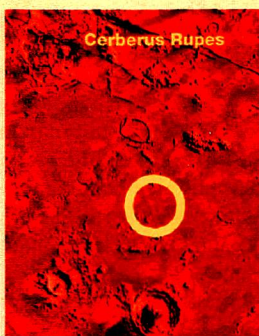
Une fois parvenu à destination, *Mars Pathfinder* doit fonctionner trente jours, mais il n'est pas impossible qu'il puisse survivre plusieurs mois. Au-delà de ses trois expériences scientifiques, la mission poursuit avant tout un but technologique. Elle vise à valider le concept d'un petit "rover", qui doit être capable de collecter des informations scientifiques aussi bien que des échantillons. Si le bilan de *Sojourner* est satisfaisant, un véhicule similaire viendra se poser sur Mars en 2005, y ramasser de 1 à 2 kg de roches et les expédier vers la Terre, où elles seront analysées en laboratoire.

DEUX ANS POUR CARTOGRAPHIER MARS

Mais, avant de se lancer dans une telle entreprise, il faudra bien connaître la topographie martienne. Or, en dépit des succès des *Viking 1* et 2, c'est loin d'être le cas. La perte de *Mars Observer*, en 1994, a contraint la Nasa à programmer en toute hâte une nouvelle mission de cartographie : *Mars Global Surveyor*. Après plus de dix mois de voyage, celui-ci devait arriver aux abords de la planète rouge au début de septembre 1997 dans le but d'accomplir cinq des neuf

tâches dévolues à son infortunée aînée.

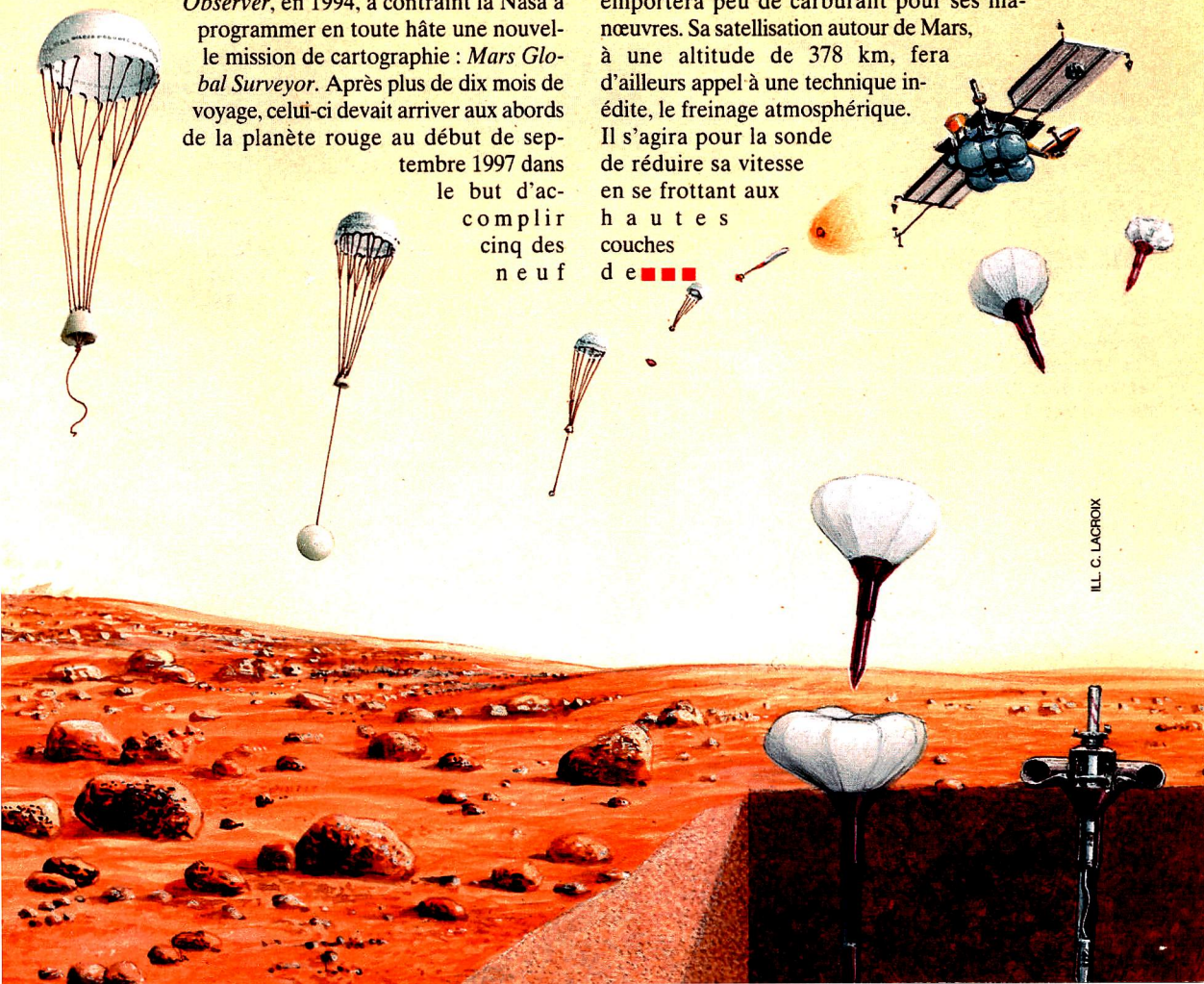
Cependant, restrictions budgétaires obligent, *Mars Global Surveyor* ne pèsera que 665 kg et emportera peu de carburant pour ses manœuvres. Sa satellisation autour de Mars, à une altitude de 378 km, fera d'ailleurs appel à une technique inédite, le freinage atmosphérique. Il s'agira pour la sonde de réduire sa vitesse en se frottant aux hautes couches de



NASA

Sur les rives d'Amazonis

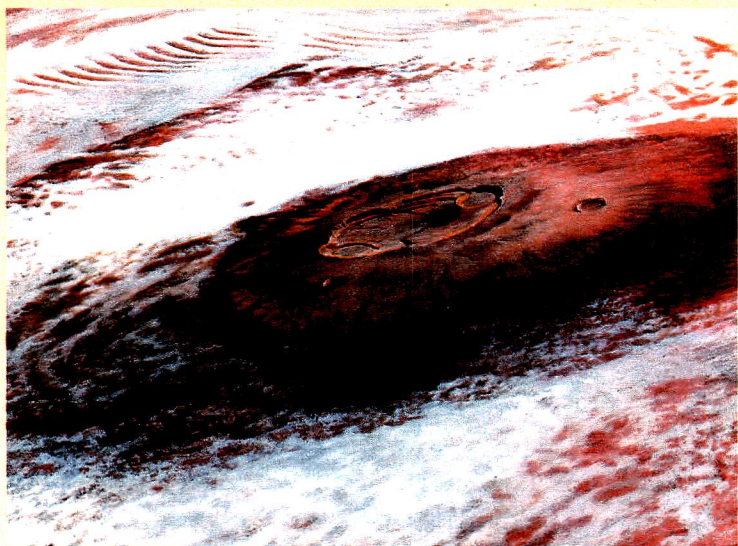
Les deux stations de *Mars 96* se poseront (cercles jaunes) vraisemblablement en bordure d'Amazonis, une vaste plaine de l'hémisphère nord tenue pour récente dans l'histoire géologique de la planète. Non loin de là se trouvent les volcans très anciens d'Elysium.



ILL. C. LACROIX



■■■ l'atmosphère martienne. Sa trajectoire devra être parfaite : trop bas, elle se désintègrera en une boule de feu ; trop haut, elle continuera sa route dans l'espace sans se satelliser... Si cette phase se passe bien, *Mars Global Surveyor*, placé sur une orbite presque polaire de 48 heures, entreprendra de cartographier systématiquement la planète rouge pendant deux ans.



Le plus grand volcan du système solaire

Le volcan Olympus Mons, 27 km de haut, est le plus grand du système solaire. Pourtant, la topographie de Mars est encore incertaine : les altitudes sont connues au mieux à 500 m près et au pire à 2 000 m près. D'où la nécessité de la mission de cartographie de *Mars Global Surveyor*.

Trois caméras de bord prendront des milliers d'images sur lesquelles il sera possible de reconnaître des formations de 500 m de large. Chaque jour, une carte générale de la planète sera établie. Mises bout à bout, ces cartes montreront l'évolution des nuages au fil des saisons, exactement comme le font les satellites météorologiques sur Terre à travers les animations diffusées à la télévision. Enfin, une caméra à très haute résolution prendra des images de la surface sur lesquelles pourront ap-

paraître des détails de 3 m. Grâce à cet instrument, les scientifiques chercheront d'éventuelles plages anciennes au bord d'hypothétiques anciens lacs, des traces de glaciers et d'écoulements d'eau sur les parois des canyons. Ils s'en serviront aussi pour observer les couches de glace qui affleurent en bordure des calottes polaires et dont les couleurs reflètent les changements climatiques. Il est même prévu de tenter une photo-souvenir des deux modules *Viking* et de *Mars Pathfinder*.

Un altimètre laser permettra, en trente jours, de connaître enfin avec une faible marge d'erreur les altitudes relatives des différentes formations topographiques martiennes. « A l'heure actuelle, si l'on est optimiste, la marge d'erreur sur les altitudes est d'environ 500 m », précise Philippe Masson, du Laboratoire de géologie dynamique de la Terre et des planètes, à Orsay. Le profil topographique dessiné par l'altimètre de *Mars Global Surveyor* sera couplé à l'expérience de radio devant dresser la carte des irrégularités gravitationnelles de la planète. En enregistrant – par le temps que

mettent les signaux radio à parvenir sur Terre – les infimes variations d'altitude dont la sonde sera l'objet, les chercheurs pourront savoir comment se répartissent les masses au-dessous de la surface. Reliée à la topographie, cette information aidera à comprendre la nature des formations géologiques visibles et les processus ayant conduit à leur apparition.

Outre un magnétomètre cherchant les traces d'un champ magnétique, le vaisseau américain déterminera la nature des minéraux de la surface grâce à un spectromètre à émission thermique. Cet instrument rendra compte aussi des températures, de la quantité de poussières et des pressions atmosphériques à différentes altitudes.

LA SONDE RUSSE, UN POIDS LOURD DE 6 TONNES

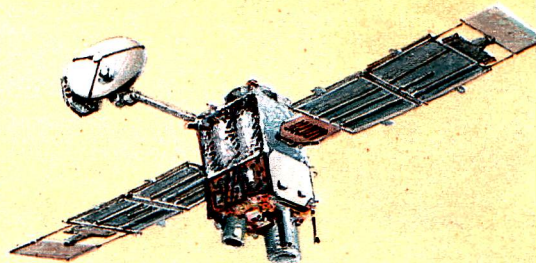
Le 12 septembre 1997, quelques jours après l'arrivée de *Mars Global Surveyor*, devrait se satelliser la sonde russe *Mars 96*. Comparée aux vaisseaux américains, c'est un poids

lourd de 6 tonnes, qui emporte deux stations de descente au sol et deux "pénétrateurs", sortes d'obus ayant pour mission de se planter dans le sol de Mars. « Afin d'alléger la sonde et de diminuer la dépense en carburant nécessaire à la mise en orbite, les deux stations de 33 kg chacune seront larguées quatre jours avant l'arrivée », explique Francis Rocard, du CNES. *Mars 96* emporte au total 250 kg d'instruments scientifiques et une vingtaine d'expériences en orbite. Les stations au sol et surtout les pénétrateurs sont véritablement bourrés de capteurs. « Ils ne comprennent pas moins de 10 expériences chacun, dit Francis Rocard, ce qui fait de *Mars 96* une mission à haut risque. » En effet, certains composants radioactifs risquent de brouiller les données de certains instruments qu'ils côtoient.

CHERCHER LA GLACE OU L'EAU SOUS LA SURFACE

Malgré tout, vingt-cinq jours après la satellisation sur une orbite de 43 heures, très elliptique (entre 300 et 52 000 km d'altitude), les pénétrateurs quitteront la sonde pour aller se ficher dans le sol de Mars. Une ministration météo et une caméra rendront compte du site d'atterrissage. Des spectromètres analyseront le sol et des sismomètres révéleront une éventuelle activité interne de la planète. Les deux stations les auront précédés à la surface, dans la région d'Amazonis, à l'ouest du mont Olympe, et auront effectué le même type de mesures. Cette dernière expérience, baptisée Optimisme en raison des maigres chances supposées d'activité sismique sur Mars, pourrait révéler la nature du sous-sol. En particulier, la vitesse de propagation des ondes sismiques indiquerait s'il y a de la glace, ou même de l'eau, sous la surface. Mais de l'optimisme, il en faudra de toute manière aux scientifiques, car une incertitude demeure à propos des stations : pour des raisons financières, leurs phases d'atterrissage n'ont pas pu être répétées dans l'atmosphère terrestre.

Sur le vaisseau, resté en orbite quasi polaire, une caméra allemande cartographiera la totalité de Mars à une résolution de quelques centaines de mètres (les *Viking* avaient fait la même chose, mais à une résolution de 1 km). Sur certains plans rapprochés, des détails de 10 m seront perceptibles. Un spectro-imageur infrarouge français, baptisé Oméga, étudiera à distance la composition de la surface et de l'atmosphère. Grâce à ces données, les géologues



Satellite pour météo martienne

Comme le satellite *Spot* autour de la Terre, *Mars Global Surveyor* dressera la cartographie complète de Mars. Son altimètre laser lui permettra de déterminer précisément les courbes de niveau. Comme *Météosat*, il photographiera chaque jour les nuages de Mars et en montrera l'animation.

pourront réellement tenter de comprendre les mécanismes qui ont donné à Mars son visage actuel. A distance, les instruments de *Mars 96* chercheront des carbonates sur le sol pour essayer d'apprendre ce qu'est devenue l'ancienne atmosphère dense de CO₂ qui entourait la planète voilà 3,8 milliards d'années. Ils mesureront le taux de fuite dans l'espace des ions afin d'élucider le mécanisme d'évaporation de l'atmosphère. L'accumulation de ces données dira peut-être pourquoi une planète initialement semblable à la Terre s'est transformée en désert hostile.

Dans le meilleur des scénarios, les trois sondes fonctionneront sans problème et leurs données seront retrasmises par un récepteur radio français monté sur *Mars Global Surveyor*. Les astronomes n'en attendent pas de révélations décisives sur l'existence d'une vie bactérienne ancienne dans les sables ocres de la planète désert. Ils espèrent simplement pouvoir assembler quelques pièces du puzzle retraçant l'histoire de Mars... En attendant les prochaines explorations. ■



LA VIE OU LA MORT?

■ La NASA a proclamé à grands cris que Mars avait connu la vie. Très contestée, cette affirmation est pourtant renforcée par la découverte répétée de bactéries d'un genre nouveau... sur la Terre.

PAR PHILIPPE HENAREJOS

Les Martiens ressuscitent. "Enterrés" prématurément par les sondes *Viking 1* et *2*, qui n'avaient pas su les découvrir en 1976 à la surface de la planète rouge, les voilà qui réapparaissent, blottis au creux d'une météorite de 1,9 kg trouvée... sur Terre, en Antarctique, en 1984 (voir *Science & Vie* n° 948, p. 46). Expulsé dans l'espace il y a 16 millions d'années par l'impact d'un gros bolide sur le sol martien, ce caillou aurait erré longuement dans le système solaire avant de tomber sur la Terre voilà 13000 ans. Faisant office de vaisseau spatial, il aurait emporté les restes fossiles de micro-organismes vieux de 3,6 milliards d'années. C'est la conclusion d'une équipe américaine dirigée par le géologue de la NASA David McKay.

Cette nouvelle, diffusée à grand renfort de publicité par l'administrateur de la NASA, Daniel Goldin, au moment où le Congrès américain s'appêtait à voter le budget de l'exploration spatiale, n'a pas vraiment surpris la communauté

scientifique.

Elle était même dans l'air du temps.

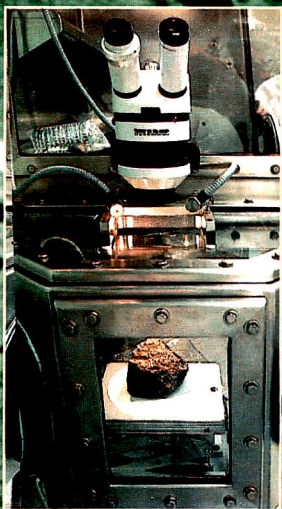
Certes, dans les années 70, les analyses du sol martien par les deux sondes *Viking* avaient jeté un froid en ne détectant aucune activité bactérienne. Mais vingt années se sont écoulées, et le dépouillement total des données de *Viking* a affiné la connaissance de l'histoire martienne. Les astronomes sont aujourd'hui persuadés que Mars a connu une évolution similaire à celle de la Terre pendant 700 millions d'années (entre - 4,5 et - 3,8 milliards d'années). En ce temps-là, les deux planètes contenaient une atmosphère qui, bien qu'irrespirable, était assez dense et chaude pour permettre la présence d'eau sous forme liquide. Dans cette période, avant que Mars perde son air et son eau, de la vie existait déjà sur Terre. Dès lors, il n'était pas incongru d'imaginer qu'il en était allé de même sur la planète rouge. Pour le vérifier, les spécialistes ne voyaient qu'une solution : se rendre sur place et chercher des traces fossilisées de micro-organismes. Ils étaient loin de se douter que c'est l'inverse qui se produirait, que Mars viendrait à eux par l'intermédiaire d'une météorite dont l'âge (4,5 milliards d'années) en fait la plus vieille pierre jamais trouvée sur une planète (la Terre y compris).

L'autre candidate

Photographiée par la sonde *Galileo*, la surface glacée d'Europe, un satellite de Jupiter, ressemble à la banquise. Il pourrait bien exister, dessous, de l'eau sous forme liquide : une niche pour la vie...



PHOTOS NASA



Mystérieux carbone

Ces traces de carbone dans Allan Hills 84001, la météorite d'origine martienne retrouvée en Antarctique en 1984, sont-elles dues à la fossilisation de micro-organismes ou à un phénomène chimique lié à l'activité biologique ?

te du fait que ces carbonates se retrouvent dans toutes les météorites carbonées qui ne contiennent pas de bactéries, ni du fait qu'une autre équipe étudiant la météorite a conclu que leur température de formation était de 700 °C (*Nature*, 4 juillet 1996). Dernier indice douteux : les petites formes ovoïdes de 0,1 micromètre de long seraient des bactéries exotiques – les fameux Martiens. « C'est trop petit pour que les instruments puissent rechercher du carbone sur leurs bords, ce qui permettrait de trancher la question », dit André Brack.

Même si ces points restent en suspens, l'espoir renaît d'obtenir la preuve que Mars a connu la vie. Aujourd'hui, la découverte d' "archéobactéries" en des lieux extrêmes de la Terre ne fait que le renforcer. Le premier de ces micro-organismes unicellulaires a été trouvé en 1977 dans l'océan Pacifique, à 2457 m de profondeur, près d'une faille thermique. Baptisé *Methanococcus jannaschii*, il tire son énergie de la production de méthane et supporte aussi bien le froid des grands fonds que les 315 °C des failles thermiques.

TROISIÈME FAMILLE D'ORGANISMES

D'un genre tout à fait nouveau, classé tantôt parmi les procaryotes, tantôt parmi les eucaryotes, ce type d'organisme a également été trouvé dans les sols gelés de l'Antarctique et dans les sources sulfureuses où, *a priori*, la vie semblait impossible. Le 23 août dernier, dans la revue *Science*, une équipe américaine a annoncé que les deux tiers de leurs gènes différaient de toutes les structures connues. Il s'agit donc d'une troisième famille d'organismes, dont la découverte rend plus probables les chances que la vie existe sur d'autres planètes où les conditions sont extrêmes.

Mars, bien sûr, fait figure de sérieux candidat, mais aussi Europe, la troisième des lunes principales de Jupiter, sur laquelle la sonde *Galileo* semble avoir détecté des lacs d'eau liquide prisonniers sous une surface glacée. Et, même si ces lacs n'existent plus, ils ont probablement existé, comme l'attestent la structure de la glace, similaire à celle des banquises terrestres, ainsi que des traces de geyser. En quelques semaines, l'exobiologie aurait-elle enfin trouvé son objet ? ■

Mais la conclusion de l'équipe américaine est-elle fiable ? « Nous considérons, dit David Mc-

Kay, que c'est l'interprétation la plus raisonnable. » Mais il ajoute : « Nous invitons d'autres savants à étudier la météorite et à faire d'autres interprétations. » La précaution est sage, car, comme le fait remarquer André Brack, spécialiste de chimie prébiotique au CNRS d'Orléans : « Pris collectivement, les indices militent en faveur de la vie, mais trois d'entre eux sont ambigus. Il n'y a donc pas pour l'instant de preuve solide. Le seul message que délivre la météorite est qu'elle contient de la matière organique. »

Premier élément douteux : McKay associe la présence de PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) à la fossilisation de bactéries. Or, ces molécules complexes existant dans le milieu interstellaire et dans certaines météorites issues de la ceinture d'astéroïdes peuvent être formées par des dizaines de procédés différents. Deuxième élément douteux : les carbonates trouvés dans la météorite suggèrent la présence d'anciennes bactéries. Ils se seraient formés entre 0 °C et 80 °C, fourchette de température favorable à la vie. Mais cette interprétation ne tient pas comp-

MARS

LES CANAUX LES ONT FAIT RÊVER...

■ Au milieu du XIX^e siècle, un religieux italien découvre des "canaux" sur Mars. Sa "vision" fera fantasmer et délirer plusieurs générations d'astronomes.

PAR HERVÉ LAURENT

Tout commence en Italie, en 1858, lorsque le père Angelo Secchi croit voir, dans la lunette de l'observatoire du Vatican, des traits sombres, rectilignes, sur le disque de Mars. Il ne formule aucune hypothèse, mais d'autres le feront plus tard. En 1864, l'Anglais Dawes remarque à son tour que la plupart des "mers" (ainsi baptisées par analogie avec les taches sombres visibles sur la Lune) se terminent par de longs bras fins et sombres, qui traversent ensuite les "continents". A l'époque, on ne doute pas qu'il y ait sur Mars, comme sur Terre, océans et continents. Le père Secchi les baptise "canali". Dans son esprit, il s'agit de bras de mer, mais le mot est traduit par "canaux", avec la connotation d'"artificiel".

En France, Camille Flammarion, ancien assistant de l'Observatoire de Paris, déçu de constater que les professionnels du ciel attachent plus d'importance aux calculs qu'à l'observation, a décidé d'observer pour son compte avec une petite lunette. Mars le fascine : en 1877, il présente à l'Académie des sciences une carte de la planète.

La même année a lieu une "opposition périhélique", circonstance qui n'intervient que tous les

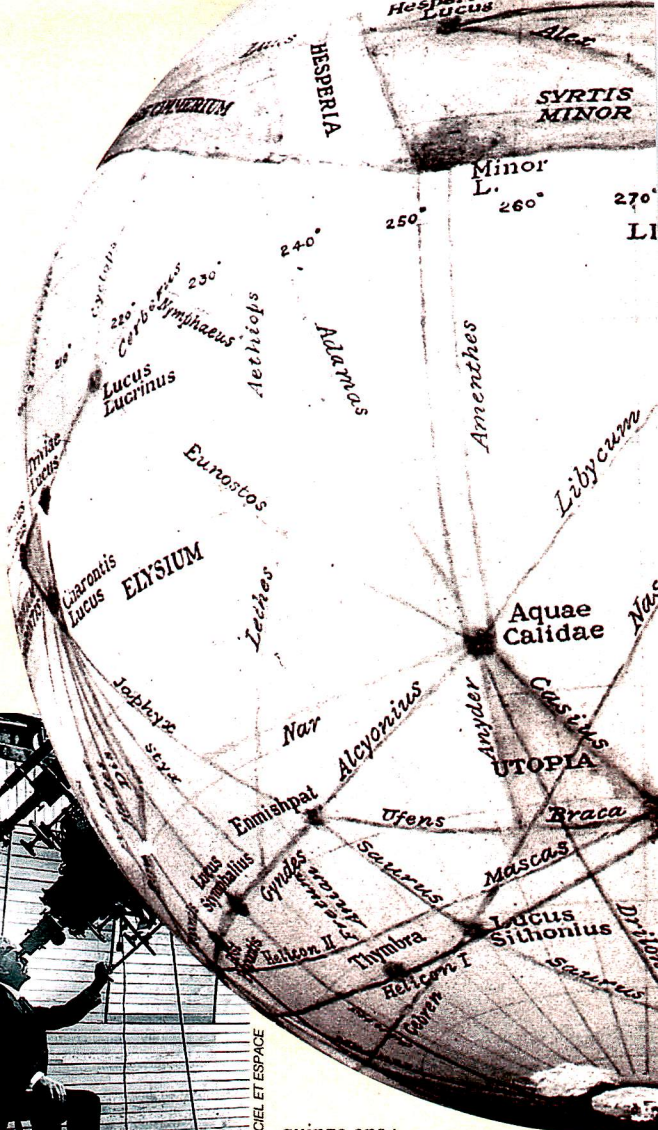


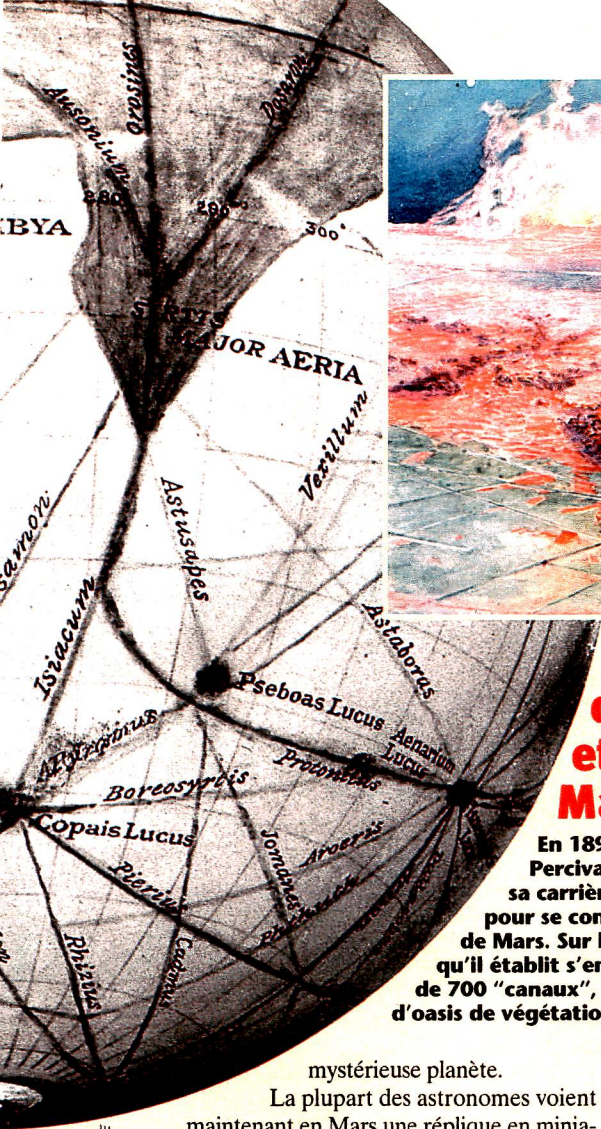
LOWELL OBS./CIEL ET ESPACE

quinze ans : la planète rouge passe à 56 millions de kilomètres de la Terre. Lors de ce rapprochement exceptionnel, de nombreuses lunettes (les télescopes sont

encore rares) se braquent sur Mars. En Italie, notamment, le directeur de l'observatoire de Milan, Giovanni Schiaparelli, s'est donné pour but d'améliorer la cartographie de Mars. Il rebaptise un certain nombre de formations martiennes.

Il confirme aussi l'existence des traits sombres aperçus par Angelo Secchi. Emporté sans doute par son imagination, il évoque même un enchevêtrement de lignes droites qui, écrit-il, «ne peuvent être que des canaux ou des détroits de communication». Quelques années plus tard, il relancera le débat en affirmant que les canaux se sont dédoublés ! Comme Schiaparelli est un astronome sérieux, nul ne met en doute son affirmation, qui accroît encore l'engouement pour la





COLL. JONAS/KARBINE-TAPABOR

Le diplomate et les Martiens

En 1894, l'Américain Percival Lowell abandonne sa carrière de diplomate pour se consacrer à l'étude de Mars. Sur les cartes qu'il établit s'entrecroisent près de 700 "canaux", bordés d'oasis de végétation.

mystérieuse planète.

La plupart des astronomes voient maintenant en Mars une réplique en miniature de la Terre. Comme elle possède une atmosphère, qu'elle présente des saisons et que sa "journée" est quasiment égale à la nôtre, elle apparaît comme la seule planète du système solaire susceptible d'abriter une certaine forme de vie. Et, lorsque l'Allemand Hermann Vogel détecte de la vapeur d'eau dans le spectre de son atmosphère, on pense tenir un argument de poids en faveur de l'habitabilité de cette planète, qui va désormais passionner tout le monde.

La polémique rebondit dix ans plus tard : l'Américain Percival Lowell annonce que les taches visibles à la surface de l'astre changent de couleur au début de l'été martien, passant du gris-bleu au jaune-brun, à l'inverse de ce qui se passe sur la Terre. Lowell, qui a 39 ans, n'a aucune formation d'astronome. Mais il croit si fort aux canaux de Mars qu'il abandonne sa carrière de diplomate pour construire à Flagstaff (Arizona), avec sa fortune personnelle, un observatoire spécialisé dans l'étude de la planète rouge.

Après quatre ans d'observations assidues, Lowell trace lui aussi des cartes de Mars, sur lesquelles on dénombre quelque 700 canaux qui se croisent en tous sens ! Lowell les décrit avec un grand luxe de détails, imaginant une bande de végétation d'une trentaine de kilomètres de large bordant le canal proprement dit. L'ex-diplomate explique que les taches observées à l'intersection des canaux sont tout bonnement des oasis et des lacs.

Un demi-siècle après que le père Secchi a "vu" des lignes sombres sur la planète, les astronomes demeurent incapables de trancher. C'est un nouveau passage rapproché de Mars, en 1909, qui va véritablement jeter la suspicion sur la réalité des canaux. Les grands instruments récemment mis en service à Yerkes, aux Etats-Unis, ou au pic du

Midi, en France, ne montrent rien de probant. A l'aide de la grande lunette de l'Observatoire de Meudon, Eugène Antoniadi porte le premier coup sérieux au mythe des canaux : il montre qu'il s'agit simplement d'alignements de taches.

L'ÉPILOGUE NE SE JOUERA QU'EN 1965

Une quarantaine d'années passeront encore avant que l'affaire des canaux de Mars trouve, en 1965, son épilogue. La sonde spatiale *Mariner 4* a pris en effet des photos en gros plan de la planète. Ces clichés nous paraissent aujourd'hui de bien médiocre qualité ; ils n'en ont pas moins révélé l'existence – insoupçonnée – de cratères d'impact. En revanche, on n'y voit rien qui, de près ou de loin, ressemble à des canaux.

En quelques minutes, le petit robot a détruit un siècle de fantasmes. Cinq autres sondes confirmeront ses observations. Là où les astronomes du siècle dernier croyaient observer des canaux, il n'y a que des alignements de cratères, des failles ou des falaises. C'est l'existence de la vie sur la planète rouge qui excite maintenant l'imagination des Terriens. Un rêve chasse l'autre...

Le big bang

PAR ROMAN
IKONICOFF

L'Univers, avec ses milliards d'étoiles, de galaxies, d'amas de galaxies et d'amas de galaxies, se sent "bien peu de chose" depuis qu'on lui a découvert un frère jumeau ne mesurant que quelques millimètres cubes ! Des chercheurs viennent, en effet, de reproduire dans une goutte d'hélium un événement "cosmique" : le refroidissement du vide qui aurait eu lieu il y a 15 milliards d'années et qui a modelé l'espace dans lequel nous vivons. L'expérience en question, publiée dans la revue *Nature* du 25 juillet 1996, lève un coin de voile sur une des énigmes les plus tenaces de l'astronomie moderne : pourquoi la matière dans l'Univers forme-t-elle des "grumeaux" le long de "filaments" au lieu d'être répartie de façon homogène dans tout le volume cosmique ?

LA THÉORIE DES CORDES VIT UNE SECONDE JEUNESSE

Pour répondre à cette question, un astrophysicien britannique, Tom Kibble, postula, en 1976, l'existence de "cordes cosmiques". Ces cordes, sortes de régions filiformes extrêmement longues, "remplies" de vide, quadrillant l'espace, devaient posséder une énorme densité d'énergie. Or, la théorie de la relativité générale, énoncée par Einstein, indique que plus une région est dense en énergie ou en matière, plus l'attraction qu'elle exercera sur son entourage sera forte. La matière de l'Univers aurait ainsi été atti-

rée par ces cordes et s'y serait agglutinée. Cela se passait il y a 15 milliards d'années, quelques fractions de seconde après le big bang. Depuis, les cordes cosmiques se seraient "évaporées", ne laissant comme témoignage de leur existence que des grumeaux de matière (amas de galaxies) en certains lieux de l'espace (voir schéma).

Cette belle théorie, à la mode il y a vingt ans, était en train de perdre de sa superbe, faute de preuves tangibles pour étayer ses hypothèses : nul astronome n'a jamais observé le moindre début de trace de corde cosmique.

Mais aujourd'hui, elle semble vivre une seconde jeunesse grâce à la physique des très basses températures ! En effet, en 1985, un scientifique très prolifique du laboratoire national de Los Alamos (Etats-Unis), Wojciech H. Zurek, démontra que les

■ ■ ■

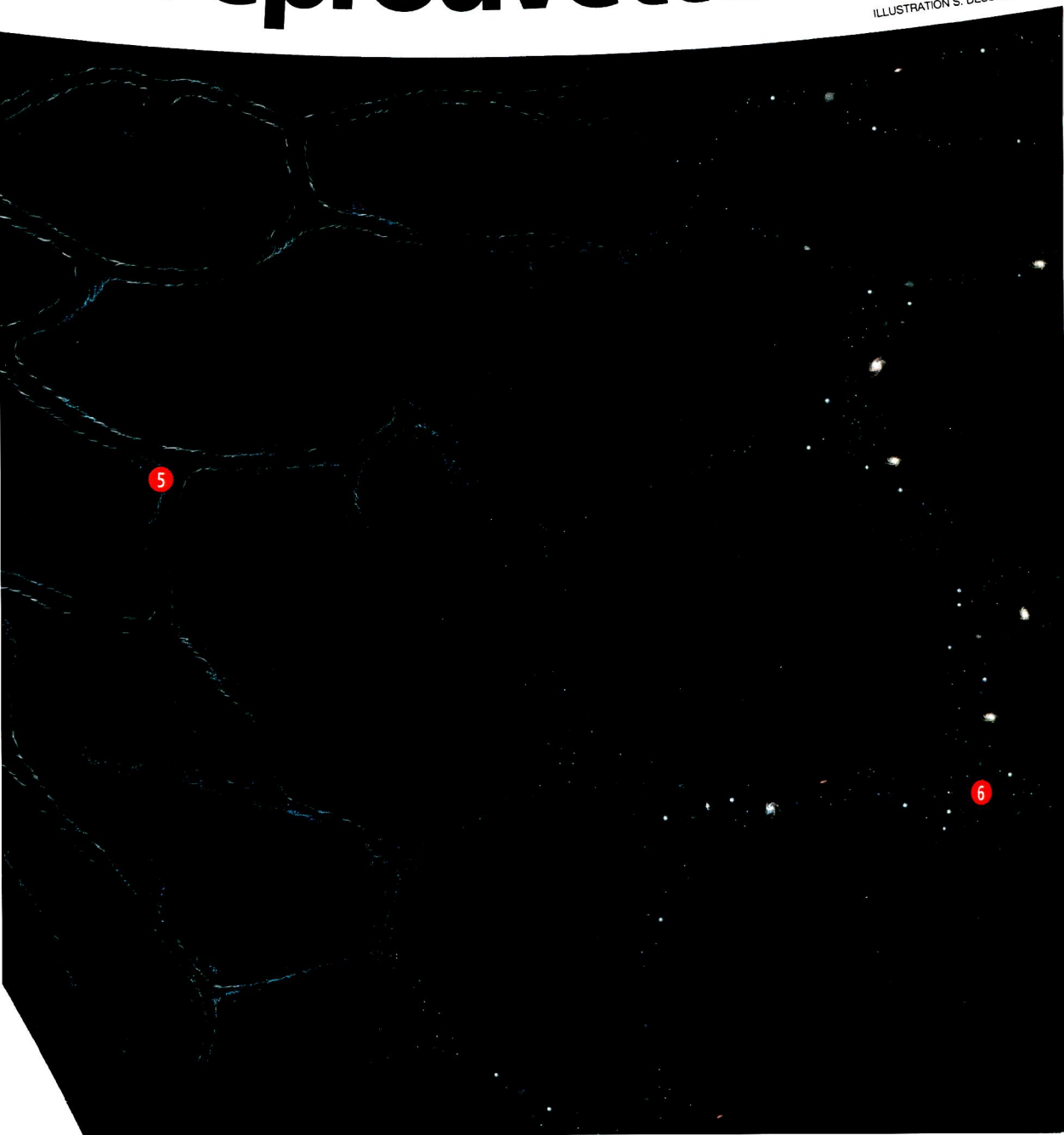
La fracture du cosmos

Immédiatement après le big bang ①, l'Univers aurait été constitué d'un seul type de particule régie par une seule force, le tout baignant dans un vide extrêmement dense et chaud ②. Au fur et à mesure du refroidissement, cette belle symétrie se serait "brisée", scindant l'unique force en deux, puis en quatre. Des tourbillons de vide se seraient alors créés ③, donnant naissance à des "cordes cosmiques" ④. Ces dernières auraient attiré la matière du cosmos qui s'y serait agglutinée, puis condensée ⑤ pour donner naissance aux étoiles, aux galaxies et aux amas de galaxies ⑥.

■ Recréer les conditions initiales du "démarrage" de l'Univers dans une goutte d'hélium très froid. C'est l'exploit que viennent de réaliser simultanément deux équipes internationales de chercheurs en basses températures.

en éprouvette

ILLUSTRATION S. DESSERT



■ ■ ■ équations mathématiques en jeu dans la théorie des cordes étaient les mêmes que celles qui décrivaient le comportement de l'hélium à très basse température, près du zéro absolu ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$)! Il n'en fallait pas plus pour que les scientifiques se mettent à chercher des

Superfluide : à mi-chemin du solide et du liquide

cordes dans des gouttes d'hélium! L'enjeu était de taille : si l'on arrivait à créer des cordes dans de l'hélium superfluide, alors l'hypothèse de l'existence passée des cordes cosmiques, responsables de la non homogénéité de la matière, serait enfin prouvée! Cette preuve mit onze ans à émerger, en 1996... dans une éprouvette.

La superfluidité est un état de la matière qui ne nous est pas familier car elle ne fait pas partie de notre expérience quotidienne, contrairement aux gaz, aux solides et aux liquides. La transition de l'état liquide à l'état solide (l'eau qui gèle) répond à une loi physique qui veut que plus on refroidit la matière, plus celle-ci devient ordonnée. C'est le "troisième principe de la thermodynamique". L'état solide est physiquement plus ordonné que l'état liquide, car les atomes qui composent ce premier, fortement liés entre eux, ont des positions définitivement fixes. En revanche, les atomes d'un liquide bougent sans cesse les uns par rapport aux autres car les liaisons interatomiques sont faibles. Ainsi, "devenir plus ordonné" signifie, à notre échelle, se refroidir, c'est-à-dire se solidifier (voir schéma ci-dessous).

Pourtant, certains atomes sont naturellement peu réactifs, ce qui les empêche, même à très basse

température, d'établir des liaisons fortes avec les autres atomes. Résultat, le liquide ne se solidifie pas. Éclate alors un véritable conflit entre le troisième principe de la thermodynamique, qui veut tout ordonner, figer et lier, et la nature très "libre" des atomes. Ce conflit aboutit à un consensus appelé superfluide, ou "liquide ordonné", à mi-chemin du solide et du liquide.

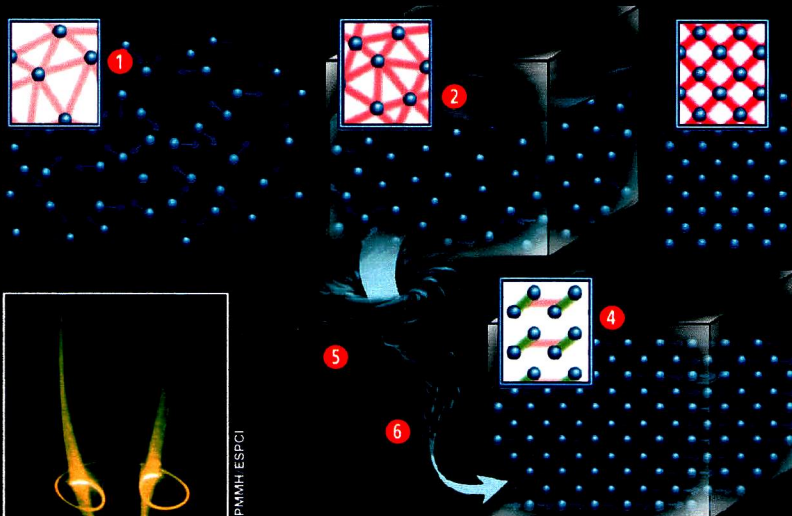
Un superfluide possède des caractéristiques étonnantes. D'abord, il ne présente aucune résistance. Si on plongeait la main dans un superfluide, on ne sentirait aucun contact et on pourrait la bouger comme si elle se trouvait dans le vide. Ensuite, un superfluide possède une "orientation spatiale". Quand on fait pivoter un verre rempli d'eau, celle-ci se met à tourner. Aucune chance que cela arrive avec un superfluide car les atomes qui le constituent pointeront toujours dans la même direction. Ainsi en va-t-il de l'hélium-3 (^3He) – une va-

Les trois états de la matière sont quatre

Dans un gaz ①, les liaisons atomiques sont très faibles, les atomes se meuvent librement. Dans un liquide ②, les liaisons interatomiques sont plus fortes mais les atomes restent indépendants. Dans un solide ③, les liaisons sont fortes, les atomes sont solidaires.

Mais il existe un état de la matière moins connu : la superfluidité ④.

Dans un superfluide, les atomes, bien que faiblement liés les uns aux autres, ont un comportement collectif qui leur permet, par exemple, de garder toujours la même orientation. Lorsqu'un liquide devient superfluide, il se crée des tourbillons (⑤ et photo, à gauche), dont les prolongements forment des "cordes" ⑥.



CNRS/PMMH ESPCI

riété particulière d'hélium –, qui devient superfluide dès qu'on descend au millième de degré du zéro absolu. Le passage de l'état liquide à l'état superfluide par refroidissement est appelé "transition de phase".

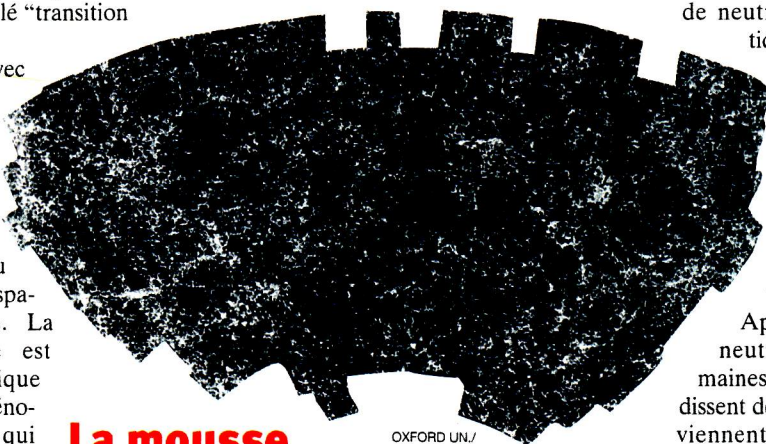
Quel lien avec les cordes ? Dans l'état superfluide, ^3He ressemble comme deux gouttes d'eau au vide de l'espace cosmique. La ressemblance est non pas physique mais phénoménologique : ce qui peut arriver à l'un, peut arriver à l'autre. La transition de phase entre l'état liquide et l'état superfluide de ^3He connaît son pendant en cosmologie : le refroidissement du vide très énergétique des premiers instants de l'Univers, conduisant au vide "froid" d'aujourd'hui.

Toujours est-il que pour reproduire un Univers miniature, les chercheurs en question – une équipe du Centre de recherches sur les très basses températures (CRTBT) de Grenoble et une équipe du *Low Temperature Laboratory* (LTL) d'Helsinki (Finlande) – ont refroidi un petit volume d'hélium à des températures proches du zéro absolu.

UNE SORTE D'APRÈS BIG BANG IN VITRO

Or, lorsqu'il devient superfluide, le ^3He change de comportement : il perd sa "symétrie". Ses atomes, qui avaient la liberté d'aller et venir dans tous les sens dans le liquide, se retrouvent liés les uns aux autres par un phénomène dit de cohérence quantique (voir *Science & Vie* n° 945, p. 60) : leur liberté de mouvement s'est restreinte, sans se figer pour autant. On dit qu'il y a eu cas-

sure de symétrie. Cette cassure va être à l'origine des caractéristiques des superfluides (pas de frottement, orientation des atomes...).



La mousse universelle

OXFORD UN/
CIEL & ESPACE

Le traitement informatique de la répartition réelle des galaxies dans l'Univers rend évident son aspect "granulaire". On aperçoit des régions "filamenteuses", témoins fossiles de l'existence passée de cordes cosmiques.

En cosmologie aussi on parle de cassure de symétrie pour désigner le phénomène qui serait intervenu une fraction de seconde après le big bang. On suppose, en effet, qu'immédiatement après le big bang, l'Univers, très chaud, était constitué d'un seul type de particules, régies par une seule force. Moins d'une seconde après, sous l'effet du refroidissement ultra-rapide, la force fut scindée en deux, puis en quatre. Ces quatre forces (gravitation, force électromagnétique, interaction forte et interaction faible) gouvernent aujourd'hui l'Univers. Depuis longtemps, les astrophysiciens cherchent des traces de cette force "originelle" pour appuyer la thèse du big bang.

Or, il se trouve que la rupture de symétrie subie par le vide après le big bang et celle qui survient lors de la transition de phase du ^3He liquide vers l'état superfluide relèvent de lois physiques reposant sur les

mêmes mathématiques ! Les chercheurs de Grenoble et d'Helsinki ont ainsi obtenu une sorte d' "après big bang" *in vitro*.

Pour ce faire, ils ont bombardé de neutrons très énergétiques du ^3He superfluide. Ces neutrons ont réchauffé des petits domaines d'hélium superfluide jusqu'au point de les rendre simplement liquides. Après le passage des neutrons, les mini-domaines liquides se refroidissent de nouveau et redevennent superfluides. Le refroidissement, très rapide, simule à échelle réduite celui de l'Univers après l'explosion initiale.

TÉMOINS "FOSSILES" DU PASSÉ DE L'UNIVERS

Qu'arriva-t-il alors ? Sous les regards éberlués des chercheurs, les mini-domaines réchauffés par le neutron donnèrent naissance à des sortes de tourbillons, ou "vortex", ressemblant fortement à des "cordes". Ces "filaments", emprisonnant des traces d'hélium liquide, dansaient au milieu d'une mer d'hélium superfluide !

Pour les scientifiques, cela signifie clairement que, lors du refroidissement ultra-rapide de l'Univers, après le big bang, la cassure de symétrie du vide entraîna la formation de tourbillons, puis de cordes emprisonnant des restes du vide originel, extrêmement dense et énergétique, sortes de témoins "fossiles" du passé chaud du vide cosmique.


La suite en découle : les cordes de vide dense attirèrent la matière environnante, dotant notre Univers d'énormes "grumeaux", lieux privilégiés de la formation des galaxies, dont la plus célèbre : notre Voie lactée. ■

INFORMATIQUE

Les mauvais comptes de l'ordinateur



FOTOGRAF-STONE



■ S'il est un dogme bien ancré, c'est celui de l'infailibilité informatique: un ordinateur ne se trompe jamais. Pourtant, sa conception est entachée d'un péché originel : il arrondit les nombres. Et ses calculs peuvent devenir de vrais calculs de dupe, s'ils se mêlent de décrire des phénomènes complexes.

PAR RENAUD DE LA TAILLE

Avis de tempête sur les programmes

Modéliser les courants atmosphériques et en tirer un programme de prévisions météo reste toujours un rêve : les valeurs données par l'ordinateur sombrent très vite dans l'incohérence.

On connaît aujourd'hui la valeur du nombre π avec plus d'un milliard de décimales tenues pour exactes, tout comme on sait factoriser (mettre sous forme de produit de facteurs) un nombre ayant quelques centaines de chiffres, ou prévoir au mètre près l'altitude d'un satellite lancé autour de Jupiter. Tout cela grâce à l'ordinateur : des calculs numériques aussi gigantesques auraient été impossibles à faire à la main. Outre les années de travail, voire les siècles, qui auraient été nécessaires, des erreurs de calcul se seraient fatalement glissées en cours de route, ce qui ruinait d'avance le résultat.

Ainsi, à la fin du XIX^e siècle, l'Anglais William Shanks avait entrepris de calculer à la main, avec un papier et un crayon, les 700 premières décimales du nombre π : ce travail lui prit 20 ans, de 1855 à 1874. En 1947, l'Américain Douglas Ferguson, avec une calculatrice électromécanique de bureau, voulut aller jusqu'à 1 000 chiffres ; il constata qu'à partir de la 528^e décimale, son résultat ne coïncidait pas avec celui de Shanks.

AVANTAGES ET LIMITES DU CALCUL ÉLECTRONIQUE

D'autres mathématiciens se mirent alors de la partie, et il fallut se rendre à l'évidence : William Shanks s'était trompé. Plus tard, les calculatrices électroniques permirent d'aller bien plus loin, aussi bien dans l'évaluation des constantes mathématiques que dans la factorisation des grands nombres entiers, à tel point que la confiance dans la sécurité des ordinateurs devint absolue.

En réalité, pour Jean-François Colonna, chercheur au CMAP (Centre de mathématiques appliquées) de l'Ecole polytechnique, cette confiance est illusoire. Certes, tant qu'il s'agit de manier des nombres simples ayant peu de chiffres, le risque de tomber sur un

NASA/CIEL ET ESPACE

■ ■ ■ résultat faux est faible, et, en général, aisément repérable.

Mais dès qu'il s'agit de calculs itératifs sur des nombres réels, l'ordinateur peut décrocher complètement de cette absolue rigueur mathématique qu'on lui prête volontiers. Pour nous le montrer, Jean-François Colonna n'a pas besoin d'aller chercher des systèmes complexes d'équations différentielles. Même un calcul simple, à la portée de tout bachelier, mène à des résultats qui ont vraiment de quoi déconcerter tous les fidèles

de l'informatique (voir notre encadré ci-dessous).

Alors qu'en principe, un ordinateur ne se trompe jamais – ré-pétons qu'il n'y a aucune faute de syntaxe ou de logique arithmétique dans les programmes –, de fâcheux désaccords portant sur des groupes de valeurs calculés par différents programmes peuvent s'afficher ostensiblement...

N'oublions pas qu'une équation peut comporter différentes notations (1). Ainsi, $4 \times 3 + 3 \times 6$ peut aussi s'écrire $3 \times 6 + 3 \times 4$ ou $3 \times (4 + 6)$. De

ce fait, dans l'exemple repris par notre encadré, $(R+1) \times X - R \times X \times X$ peut être factorisé sous les formes $((R+1) - R \times X) \times X$ ou $X + R \times (X - X \times X)$.

En Pascal, ces changements d'écriture ne modifient rien aux résultats, mais il en va tout autrement en Basic, ou lorsqu'on utilise les calculatrices Hewlett Packard 42 et Texas Instrument 92 : on obtient des résultats de plus en plus divergents à chaque itération. C'est ainsi qu'on voit apparaître 0,173 là où on attendait 1,308, ou encore 1,332 au lieu de 0,0113 : s'il s'agissait de kilomètres à parcourir à la nage, entre 1,332 km et 0,0113 km (11,3 m), il a une fameuse marge.

Même avec un ordinateur puissant, en modifiant simplement la forme donnée à l'équation, comme nous l'avons fait plus haut, on peut avoir à la 70^e itération des valeurs allant de 1,199 à 0,000009 !

COUPES SOMBRES DANS LES NOMBRES RÉELS

Pourquoi une machine à laquelle on accorde une confiance aveugle peut-elle se mettre parfois à divaguer complètement ? Pour une raison très simple, nous dit Jean-François Colonna : « les nombres réels n'existent pas dans un ordinateur. » Expliquons-nous : un nombre réel, ce peut être 2, 13 ou 811 ; ce peut être aussi, et bien plus souvent, $5/7$, $\sqrt{3}$, ou encore $\pi = 3,14159265...$, etc. Or, un circuit intégré et les mémoires qui lui sont associées ne connaissent ni

LA CALCULATRICE FAIT MIEUX

■ On considère la suite dont le terme général " U_n " se déduit du précédent " U_{n-1} " par l'équation : $U_n = (R+1)U_{n-1} - R(U_{n-1})^2$.

Pour simplifier, disons que cela revient à considérer la formule :

$Z = (R+1) \cdot X - R \cdot X \cdot X$, où R est une constante donnée ; on donne à X une certaine valeur, dite valeur initiale, qui donne une première valeur de Z ; celle-ci va alors être prise comme nouvelle valeur de X qu'on reporte dans la même équation, d'où l'on tire une deuxième valeur de Z qui sera le nouveau X , et ainsi de suite un nombre n de fois. C'est donc un calcul répétitif composé de n itérations.

Il est facile de programmer cette suite sur un ordinateur, ou même sur une simple calculatrice programmable, et de faire afficher le résultat au bout, par exemple, de 10, 20, 30, ... 70 itérations. Nous l'avons donc fait sur notre Mac+ et sur deux calculatrices de poche, Hewlett-Packard 42S

(HP 42) et Texas Instrument 92 (TI 92). Premier programme en Pascal dont l'essentiel se limite à «Repeat $X := (R+1) \cdot X - R \cdot X \cdot X$; $n := n+1$;

if $n \bmod 10 = 0$ then writeln ($x:2:3$) ; until $n > 70$; – le n n'est là que comme compteur de boucles, pour faire afficher le résultat tous les 10 tours.

En Basic, le corps de programme est tout aussi bref : «For $a=1$ to 7 : for $i=1$ to 10 : $X = (R+1) \cdot X - R \cdot X \cdot X$: next i : Print X : next a ». Ces deux programmes sont parfaitement justes. Il ne reste plus alors qu'à les lancer avec $R=3$, et $X=0,5$ comme valeurs initiales. A titre de contrôle, nous programmons la même suite sur la HP 42, puis

sur la TI 92 ; enfin, un calcul en multiprécision fournit les résultats justes (voir tableau ci-dessous) :

On constate que seule la première ligne est la même pour tout le monde ; à la seconde, au bout de 20 itérations, quelques écarts apparaissent ; dès la troisième ligne, seules les HP 42 et TI 92 restent proches du résultat vrai. A la quatrième ligne (quarantième itération), la TI 92 est encore dans la course, mais pour peu de temps. On notera qu'à la sixième ligne, la valeur juste est 0,0049 alors que les résultats affichés par nos machines s'écartent de 0,0112 à 1,254 : à ce stade, on ne parle plus d'erreur, mais de loterie.

Pascal	Basic	HP42	TI92	Multi- précision
0,385	0,385	0,385	0,385	0,385
0,418	0,422	0,419	0,419	0,419
0,616	0,406	0,0465	0,0464	0,0463
1,217	1,107	0,509	0,321	0,320
0,448	0,852	1,333	0,079	0,0622
1,254	0,0112	0,191	0,721	0,00490
0,288	0,0113	1,308	0,489	0,553

(1) En mathématiques, le symbole de la multiplication peut être " \times " ou " \cdot ". En programmation informatique, on utilise aussi " $*$ ". Nous faisons appel aux différents symboles dans cet article.



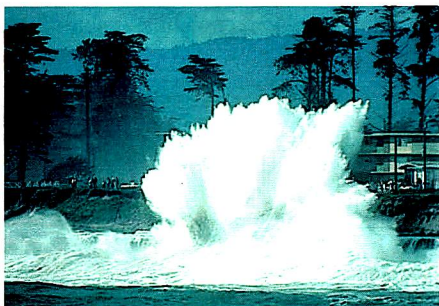
Le big bang comme si vous y étiez ?

Cette simulation du big-bang est un leurre :
aucun processeur ne peut traiter
sans erreur un événement aussi chaotique.

$5/7$, ni π , ni $\sqrt{3}$, qui sont des opérateurs symboliques : ils ne connaissent que des nombres ayant de 8 à 16 chiffres significatifs. Pour la machine, des opérateurs arithmétiques comme $5/7$ ou $\sqrt{3}$ se résument aux valeurs approchées 0,71428571 ou 1,7320508.

L'écume des nombres

L'ordinateur, qui facilite les prévisions de la météo marine, s'avère inefficace pour décrire la houle à petit échelle.



W. WOODWORTH/ANIMUT COSMOS

En réalité, $5/7$, $\sqrt{3}$ et π sont des nombres qui s'écrivent avec une infinité de chiffres. Aucun processeur n'étant capable de traiter l'infini, la machine tronque la suite des décimales et garde en mémoire $5/7 = 0,71428571$, ce qui, du point de vue mathématique, est strictement faux. Cette falsification va faire disparaître le caractère associatif de la multiplication et de l'addition, et, de ce fait, le résultat sera fatalement inexact.

Regardons ce point de plus près : une loi de composition interne notée \diamond sur un ensemble E est associative si, quels que soient a , b et c , éléments de E , on a : $(a \diamond b) \diamond c = a \diamond (b \diamond c)$. L'addition et la multiplication arithmétiques sur

les nombres réels sont des opérations associatives car $(A+B)+C = A+(B+C)$ et $(A \times B) \times C = A \times (B \times C)$. Autrement dit, on peut composer d'abord A et B , puis composer le nombre résultant avec C , ou composer A avec le nombre découlant de la composition de B avec C : le résultat sera le même.

CERTAINES PROPRIÉTÉS SE PERDENT EN ROUTE

Avec une opération non associative, telle la soustraction, on a deux résultats différents, type $A-(B-C)$ et $(A-B)-C$. Or, à partir du moment où les nombres réels sont tronqués, la multiplication n'est plus associative et mène aussi à des résultats différents, non seulement selon l'ordre des parenthèses, mais aussi selon la manière dont est faite la troncature – il en va de même de l'addition, mais l'effet est beaucoup plus faible. ■ ■ ■

■■■ Considérons par exemple le produit de nombres réels $\pi.e.e.$, où $\pi = 3,1416...$ et e (base des logarithmes naturels) = 2,71828... On prend un crayon et un papier, et on fait ce que fait toute calculatrice : comme on ne peut pas écrire l'infinité de décimales qui suivent le 3 et le 2, on coupe. En ne gardant, par exemple, que deux décimales, on a $\pi = 3,14$ et $e = 2,71$. On calcule d'abord $(3,14 \times 2,71)$ puis, en ne conservant que deux décimales du nombre obtenu, on le multiplie par 2,71; résultat, en coupant encore à deux décimales: 23,03.

Maintenant, en pratiquant toujours la troncature à deux décimales, on commence par effectuer $(2,71 \times 2,71)$, puis on multiplie le nombre obtenu par 3,14. Résultat: 23,04. Autrement dit, le nombre $(3,14 \times 2,71) \times 2,71$ diffère de $3,14 \times (2,71 \times 2,71)$ pour notre opération avec troncature. Donc, bien que notée "x", celle-ci n'est plus, au sens strict, une multiplication, puisqu'elle n'en a plus les propriétés. Et voilà pourquoi l'ordinateur a eu tout faux avec notre suite $(R+1) \times X - R \times X \times X$.

Certes, la machine ne tronque pas à 2 décimales, mais à 8, 12, voi-

renthèses. Notons aussi que, pour continuer à simuler la machine, on aurait pu procéder à des arrondis: on trouve alors, selon l'ordre des opérations, 23,05 ou 23,06. En réalité, les processeurs font les deux: la taille mémoire étant toujours limitée, il y a coupure, puis arrondi.

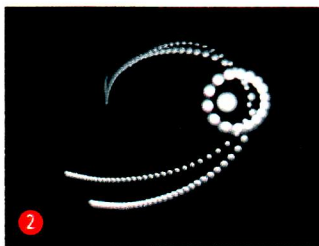
En calcul standard, un ordinateur dépasse rarement 12 chiffres, ce qui est suffisant pour traiter la majorité des problèmes classiques. En revanche, dès qu'il y a des séries de multiplications, et surtout s'il s'agit d'un système sensible aux conditions initiales, dit aussi chaotique, le défaut inhérent à la

tiales a mené à la théorie du chaos. Or les phénomènes à évolution chaotique sont très nombreux en physique, en astronomie, en biologie et même en économie. Ces phénomènes sont décrits par des équations aux dérivées partielles qui n'ont pas de solution analytique, et qu'on traite par des méthodes d'approximations successives, qui font justement appel à de très nombreuses itérations.

Toutes les simulations de processus à évolution chaotique sont donc sujettes à caution: il suffit de changer de machine, de programme ou de compilateur pour voir apparaître des solutions complètement divergentes.

Plus simple encore, comme nous l'avons vu: il suffit de déplacer une parenthèse pour obtenir des résultats entièrement différents, et faux de toute façon.

La chose peut sembler excessive? Revenons au laboratoire de

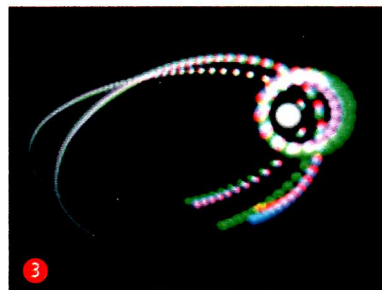


multiplication peut fausser complètement les résultats fournis par la machine.

Rappelons que ce qu'on appelle sensibilité aux conditions initiales fut découvert par Henri Poincaré, vers 1885, lorsqu'il montra que le problème de mécanique céleste dit des trois corps n'avait pas de solutions analytiques.

Dans sa démonstration, il mit en évidence le fait qu'une infime variation des conditions initiales pouvait entraîner des trajectoires complètement différentes et quasiment imprévisibles – par exemple, pour une variation de masse ou de vitesse de moins d'un milliardième, une planète pouvait tomber sur son soleil ou, au contraire, le quitter définitivement.

C'est ce qu'on appelle aujourd'hui "l'effet papillon" (Edward Lorenz, 1960). Le problème de la sensibilité aux conditions ini-



l'Ecole polytechnique. Sur l'écran d'un ordinateur, deux petites planètes colorées décrivent leurs orbites autour de deux soleils (une étoile double, pour être plus précis). En peu de temps, les trajectoires se séparent, puis finissent par diverger complètement: l'une des planètes, éjectée de son orbite, quitte même son système solaire.

LES PLANÈTES PRENNENT LA TANGENTE

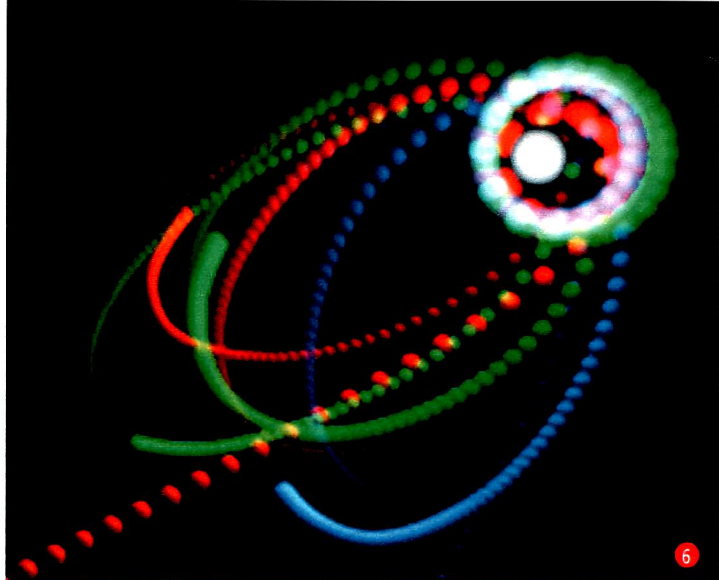
Jean-François Colonna a étudié ce qui se passe si la trajectoire des planètes est décrite par un seul et unique programme, mais calculée sur trois ordinateurs différents.

Le chaos échappe encore à toutes les prévisions

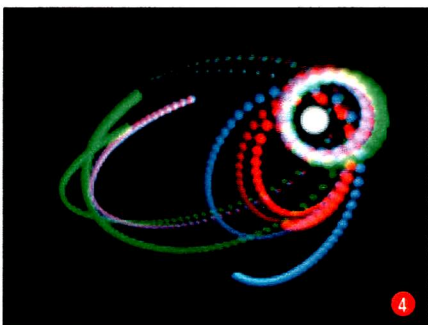
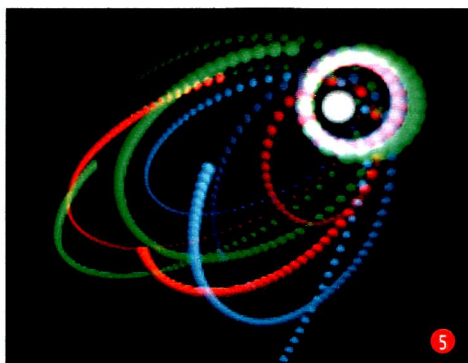
re 18 dans le meilleur des cas – ce qui revient à dire que même un entier de plus de 18 chiffres sera tronqué: il n'y a pas que les décimaux qui passent à la cisaille. Toutefois, l'effet global reste le même: la multiplication avec troncature n'est plus associative et mène à des résultats non seulement inexacts, mais différents selon l'ordre des pa-

Simulations discordantes

Modélisation d'un système stellaire ❶ composé d'une étoile double autour de laquelle tournent deux planètes. Un même programme décrit l'évolution des planètes; il est traité par trois ordinateurs différents, mais compatibles. On attribue à chaque ordinateur une couleur, puis les résultats sont superposés sur un même écran. En ❷, les orbites sont en blanc car les couleurs superposées s'additionnent: les trois ordinateurs donnent encore des résultats identiques. En ❸, les trajectoires colorées se séparent: aucune machine ne calcule plus la même orbite; de ❹ à ❻, un désaccord total s'installe: chaque ordinateur possède sa propre version de l'évolution du système.



SIMULATIONS J.F. COLONNAVECOLE POLYTECHNIQUE



Pour s'en rendre compte, il a superposé les trois séquences d'évolution des astres, en attribuant aux deux planètes d'une même séquence une couleur différente de celle des planètes des autres séquences (voir les 6 étapes de la modélisation présentées en illustration ci-dessus). Alors que les trois orbites colorées concernent les mêmes planètes, en rotation autour des mêmes soleils, et calculées avec le même programme,

elles n'ont aucun point commun, et donc rien ne permet de savoir laquelle est juste, si tant est qu'une seule le soit.

Une démonstration colorée, qui illustre à merveille la vigilance qu'il faut garder face aux ordinateurs, dès lors qu'ils ont à traiter des systèmes mathématiques complexes, qui peuvent avoir des milliards de solutions. C'est le cas, par exemple, de tous les phénomènes turbulents au sens habituel du terme: écoulement d'un fluide autour d'une aile, d'une soupape, d'une aube de turbine ou, chose qui nous concerne plus directement, circulation de l'air autour de la Terre.

Quant aux modèles de simulation planétaire, ils ne sont justes que dans le cas d'un système comme le nôtre, où la masse de la Terre ($5,98 \times 10^{24}$ kg) est négligeable devant celle du Soleil (environ

332 000 fois plus lourd) – à noter, toutefois, que les sondes interplanétaires doivent subir plusieurs corrections par rapport à la trajectoire calculée. En revanche, les systèmes multiples qu'on voit décrire de jolies courbes sur écran sont sans doute fort éloignés de ce que serait la réalité.

Pour être sûr du résultat avec les calculatrices numériques actuelles – les calculatrices analogiques seraient peut-être plus proches de la vérité – il faudrait passer au calcul dit "en multiprécision". Mais celui-ci possède un gros inconvénient: il prend beaucoup de temps, et, surtout, ce temps croît de manière exponentielle avec la précision requise. Autrement dit, faire des calculs comportant des centaines d'itérations sur des nombres ayant des centaines de chiffres peut demander des semaines, des années, ou même des siècles.

LA "MULTIPRÉCISION" N'EST PAS AU POINT

Il n'y a donc pas, pour le moment, de solution pratique à ce problème qui ne concerne, il faut le rappeler, que les systèmes complexes à évolution chaotique. Par exemple, le calcul du point de chute d'un satellite qui a quitté la trajectoire prévue...

Les Américains prennent un coup de vieux

■ Quand l'homme est-il arrivé sur le continent américain ? Il y a 50 000 ans ou 12 000 ans ?

La controverse fait rage depuis longtemps.

La découverte d'une grotte au Brésil semble donner raison aux partisans du peuplement le plus ancien.

PAR CATHERINE CHAUVEAU



L'Amérique n'est peut-être pas le dernier continent conquis par l'homme... Une grotte découverte au Brésil vient s'ajouter aux rares sites préhistoriques attestant qu'à la fin du pléistocène (1) s'épanouissaient déjà en Amérique du Sud des civilisations originales, distinctes de celles installées au Nord du continent à la même époque. Un constat qui semblerait banal s'il ne portait un nouveau coup à la thèse du peuplement récent de l'Amérique.

Pedra Pintada, dans le massif du Monte Alegre, en Amazonie brésilienne, était connue pour ses peintures rupestres – comme son nom ("pierre peinte") l'indique. Cette grotte est à présent l'un des précieux sites paléo-indiens qui jettent une faible lueur sur ce que furent les premiers Américains.

Anna Roosevelt, de l'université de l'Illinois (Chicago), et ses nombreux collaborateurs américains et européens viennent de livrer les conclusions de l'analyse des données recueillies depuis 1992.

La grotte a été occupée dès

11 200 avant nos jours, par un groupe dont les moyens de subsistance étaient diversifiés, et les outils de pierre, sophistiqués et variés. Ce qui ne cadre pas du tout avec l'hypothèse majoritairement admise depuis les années 50 sur le peuplement des Amériques ! Les spécialistes des Paléo-indiens sont en effet divisés.

FOUILLES APPROXIMATIVES

Pour les tenants de la thèse conservatrice – Américains du Nord pour la plupart –, la première culture américaine est celle des "pointes Clovis" (du nom d'un site du Nouveau-Mexique). Une civilisation caractérisée par son outillage (pointes de projectiles dont la base porte une cannelure afin d'assurer une meilleure fixation sur le manche) et par son mode de subsistance : chasse aux gros et aux moyens mammifères (mammouths, mastodontes, chevaux, camélidés, bisons). Ces premiers hommes seraient arrivés d'Asie il y a 12 000 ans, par le détroit de Béring, alors franchissable, puis seraient descendus progressivement vers le sud.

De leur côté, quelques Américains – surtout du Sud – et la majo-

rité des chercheurs européens estiment que l'homme est arrivé bien plus tôt en Amérique, autour de 50 000 ans avant nos jours. Mais ces chercheurs ont été considérés comme des fanatiques, mus non par la science mais par la foi et la provocation. Leur prémonition est en train de devenir la réalité.

La question devrait être tranchée grâce aux résultats archéologiques et anthropologiques. Encore faut-il qu'ils existent et qu'ils soient fiables ! La vision très partielle que l'on a de l'implantation humaine préhistorique en Amérique tient principalement à ce double problème. En effet, les sites paléo-indiens d'Amérique du Sud sont fréquemment peu accessibles et restent méconnus. Ceux qui ont été localisés ont souvent fait l'objet de fouilles et/ou d'études hâtives, inachevées, approximatives.

Ces sites sont, il est vrai, très difficiles à fouiller et à interpréter en raison de leur dégradation ou des perturbations de terrain entraînées par les conditions climatiques et environnementales. Cela empêche d'établir une chronologie, de déter-

(1) Le pléistocène s'étend de 1,8 million d'années à 10 000 ans BP (*before present*, c'est-à-dire avant notre présent).



D. GOLDBERG/SYGMA

Une vision du monde

Les peintures de la grotte de Pedra Pintada (ici, figure à tête rayonnante, empreintes de mains, cercles) sont-elles associées à des rites initiatiques paléo-indiens ?

miner si les vestiges anthropiques sont ou non dans leur contexte et de les mettre en relation les uns avec les autres. Autant d'informations essentielles qui manquent. De plus, les matériaux habituellement prélevables pour la datation en laboratoire sont souvent "pollués", donc peu sûrs, du fait de la mauvaise qualité du prélèvement ou des bouleversements subis au cours du temps. Les "conservateurs" avaient alors beau jeu de rejeter en bloc les preuves avancées par leurs confrères, qualifiées de douteuses. D'autant plus qu'aucun fossile humain antérieur

à 12000 ans n'a été exhumé.

C'est dans le cadre de la recherche de sites probants qu'Anna Roosevelt et son équipe ont mené une campagne de prospection systématique dans le Monte Alegre. Des preuves de présence humaine ancienne y ont été relevées depuis le XIX^e siècle, notamment des pointes de flèche finement travaillées dans la calcédoine ou le quartzite. Recueillies hors contexte archéologique et différant dans la technique et dans la forme des pointes retrouvées dans les sites des basses terres de l'Amérique du Sud datés du début de l'holocène (10000 BP), elles avaient néanmoins été estimées de cette période. Une datation peu convaincante.

Les archéologues espéraient donc découvrir des sites d'occupation humaine préservés de l'érosion holocène et de la sédimentation. Le Monte Alegre se trouve au

confluent de l'Amazone et du Tapajós. Au pléistocène, s'étendaient là des zones fertiles, cernées par la savane et par la forêt tropicale humide. Vingt et un abris sous roche, grottes et camps de plein air ont été repérés et sondés.

Dans la grotte de Pedra Pintada, l'étude stratigraphique – 2,25 m de matériaux accumulés par l'homme ou par la nature, du substrat rocheux au sol actuel – a mis en évidence deux longues phases de fréquentation humaine séparées par une période d'abandon. Les datations en laboratoire situent la première de 11200 à 9800 BP. Il s'agit donc bien de strates pléistocènes. Par bonheur, elles sont peu bouleversées et comprennent des aires de déchets intactes.

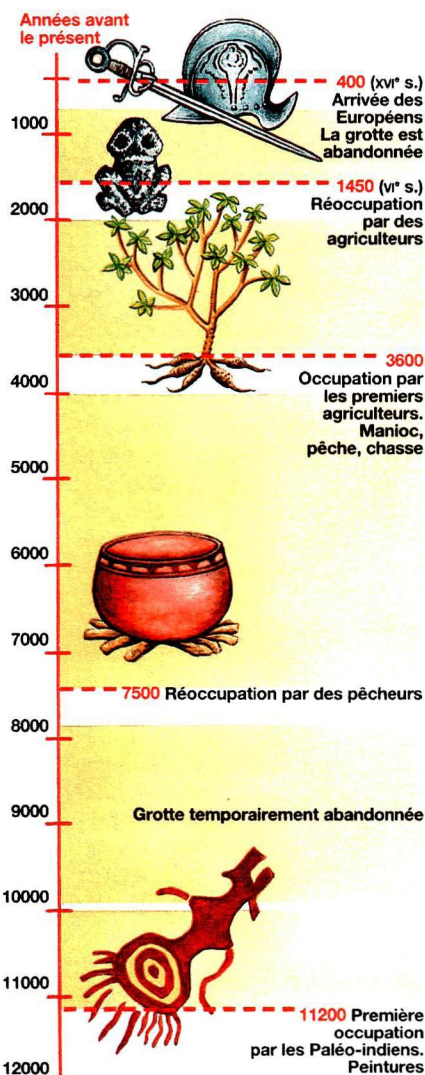
Pedra Pintada se trouve à proximité d'une source et d'un cours d'eau traversant une plaine inondable. Sa salle principale – 15 m de

■ ■ ■

■ ■ ■ longueur, 10 m de largeur et 6,5 m de hauteur – est claire et aérée. L'abri est confortable. Durant la période pléistocène, les hommes le fréquentèrent périodiquement, déplaçant progressivement leur installation, comme en témoignent les concentrations de déchets et les

11 000 ans d'histoire

La grotte de Pedra Pintada a été périodiquement occupée par l'homme depuis le pléistocène jusqu'à la conquête portugaise, au xvi^e siècle.



foyers successifs non superposés.

Que faisaient-ils là? D'abord, comme tout préhistorique qui se respecte, ils taillaient des outils de pierre! Les archéologues ont recueilli 24 outils et plus de 30 000 éclats provenant de la fabrication de matériel lithique. La technique, élaborée, est proche de celles du Paléolithique supérieur. Par percussion ou par pression, par passage au feu, les occupants de la grotte obtenaient, dans de la calcédoine, du quartz ou de la roche volcanique, des pointes, des lames, des racloirs, minces, fins, régulièrement retouchés.

D'une façon générale, ces outils s'apparentent à ceux récoltés sur les autres sites paléo-indiens d'Amérique du Sud. Leur emploi se déduit des traces d'usure qu'ils portent ou des déchets laissés dans la grotte. Certains racloirs sont lustrés et émoussés. Ils ont dû servir à travailler le bois, à creuser la terre. Quant aux pointes, elles servaient à chasser... et à pêcher. Car les plus abondants des restes de faune consommée sont ceux des poissons.

Mais les premiers occupants de Pedra Pintada se nourrissaient aussi de coquillages, tortues, serpents, oiseaux et mammifères de toutes tailles; on pourrait dire: de tout ce qui leur passait entre les mains. Les nombreux fruits carbonisés, graines et fragments de bois indiquent que les arbres de la forêt, en particulier les diverses espèces de palmiers, fournissaient aussi d'importantes ressources: parties comestibles mangées telles quelles ou transformées et matières premières (sève, bois, coque...). Les fruits de taruma (*Vitex cf. cymosa*, *Verbeaceae*) retrouvés dans la grotte, par exemple, si l'on se réfère aux usages actuels des Indiens, servaient d'appâts pour les poissons.

Ce groupe à économie de large spectre, que sa technique lithique rapproche de ceux du Paléolithique supérieur, pourrait bien avoir eu une autre de leurs compétences: l'art. En Europe, à cette époque,

disparaît la dernière culture du Paléolithique supérieur, le Magdalénien, célèbre pour ses œuvres d'art (grottes ornées, pierres gravées, travail de l'os, du bois de cervidés, de l'ivoire), et se développent les cultures mésolithiques, transition vers le Néolithique.

Pour Anna Roosevelt, la majeure partie des peintures rouges et jaunes ont été réalisées sur les parois de la grotte Pedra Pintada par les groupes du pléistocène. Or, elles sont habituellement considérées comme holocènes, bien sûr! Les pigments rouges (oxyde de fer) ne peuvent être datés directement en laboratoire. Mais ceux qu'on a prélevés sur les peintures seraient, pour la plupart, physicochimiquement semblables à ceux qu'on a trouvés sous forme de blocs dans les couches pléistocènes. Cependant, quand, comme ici, les peintures rupestres ne sont pas recouvertes par les couches anthropiques, les associations entre elles doivent être considérées avec prudence.

ALORS, D'OÙ VENAIENT-ILS?

En se fondant sur cette activité picturale et sur la consommation de certains fruits, mises en relation avec les pratiques rituelles actuelles, Anna Roosevelt propose que la grotte de Pedra Pintada ait été un lieu d'affirmation du territoire ancestral et de célébrations initiatiques. Le rapprochement entre cultures préhistoriques et cultures primitives actuelles est tentant, mais donne des résultats aussi excitants qu'illusoire.

En tout cas, les groupes qui s'établirent à Pedra Pintada à la fin du pléistocène sont fort dissimilaires des groupes chassant au nord à l'aide de pointes Clovis: ils ne peuvent donc en dériver. Il faut chercher leur origine dans des populations préexistantes. Quand, comment et d'où sont-elles venues? La controverse se poursuit autour du fabuleux périple de l'homme préhistorique et de sa remarquable adaptabilité. ■



ÉCOLOGIE

La révolution scientifique

■ Agée de 130 ans, l'écologie est une science jeune, en pleine effervescence. Elle vit aujourd'hui une triple révolution, tant de ses concepts que de ses méthodes et de ses techniques. Pour comprendre l'évolution des organismes vivants, on a rangé le filet à papillons du naturaliste ! Les techniques de la biologie moléculaire l'ont remplacé. Et, pour appréhender les grands bouleversements de notre planète, les chercheurs utilisent satellites et modèles informatiques. Carrefour de multiples disciplines, agitée de vifs débats théoriques, l'écologie est à la recherche d'une synthèse.

PAR VINCENT
TARDIEU

Dans l'Ecotron britannique, Hefin Jones et Richard Woodfin analysent l'impact d'une augmentation du CO₂ sur les plantes et les insectes.



■ Cent ans d'adolescence
p. 84

■ Discours sur la méthode
p. 88

■ La mutation technologique
p. 94

■ Le sésame des écologistes
p. 98

Cent ans d'adolescence

■ En plein essor, l'écologie n'en finit pas de se chercher. Histoire agitée d'une discipline hybride, à la croisée des sciences expérimentales. ■

Fécondée autant par la biologie que par la géographie, par la thermodynamique que par les mathématiques, enrichie par l'accumulation de données collectées sur le terrain depuis trois siècles, stimulée par une demande sociale tous azimuts et propulsée par de nouvelles techniques d'analyse, l'écologie, science centenaire, est entrée en révolution. Plus précisément, dans une sorte de crise de croissance, où l'ensemble de son corpus théorique semble redéfini. Et ce n'est pas le moindre des paradoxes – apanage, sans doute, de toute science en plein essor – que de douter autant de ses concepts que de ses méthodes et de ses résultats. Deux raisons fondamentales la poussent à cela.

Tout d'abord, son objet : la Terre et les organismes qui la composent constituent un système dynamique d'une formidable complexité et d'une grande variabilité, où se mêlent plusieurs échelles d'espace et de temps.

Ensuite, le fait que cette science-carrefour ait réuni au fil des décennies des chercheurs venus de toutes les sciences expérimentales, aux approches et aux connaissances diverses. Les tentatives d'intégration successives, le besoin de synthèse, d'un savoir unifié qui articule au sein d'une vision globale les approches diverses du monde, n'ont fait que précipiter les mutations théoriques et épistémologiques.

Pour mieux comprendre l'enjeu de cette révolution, à l'œuvre depuis une décennie, rappelons l'histoire de l'écologie : un parcours en quatre grandes étapes.

LE TEMPS DES PIONNIERS

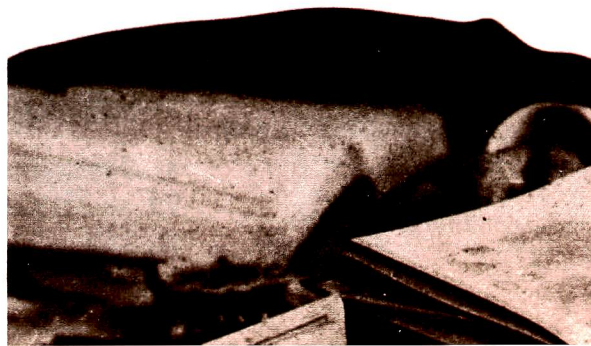
D'abord, l'ère des pionniers, avec l'écologie naturaliste. Si le mot d'oekologie a 130 ans exactement, cette science est vieille d'à peine

plus d'un siècle. C'est en 1893 qu'une poignée de botanistes américains, réunis à Madison, dans le Wisconsin, s'empare de ce mot inventé par le biologiste allemand Ernst Haeckel, pour jeter les bases d'une nouvelle science : l'écologie. « La science des rapports des organismes avec le monde extérieur », note Haeckel en 1866. Plus significatif encore, le 12 avril 1913, une cinquantaine de naturalistes britanniques fonde à Londres la première société d'écologie, la British Ecological Society – toujours active de nos jours.

Déjà dominée par les Anglo-Saxons, longuement modelée par les botanistes, les zoologistes puis les géographes, cette science est largement descriptive et qualitative. On y retrouve l'empreinte des travaux d'Aristote, de Théophraste, de Linné, de Buffon et de Humboldt.

LES ZOOLOGISTES S'EN MÈLENT

Rapidement, l'écologie passe à une deuxième étape : celle des microcosmes et de la découverte des complexes d'espèces. Avant la fin du XIX^e siècle s'affirment en effet deux notions clés pour la compréhension des communautés naturelles : celle de biocénose (ou "communauté de vie") par le zoologiste allemand Karl Möbius, qui la découvre chez les huîtres ; et celle de microcosme par l'entomologiste américain Stephen A. Forbes, qui l'étudie, lui, dans un lac de l'Illinois. D'autres concepts apparaissent ou sont redéfinis dans les années 1920-1930, grâce, en particulier, à l'essor de la zoologie : chaînes et réseaux alimentaires, niches, pyramide des nombres...



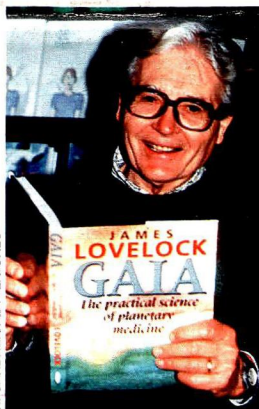
En fait, l'écologie va s'affirmer aussi hétérogène que son objet. Confrontée à une grande diversité de registres et de terrains, elle est appréhendée de deux points de vue : celui de la dynamique des populations, pétri par les concepts évolutifs de Charles Darwin et d'Alfred Russel Wallace (sur la sélection naturelle comme moteur de la diversité) ; et celui de la biosphère et des cycles biogéochimiques, abreuvé, entre autre, par les œuvres de Lavoisier (sur les cycles des éléments de base de la chimie du vivant), de Pasteur (sur le rôle des micro-organismes dans ces cycles) et de Saussure (sur les mécanismes de la nutrition des végétaux).

Ces deux approches recoupent des spécialités scientifiques et des traditions nationales différentes. En schématisant, on peut dire que les Anglo-Saxons excellent dans la première catégorie, tandis que Russes puis Soviétiques marquent la seconde dans les années 1915-1935. Quant à la France, malgré une brillante école géographique et de solides traditions naturalistes, tout empêtrée dans les dogmes de sa "pensée unique", le poids de la phytosociologie et un cloisonnement dramatique des savoirs, elle manque le coche de l'essor écologique.

DU BIOLOGISTE...

Inventeur, en 1966, du concept d'"écologie" et vulgarisateur des théories de Darwin, le biologiste allemand Ernst Haeckel est l'un des fondateurs de cette science.

R. GARDNER/REX FEATURES



... AU NON-CONFORMISTE

Pour le Britannique James Lovelock, la Terre est une sorte de super-organisme vivant capable de s'autoréguler. Une théorie très controversée...

L'INVENTION DE L'"ÉCOSYSTÈME"

Troisième étape : l'écologie quantitative et systémique. Alimentée, depuis les années 20, par d'âpres polémiques sur certaines théories décrivant la dynamique des milieux naturels (telles que celle du "climax", censée expliquer des situations de stabilité des communautés forestières), l'écologie s'enrichit d'un mot presque magique : celui d'"écosystème", défini pour la première fois en 1935 par le Britannique Arthur G. Tansley. Combattant l'idée du botaniste américain Frederic Clements, qui compare les communautés végétales à un super-organisme, Tansley préfère parler de quasi-organisme, d'un système de représentation intellectuelle « incluant non seulement le complexe des organismes mais aussi tout le complexe des facteurs physiques » qui constitue l'habitat. Et de préciser : « Les systèmes ainsi formés sont, du point de vue de l'écologiste, les unités de base de la nature »

AKG PHOTO

ture ■ ■ ■

■ ■ ■ à la surface de la Terre.»

Curieusement, alors que l'essentiel du corpus théorique de l'écologie semble être réuni dès les années 30 (le concept de "biosphère" est même apparu en 1875), il faut attendre trois décennies supplémentaires avant que ces notions clés soient reprises et fécondent les travaux des écologistes. Peut-être cette nouvelle représentation du monde est-elle trop novatrice pour être adoptée aussi vite ? Il faut dire que la difficulté des vérifications expérimentales à l'échelle naturelle (lire l'article suivant) n'a guère aidé à l'intégration de ces concepts.

L'AVÈNEMENT DE L'ÉCOLOGIE GLOBALE

Toujours est-il que, dans les années 40, on tente de représenter et de quantifier les complexes vivants par une nouvelle approche : la thermodynamique. Pour les écologistes américains, et notamment leur chef de file, Raymond Lindeman, tout est dans l'énergie ! La quantification des flux énergétiques sous forme de budgets et de diagrammes triomphe dans les champs de maïs de l'Illinois et les lacs du Wisconsin... Production, productivité, efficacité, rendement sont devenus les maîtres mots de l'analyse écosystémique américaine. Pourtant, comme le souligne le physicien Jean-Paul Deléage (1), « l'analyse de la complexité et de la diversité des écosystèmes ne saurait se concevoir sans le recours à d'autres concepts et d'autres méthodes que la comptabilité en calories ». Place à l'écologie globale ! Place aux équations mathématiques et aux modèles de simulation !

Deux courants globalisant émergent en parallèle. Le premier se développe dans les années 20 avec le géochimiste soviétique Vladimir Vernadsky, autour du concept de biosphère, apparu au siècle dernier. Un concept qu'il définit ainsi, à partir d'importantes études chimiques et génétiques des sols : « Toute la matière vivante peut être envisagée comme un ensemble indivisible dans le mécanisme de la biosphère. » Cette vision "organicienne" et holistique (du grec *holos*, entier), qui nourrira le développement des grands programmes d'études internationaux géophysiques et climatiques, et mettra la Terre sous la surveillance de satellites de télédétection, est reprise cinquante ans plus tard par le médecin britannique James Lovelock, pour qui la biosphère s'apparente à un super-organisme vivant qui s'auto-régule. Sa "théorie de Gaïa" (nom de la déesse

Terre chez les Grecs anciens) est vivement contestée. Avec ses modèles de pâquerettes, de renards et de petits lapins, elle emprunte autant à la mythologie qu'à la science.

Le second courant de l'écologie globale, lui, va dominer. Initiée par les biomathématiciens européens Alfred Lotka, Vito Volterra puis Georges F. Gause dans les années 30, cette approche est formalisée en 1972 par les Américains Robert MacArthur et Edward O. Wilson, puis brillamment théorisée en 1985 par l'Australien Sir Robert May, installé en Grande-Bretagne.

LA NATURE EN ÉQUATIONS

Le décor (la biosphère) est en place, les personnages (les organismes vivants), clairement identifiés. Il ne reste plus aux écologistes qu'à

LA STRATÉGIE DU CRIQUET

Inspirés par la physique non linéaire et par la théorie du chaos (à droite, un "attracteur étrange"), des théoriciens parviennent à prédire la dynamique du développement de colonies d'insectes.



(1) *Histoire de l'écologie. Une science de l'homme et de la nature*, La Découverte, 1991.

passer à l'action, à rendre compte des incroyables oscillations cycliques qu'ils observent dans la nature... Une sacré gageure ! Lotka imagine d'élémentaires équations pour représenter la variation des populations du couple hôte-parasite, Volterra s'attaque aux fluctuations du couple lièvre-lynx, et Gause, figure emblématique de l'école russe, donne à ces équations une base expérimentale : ses cultures de diverses espèces de paramécies dans des tubes à essais visent toutes à vérifier ses modèles mathématiques de fluctuations et à préciser la notion de niche écologique. Notion qui ne cessera d'être redéfinie au cours du siècle. Rigoureuse, l'approche de Gause révèle l'existence d'oscillations que n'ont pas prévues Lotka et Volterra. Et, surtout, elle rend compte de plusieurs fa-

cettes de cette fameuse lutte pour la vie à l'intérieur des populations décrite par Darwin.

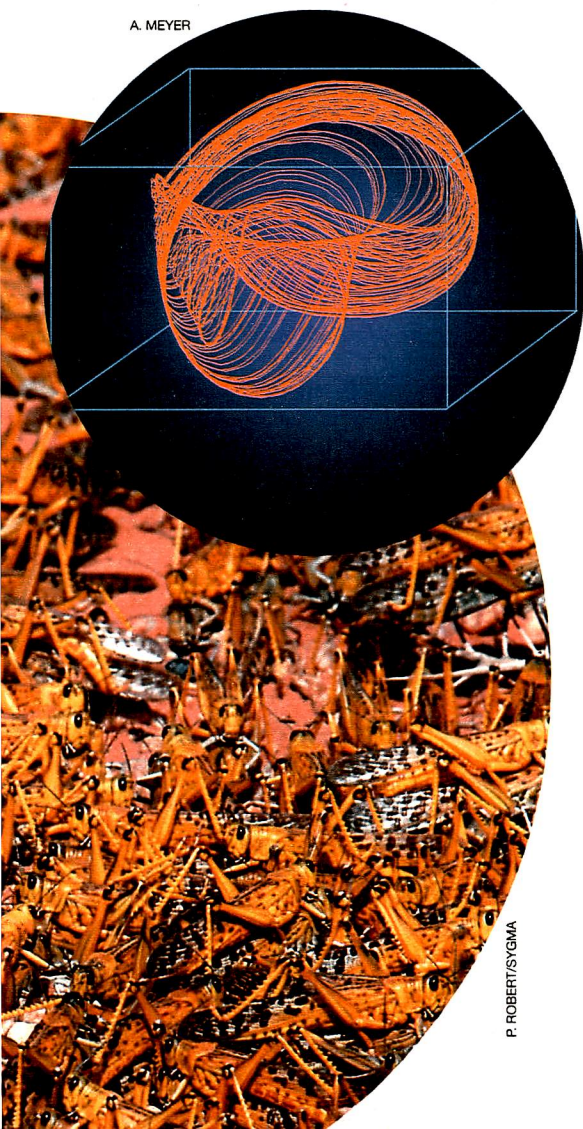
Dans la foulée, plusieurs écologistes anglosaxons avancent, sous forme d'équations, des indices de diversité relative entre espèces d'un écosystème. Affinés peu à peu, ces indices deviennent de précieux instruments de calcul pour l'écologie. Mais c'est la "théorie de l'équilibre dynamique", créée par l'écologiste et mathématicien MacArthur, qui est sans doute la plus aboutie. En expliquant les phénomènes de régulation de la biodiversité au sein de milieux naturels hétérogènes, stables ou changeants, et notamment dans les îles, par des considérations génétiques, par des processus d'immigration et d'extinction, ainsi que par diverses stratégies alimentaires, cette théorie englobe à la fois la biogéographie, l'évolution et l'écologie. Elle impose du même coup, comme l'écrit le biogéographe français Jacques Blondel (2), « une nouvelle orthodoxie ».

LE CHAOS REPREND SA PLACE

Jusqu'à ce que l'Australien Bob May donne un grand coup de pied dans toutes ces constructions algébriques sur la diversité, qui ne résistent pas toujours à l'observation de terrain. Inspiré par la physique non linéaire et la mathématique du chaos, ce physicien installé à Oxford modifie radicalement le regard porté sur notre environnement. Ses systèmes d'équations non linéaires restituent de façon réaliste l'alternance d'évolutions brutales (chaotiques) et d'oscillations périodiques, souvent de grande amplitude, des populations au sein d'un écosystème. Ils peuvent ainsi décrire les curieuses explosions cycliques de certaines populations qu'aucune théorie, déterministe ou aléatoire, n'expliquait jusqu'ici. Mieux : en montrant que des modèles déterministes peuvent donner naissance à un comportement aléatoire, Bob May réconcilie les deux points de vue. Et cette approche non linéaire n'a pas qu'une portée théorique : elle s'avère aussi très utile lorsqu'on cherche, par exemple, à gérer des ressources halieutiques, à conserver des espèces sauvages ou à vacciner des populations.

Depuis les années 80, cette approche irradie la majeure partie des travaux et des réflexions de l'écologie contemporaine. Elle en précipite les mutations tout en lui conférant une certaine respectabilité scientifique. Elle tend aussi vers cette fameuse loi unique qui décrirait la complexité et la diversité du monde vivant sur notre Terre – véritable quête du Graal de l'écologie moderne. ■

(2) *Biogéographie et Ecologie*, Masson, 1979.



A. MEYER

P. ROBERT/SYGMA

Discours sur la méthode

■ **Comment percer les secrets du vivant ? Entre les partisans des expériences de laboratoire et les inconditionnels du terrain, la polémique fait rage.** ■

Si grenouilles, crapauds et autres salamandres se raréfient de par le monde, c'est la faute aux ultraviolets-B, qui augmentent avec l'amincissement de la couche d'ozone. Voilà, du moins, ce que révèlent en 1994 Andrew Blaustein et ses collègues de l'université de l'Oregon. Leurs preuves ? Un taux de survie plus élevé parmi les œufs de grenouille et de salamandre protégés en laboratoire de l'exposition aux ultraviolets que parmi les œufs découverts. L'équipe de l'Oregon souligne en outre que les espèces dotées d'une forte concentration naturelle de photolyase, une enzyme qui répare les dommages causés par les rayons ultraviolets, s'en sortent mieux que les autres.

A l'époque, cette démonstration impressionne fort la grande presse qui, comme le *New York Times*, titre sur les premières victimes du "trou" d'ozone. Les scientifiques, eux, restent plus circonspects. L'année dernière, à Saint Louis (Missouri), lors de la session annuelle de la société américaine des zoologistes, Joseph Bernardo, de l'université du Texas, a même eu la critique acerbe : « Cette étude s'appuie bien peu sur des données quantitatives de terrain à long terme. » L'équipe de l'Oregon a omis de vérifier si les taux d'UV-B ont réellement augmenté au cours des dix dernières années (période durant laquelle les amphibiens se sont raréfiés, selon Andrew Blaustein) et d'examiner d'autres explications possibles à cette mortalité des œufs de batraciens (par exemple, un champignon connu pour s'être diffusé parmi des communautés de grenouilles du Nord-Ouest des Etats-Unis).

Sur la défensive, Blaustein a rétorqué qu'il n'existe aucune collection de données décennales sur les ultraviolets ; et que son équipe a testé

d'autres pistes comme les pluies acides, les polluants atmosphériques et la destruction des habitats, mais qu'ils n'ont rien trouvé. Et d'ajouter que, sur environ quinze sites différents observés, tous les œufs morts étaient exposés au rayonnement ultraviolet. « Nous ne trouvons aucune autre cause possible pour expliquer cette mortalité. » Une preuve par défaut, en somme...

Consciente que « les UV ne sont certainement pas l'explication universelle du déclin des amphibiens », son équipe examine aujourd'hui de nouvelles pistes en laboratoire – en particulier une possible synergie entre le rayonnement UV-B et l'activité des champignons (1).

LA NATURE EN BOUTEILLE

Derrière cette banale polémique scientifique subsiste une véritable divergence d'approche : « Chez les jeunes scientifiques comme moi, il y a un peu de révolte contre ce genre d'études superficielles », explique Joseph Bernardo. Pour lui, c'est uniquement en couplant un schéma d'expérience très précautionneux à une longue période d'observation des écosystèmes et de leurs habitants que les écologistes ont quelque chance d'obtenir des résultats significatifs.

Biologie des "bottes dans la boue" contre biologie de laboratoire ? « Le fait scientifique en écologie est de même nature qu'ailleurs, en ce sens qu'il est passible de vérification, de contestation, de substitution », assurent les écologistes Jean-Marie Legay, de l'université Lyon I, et Robert Barbault, de Paris VI (2). En somme, le seul facteur limitant son élucidation réside dans les techniques disponibles... Pas si simple, en vérité ! Car l'écologie a ceci de particulier que son objet – le monde vivant – résiste souvent à l'analyse. Et ses investigateurs doivent créer de nouvelles méthodes pour percer à jour ses secrets, ses cycles et ses lois. Les pièges de l'enquête écologique sont légitimes, et les illusions, cruelles.

Comme l'illustre cette affaire de batraciens,

(1) *Science*, 21 juillet 1995 (vol. 269) ; *Ecology*, avril 1996 (vol. 77, n° 3), revue de la société américaine d'écologie.

(2) *La Révolution technologique en écologie*, Masson, 1995.

DES PRAIRIES SOUS CONTRÔLE

Qu'elles soient conduites en champ (ci-contre, dans le Minnesota) ou en laboratoire (ci-dessous, en serre), certaines expériences en "milieu contrôlé" sont très décriées par les jeunes rénovateurs, qui leur reprochent d'être trop "artificielles".



PR G. DAVID TILMAN



PHOTO X - TOUS DROITS RÉSERVÉS

depuis quelques années, la communauté écologique est secouée par d'intenses débats entre les divers clans et écoles, tenants de théories et d'approches diverses. En fait, jamais peut-être les scientifiques ne s'étaient interrogés avec autant d'ardeur sur ce qu'"expérimenter" veut dire ; sur la possibilité de "mettre la nature en bouteille" pour mieux l'étudier, en recréant des "microcosmes" en laboratoire ; sur la pertinence de leur modèles mathématiques de simulation ; et sur l'esquisse des premières "manips" d'écosystèmes en vraie grandeur.

Rendant compte de cette effervescence, deux grandes revues scientifiques américaines, *Science*

et *Ecology*, viennent de consacrer chacune un numéro spécial (1) à cette "révolution de la méthode" où s'affrontent expérimentateurs, rénovateurs et francs-tireurs.

Comme le fait remarquer Wade Rouch dans *Science*, une révolution semble en fait chasser l'autre. Ce mouvement des jeunes rénovateurs est une réaction à ce qui apparaissait déjà, trente ans plus tôt, comme une sorte de révolution, avec l'apparition des expériences en champ et en laboratoire contrôlé – qui ont représenté pas moins de 60 % des études pu-

bliées entre 1987 et 1991 dans les principales revues spécialisées (*Ecology*, *Oecologia* et *Oikos*), selon l'analyse de Robert Holt, de l'université du muséum d'histoire naturelle du Kansas.

« Cette poussée vers l'expérimentation, qui a débuté dans les années 60, résulte d'un "désir de physique", celui d'être une science dure », estime l'écologiste William Resetarits, de l'Illinois Natural History Survey. Mais cet effort pour valoriser l'écologie expérimentale a eu un effet pervers : « A présent que nous avons insufflé aux écologistes le goût de la rigueur, nous les avons peut-être tiré un peu trop loin des racines de l'écologie », ajoute le chercheur.

Un peu trop loin de la nature... « Lorsque vous généralisez ces résultats – particulièrement pour appliquer certains principes écologiques à la conservation et à la protection de la biodiversité –, vous prenez le risque de produire de la "mauvaise science", qui peut être reprise par les gestionnaires des ressources naturelles avec des effets désastreux », ajoute Arthur Dunham, écologiste à l'université de Pennsylvanie.

A l'origine de ces généralisations abusives, on trouve aussi un manque de maîtrise de l'outil statistique par nombre d'écologistes (et de biologistes), dans un domaine où la réponse à un ■ ■ ■

LE POINT SUR L'ÉCOLOGIE

■ ■ ■ problème est rarement binaire (« oui » ou « non ») mais s'exprime en termes de probabilités, et comporte de substantielles marges d'erreur. La rigueur exigerait que les équipes testent davantage d'hypothèses et tiennent compte de leurs résultats avant de conclure.

Pour Stephen R. Carpenter, du Center for Limnology de l'université du Wisconsin, à Madison, « la taille et la durée des expériences de "microcosmes" excluent ou distordent d'importantes caractéristiques des écosystèmes. Certains processus et organismes sont trop grands, trop étendus, ou trop lents pour qu'on les inclue dans de telles expériences. C'est le cas, par exemple, des phénomènes atmosphériques de turbulence, ou encore d'organismes comme les loups, les saumons ou les arbres. » D'autres processus, tels que la régénération des nutriments du sol, la production planctonique ou la biomasse bactérienne, changent si rapidement qu'ils peuvent atteindre des taux et des densités de populations peu réalistes au cours des expériences de laboratoire.

DES RATS ET DES FOURMIS

Seul remède à de telles carences, pour Joseph Bernardo : « Intégrer plus de complexité et de multiples causalités à nos schémas d'expérience. » Et ces rénovateurs de prendre en exemple les travaux de James H. Brown, un écologiste de l'université du Nouveau-Mexique. Sur deux douzaines de parcelles d'un quart d'hectare chacune, dans le désert du Chihuahuan (sud-est de l'Arizona), Brown et ses collègues ont passé les dix-huit dernières années à manipuler un facteur après l'autre. Objectif : expliquer les relations prédateurs-proies et la répartition des espèces dans des populations de rats granivores, de fourmis et de plantes à graines (*Science*, 10 février 1995). A certains moments, les chercheurs ont

bloqué l'entrée de telle ou telle espèce de fourmi pour étudier les effets d'une baisse de compétition. A d'autres, ils ont clôturé les parcelles pour les protéger des rongeurs, puis ils ont examiné les changements qui en résultaient dans le couvert herbeux, et les effets en chaîne sur les autres espèces. « Ces expériences ont été fastidieuses, coûteuses et difficiles, mais, au bout du compte, très réalistes », commente Joseph Bernardo.

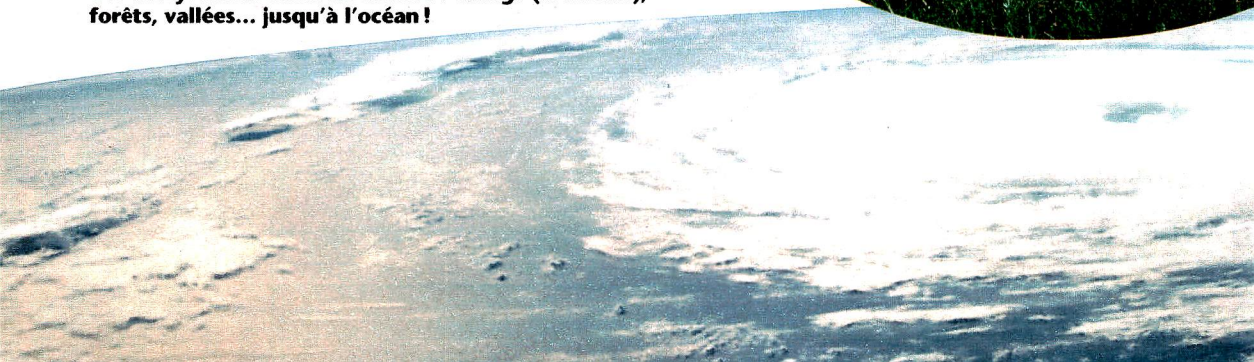
ELOGE DE LA RÉPÉTITION

Seconde exigence pour réussir une expérience écologique : vérifier que l'effet obtenu n'est pas dû à la variabilité naturelle du système étudié mais bien aux paramètres considérés. Une évidence trop souvent négligée... Pour cela, la répétition de la même expérience, à l'identique et dans divers sites, est essentielle. C'est l'un des grands mérites de David Tilman et de son équipe du département d'écologie de l'université du Minnesota d'en avoir tenu compte au cours de son étude de la biodiversité des prairies du Minnesota. Il a ainsi apporté une preuve expérimentale solide que les prairies riches en espèces sont plus résistantes aux ravages de la sécheresse et plus dynamiques que les moins diversifiées. En d'autres termes, il a montré que plus un milieu est riche en espèces, mieux il se porte.

J. ROCHE/BIOS

DES CHERCHEURS SE JETTENT À L'EAU

Certains écologistes n'hésitent pas à "manipuler" des écosystèmes naturels entiers : étangs (ci-dessus), forêts, vallées... jusqu'à l'océan !



Publiée dans la revue *Nature* (22 février 1996), cette démonstration magistrale s'appuie sur deux saisons d'observation de 147 parcelles de prairie, mesurant 3 m x 3 m chacune et présentant les mêmes caractéristiques du sol et les mêmes teneurs en azote minéral... Du jamais vu ! Ces lots ont été ensemencés par des graines de 1, 2, 4, 6, 8, 12 ou 24 espèces natives des prairies d'Amérique du Nord. La composition des parcelles a été déterminée par tirage au sort ("randomisation") parmi les 24 espèces sélectionnées, afin d'être sûr que l'effet observé n'était pas dû à une ou à plusieurs espèces particulières, mais bien à un niveau précis de diversité (soit 1, 2, 4, 6... ou 24 espèces). Pour chacun de ces niveaux de diversité, vingt combinaisons d'espèces au minimum ont été étudiées sur des parcelles différentes.

Les résultats sont éclairants : plus les parcelles sont diversifiées et plus elles utilisent l'azote du sol – le nutriment qui fait le plus fréquemment défaut aux cultures. Cela a été mesuré en milligrammes de nitrates et d'ammonium par kilo de sol, dans la zone des racines des plantes.

L'élégance de cette étude est encore d'être allée vérifier ces résultats en prairie naturelle : les chercheurs ont pu confirmer cette relation entre diversité et productivité grâce à l'étude de 120 parcelles dans 30 prairies sauvages nord-américaines. « Une conception expérimentale ingénieuse, et un travail de terrain herculéen ! » a salué Peter Kareiva, zoologiste à l'université de Washington.

DU SIMPLE AU COMPLEXE

Reste que David Tilman et bien d'autres expérimentateurs en écologie trouvent très excessives les critiques des jeunes rénovateurs. Dans une lettre collective adressée à la revue *Science* (27 octobre 1995), 24 scientifiques réaffirment la qualité des expériences menées en champ et en laboratoire. Jamais, ajoutent-ils, les effets écologiques multiples des changements globaux en envi-

ronnement ne seront élucidés sans l'aide de la théorie et d'expériences plus réductionnistes, tels que les simulations informatiques et les expériences de laboratoire. « Si nous ne commençons pas par des systèmes simples, nous ne comprendrons jamais ce qui se passe plus avant », résume John Lawton, directeur du centre britannique de biologie des populations (CPB) de Silwood Park, qui a initié, ces dernières années, d'importantes études de microcosmes au sein des chambres contrôlées de l'"Ecotron" (lire l'article suivant).

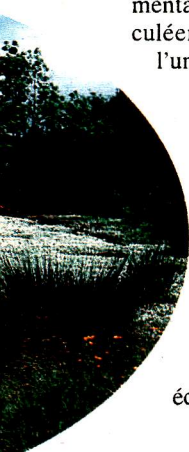
« En écologie, les microcosmes servent de laboratoires de substitution, dans lesquels les contraintes logistiques typiques des champs d'expérimentation sont moins pesantes », renchérit James A. Drake, de l'université américaine du Tennessee. « Les microcosmes sont facilement répliqués et offrent un contrôle précis des facteurs environnementaux. Ils permettent aussi de manipuler et de contrôler les problèmes d'hétérogénéité spatiale. »

Si, jusqu'ici, la majorité des études de laboratoire impliquaient des organismes de petite taille et au temps de génération court (bactéries, phytoplanctons, insectes), à présent, les écologistes se sont lancés dans des expériences plus sophistiquées, intégrant, comme dans l'Ecotron britannique, des "fragments" de nature, véritables complexes d'espèces, avec plantes, herbivores, parasites et détritivores. Ce qui estompe la distinction entre microcosmes et études en serre ou en champ expérimental. Paradoxe : pour James Drake, « c'est la complexité inhérente à la nature qui rend l'usage des microcosmes de laboratoire à la fois souhaitable et valide : en réduisant puis en augmentant la complexité d'une façon contrôlée, les microcosmes de laboratoire permettent l'examen d'une large gamme de dynamiques d'un système. »

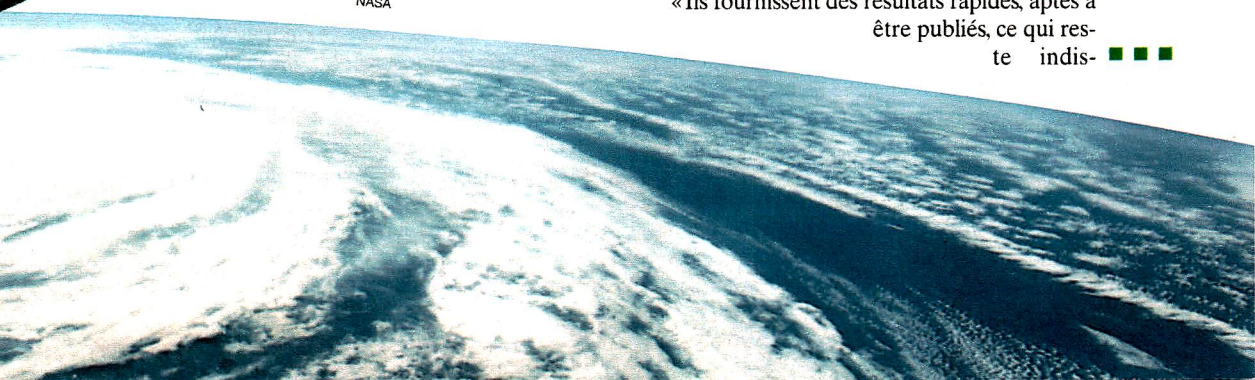
En plus de la répliquabilité, de la maîtrise des variables de l'environnement et de la facilité de manipulation, les microcosmes offrent un avantage plus pragmatique – que souligne, non sans ironie, Stephen R. Carpenter, du Center for Limnology de l'université du Wisconsin, à Madison :

« Ils fournissent des résultats rapides, aptes à être publiés, ce qui res-

te indis-



NASA



■ ■ ■ pensable pour développer une carrière. Leurs coûts peuvent être modestes, ce qui en fait des expériences séduisantes pour des thèses de doctorat. En outre, les expériences de laboratoire gardent les écologistes sur le campus, où l'administration souhaitent les voir demeurer plutôt que de voyager vers des terrains d'études éloignés. Des avantages non négligeables dans la compétition que se livrent les sciences de l'environnement et la biologie moléculaire dans de nombreux départements de biologie... »

DU TEMPS ET DE L'ESPACE

L'avenir en écologie ? Il réside évidemment dans la pluralité des méthodes. « Il y a trente ans, les écologistes étaient soit des théoriciens, soit des expérimentateurs, soit des naturalistes, rappelle David Tilman. Mais, tandis que de nouvelles générations sont arrivées, un nombre toujours plus grand d'individus ont acquis des qualifications dans les trois disciplines. L'écologie avancera plus rapidement à travers une combinaison équilibrée des différentes approches. »

Reste que passer de l'une à l'autre et comparer les données obtenues n'a rien d'évident. Ne serait-ce que pour une question d'échelle : pour tenter de comprendre la variabilité naturelle d'un site et saisir les processus écologiques subtils et rares à l'œuvre dans la nature, la science a besoin de temps. De beaucoup de temps, même. Ce qui, en d'autres termes, signifie que l'écologie expérimentale nécessite plus de moyens financiers et humains pour être pertinente.

Problème d'échelle de temps, mais aussi d'échelle spatiale : comment comparer des modèles climatiques qui utilisent des images satellitaires représentant des carrés de 500 km x 500 km avec des parcelles écologiques de la taille d'un court de tennis ? A l'évidence, un pont méthodologique entre ces deux échelles reste à inventer. Ainsi, pour prendre en compte l'histoire naturelle d'un site expérimental, il faut souvent élargir ses limites. En effet, de nombreux facteurs, tels que la mobilité, la dispersion et les interactions entre espèces, qui peuvent avoir une influence sur l'évolution d'une parcelle, n'apparaissent souvent qu'à une plus vaste échelle. Si les répétitions d'une même expérience sur des parcelles voisines pallient parfois le manque de temps et d'espace, elles restent en pratique limitées, du fait de leur coût, des politiques réglementaires et du caractère unique de l'écosystème à étudier.

Il n'empêche : depuis quelques années, plusieurs écologistes se sont jetés à l'eau et n'ont pas craint d'élargir leur champ d'expérience à un écosystème naturel entier. C'est ce que font,

LE CASSE-TÊTE DE LA

■ Pour décrire l'évolution d'un système naturel, écologistes et mathématiciens sont confrontés à de sérieuses difficultés. Leurs modèles de simulation du réel, empruntés aux militaires (qui les utilisent depuis une bonne vingtaine d'années), comportent des séries d'algorithmes aussi longues que complexes. On est bien loin des équations élémentaires des années 30...

A présent, résume David Hill (1), de l'Institut supérieur d'informatique, de modélisations et leurs applications (ISIMA), à Clermont-Ferrand, « les modélisateurs en écologie sont confrontés à quatre difficultés majeures : prendre en compte la dimension spatiale d'un système naturel ; passer d'une échelle à une autre (pour extrapoler les résultats d'une parcelle expé-

rim mentale à l'échelle d'une province, voire à celle du globe tout entier) ; rassembler et archiver les données de base nécessaires à ces modèles de plus en plus complexes ; et, enfin, valider leurs systèmes par une série de tests statistiques, mais aussi en revenant sur le terrain, afin de faire coïncider leurs résultats aux réalités de la nature. »

Il y a moins de deux ans, la NASA américaine s'est lancée dans la constitution d'une gigantesque base de données sur le "système Terre", à partir de toutes les études de terrain disponibles et des observations par avion et par satellite. Cette base de données, baptisée Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS), sera disponible pour les chercheurs du monde entier, sous forme

par exemple, plusieurs équipes sur un bassin versant de Norvège et dans un lac de l'Ontario, afin d'étudier l'effet des pluies acides et du réchauffement global, et les processus d'eutrophisation.

LE PACIFIQUE MANIPULÉ

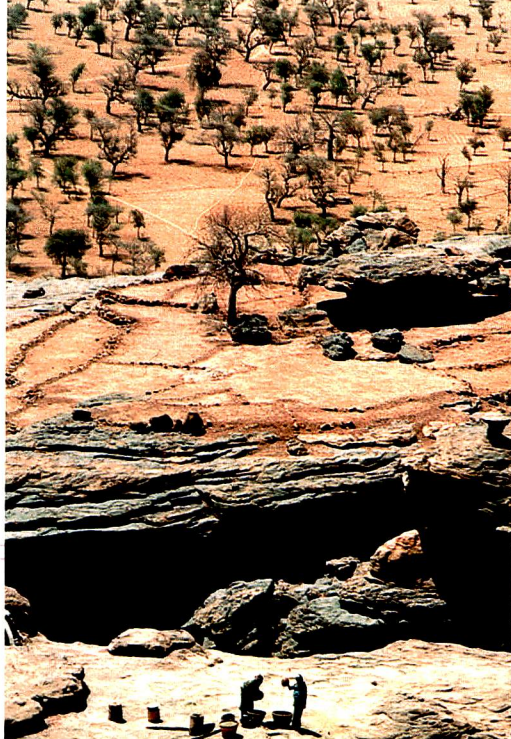
Plus étonnant encore, parce que mettant en jeu un espace ouvert, la première "manip" du Pacifique équatorial, initiée par une équipe américano-britannique et baptisée IRONEX. Son but ? Tenter de comprendre pourquoi des zones océaniques pourtant riches en azote et en phosphore ont une biomasse de phytoplanctons si pauvre. L'hypothèse avancée par le biologiste John H. Martin, du Moss Landing Marine Laboratories (Californie), est une carence en fer de ces régions océaniques. Presque impossible à vérifier en laboratoire, cette supposition a été testée à l'intérieur d'une zone de 64 km² au sud des Galápagos. Cette zone a été enrichie en 1993 de 450 kg de fer, plus un marqueur permettant de suivre le dépôt de fer. En multipliant par soixante la concentration naturelle en fer, l'activité photosynthétique a explosé dès les pre-



MODÉLISATION

d'algorithmes, depuis neuf centres d'archivage américains.

Mais elle ne résoudra pas pour autant tous les problèmes... Un exemple entre mille : pour comprendre la dynamique de la végétation dans une savane ouest-africaine, Jacques Gignoux, du laboratoire d'écologie de l'Ecole normale supérieure de Paris, a dû mettre au point un modèle de simulation qui "descende" à l'échelle de l'individu. Ce modèle n'intègre pas seulement des équations décrivant une relation moyenne entre populations. Il tient également compte de la variabilité individuelle – notamment de la distribution spatiale des arbres : « Selon qu'ils sont dispersés ou en bosquets, on n'aura pas la même proportion d'herbe et d'arbres, et, *in fine*,



MAGNUM PHOTOS

On arrive aujourd'hui à reconstituer sur ordinateur l'évolution passée et future de la savane.

pas la même dynamique de la savane. » Bien d'autres paramètres (taux de croissance, de disparition et de décomposition de la biomasse herbacée) ont été pris en considéra-

tion, puis couplés aux données sur la croissance des arbres.

Ce modèle assez complexe a "tourné" sur plusieurs décennies. « Il ne montre rien de stable : on

assiste soit à une reconquête de la savane par les arbres, soit à la régression de ces derniers. Mais il n'y a pas de point d'équilibre évident. »

Ces modèles de simulation appliquée à l'écologie, comparables dans leur approche à ceux employés par les climatologues, sont en fait parmi les plus difficiles à manier : « Nous nous retrouvons avec un tel jeu de données à manipuler que, à l'arrivée, les conclusions s'imposent rarement d'elles-mêmes », reconnaît Gignoux. Tout est alors une question d'équilibre, de compromis à trouver entre les paramètres, les relations à intégrer aux modèles et la solidité des conclusions à tirer...

(1) *Modélisation et Simulation d'écosystèmes*, P. Coquillard et D. Hill. Masson, sept. 1996.

mières vingt-quatre heures, et la concentration en chlorophylle-a des algues a triplé, avant de décroître au bout de cinq jours.

On sait que les plantes fixent du carbone par la photosynthèse. Or, la diminution de la concentration de carbone dissous dans l'eau est restée peu significative. Plusieurs questions restent donc en suspens : cette baisse très modeste du taux de carbone résulte-t-elle d'une trop rapide (et mystérieuse) disparition du fer ajouté, d'un broutage plus important du phytoplancton, ou encore... de la trop courte durée de l'expérience ? L'accroissement de la biomasse des algues entraînera-t-il une baisse plus significative du carbone dissous et, par conséquent, un stockage supplémentaire de CO_2 atmosphérique par l'océan (ce qui pourrait atténuer l'impact sur le climat de l'augmentation des gaz à effet de serre) ?

C'est ce que soutient John Martin, qui a calculé que 300 000 tonnes de fer suffiraient à fixer près de 2 milliards de tonnes de CO_2 atmosphérique. Il faudrait donc fertiliser chaque année quelque 45 millions de kilomètres carrés

d'océan (l'équivalent de la surface de l'Asie) pour obtenir une incidence climatique significative ! Coût de l'opération : de 50 à 500 milliards de dollars... avec de grandes incertitudes sur les effets secondaires d'une telle opération.

L'enjeu est de taille. Une nouvelle campagne s'imposait. Elle a eu lieu en juin 1995 dans le Pacifique équatorial. Les résultats sont, cette fois, bien plus spectaculaires... sans que l'équipe américano-britannique comprenne pourquoi : 1 t de fer dissous a entraîné l'absorption de 30 % du carbone présent initialement. « Peut-être est-ce dû à la présence plus massive de diatomées, qui profitent mieux de l'effet fertilisant du fer », suggère Andrew Watson, du Plymouth Marine Laboratory.

Pure spéculation ? Les prochaines expéditions océaniques et les modèles mathématiques le diront peut-être. Quoi qu'il en soit, le débat sur la pertinence de réaliser des "fertilisations" massives de l'océan pour atténuer le réchauffement global n'est pas près d'être clos. Pas plus que celui concernant les meilleures méthodes d'étude de la nature...

La mutation technologique

■ Des écosystèmes entiers reconstitués en laboratoire, des forêts surveillées par satellite, des mammifères marins truffés de capteurs électroniques... Les progrès technologiques ont bouleversé la recherche en écologie. ■

Lorsque Shahid Naeem (université du Minnesota) a reçu le Mercer Award 1995, la prestigieuse récompense de la société américaine d'écologie, pour son expérience dans l'Ecotron – l'un des tout premiers "grands équipements" de la communauté écologique –, il n'a pu réprimer un sourire. Il y a moins de deux ans, au Congrès international d'écologie de Manchester, ce même équipement, développé entre 1990 et 1993 par le centre de biologie des populations (CPB) de Silwood Park, au sud-ouest de

Londres, avait été la cible d'acribes critiques...

Afin de tester l'impact de la biodiversité sur le développement d'un écosystème, l'Ecotron recréait, dans seize chambres de culture, sur un sol stérilisé chimiquement, trois niveaux de diversité. Le microsystème le plus riche comptait 31 espèces : trèfles, herbes et composées s'autofécondant, vers et collemboles détritivores, escargots herbivores et mouches blanches parasites. L'assemblage moyen comportait 15 espèces, et le plus pauvre, 9 espèces. Une véritable chaîne alimentaire en miniature, base de toute biodiversité.

« En comparant le fonctionnement de nos trois microsystèmes, plus ou moins riches en espèces, nous avons pu montrer que plus un milieu est riche, plus il est performant... Ce qui, jusqu'ici, n'avait jamais été prouvé », résume Shahid Naeem (1). En d'autres termes, plus on détériore un milieu naturel, en le déboisant ou en réduisant son nombre d'espèces, plus on menace sa capacité à photosynthétiser le gaz carbonique, à produire et à décomposer de la matière végétale, à fixer l'eau et les éléments nutritifs dans le sol.

« L'Ecotron, c'est un peu plus de complexité pour un peu plus de fiabilité », assure John H. Lawton, directeur du CPB. La formule est heureuse comme un slogan publicitaire, mais elle agace prodigieusement... Premier reproche : l'Ecotron mime imparfaitement la complexité des systèmes naturels, avec des assemblages artificiels, sans saisons ni perturbations, et à trop petite échelle (1 m²) pour être utile.

Dans un récent numéro de la revue *Ecology*, consacré aux rôles des microcosmes expérimentaux (2), John Lawton répond point par point à ses détracteurs. Il évoque ainsi les possibilités d'élargir à environ 8 m² la dimension des chambres de l'Ecotron (en repoussant les cloisons), d'introduire une saisonnalité et d'autres événements selon les besoins, et, surtout, de répéter une même expérience, en parallèle puis

(1) *Nature*, 21 avril 1994 (vol. 368).

(2) *Ecology*, avril 1996 (vol. 77, n° 3), revue de la société américaine d'écologie.

J. KING-HOLMES/SPL/COSMOS



LA "ROLLS" DES LABOS

Doté de seize chambres de culture, dans un milieu parfaitement contrôlé, l'Ecotron britannique est en quelque sorte le chaînon manquant entre le laboratoire et le terrain. Il permet de recréer la complexité d'un écosystème et de modifier températures, gaz, précipitations et associations d'espèces. De plus, il offre la possibilité de reproduire rigoureusement les mêmes expériences, sur plusieurs générations et avec différents organismes.

sur plusieurs générations, tout en contrôlant l'ensemble des composantes biologiques et physiques du microsysteme. Ce que ne permettent pas les conditions des champs d'expérimentation.

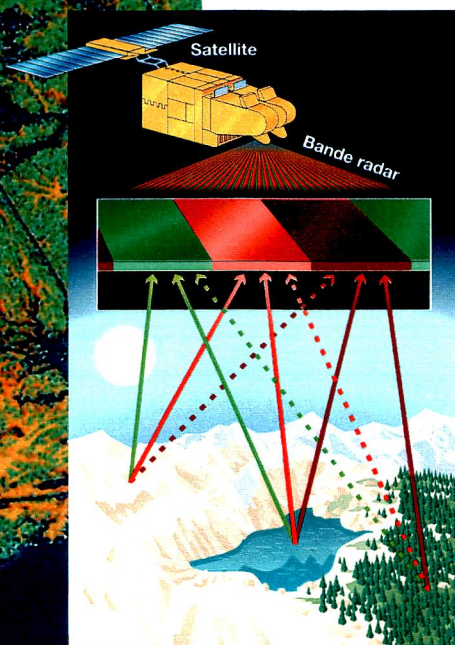
Seconde grande critique : le coût de l'Eco-tron. A l'heure des restrictions budgétaires sévères, cette Rolls des équipements de recherche, dont la construction a coûté plus de 8 millions de francs et dont le budget annuel de fonctionnement s'élève à plus de 600 000 F, a provoqué de vives polémiques. « Avec les mêmes moyens financiers, je pourrais travailler en serre sur trois fois plus de microsystemes qu'eux », estimait un botaniste anglais au congrès de Manchester.

« Cette querelle est sans fondement, réplique John H. Lawton. En montant l'Ecotron, nous n'avons pris l'argent d'aucun autre labo d'écologie. Le NERC (conseil britannique de la recherche sur l'environnement, qui finance l'Eco-tron) a créé une nouvelle ligne budgétaire en

réponse à nos propositions. Et ce montant est vraiment faible si l'on songe aux coûts des navires océanographiques, des satellites, des radiotélescopes ou des accélérateurs de particules. »

SOUS L'ŒIL DES SATELLITES

Les chercheurs en écologie n'ont pas l'habitude de travailler avec des instruments de cette taille, jusqu'ici réservés aux océanographes, aux astronomes et aux physiciens. Comme le notent les écologistes Jean-Marie Legay et ■ ■ ■



JSI

“LA RÉVOLUTION DU REGARD”

Les satellites sont précieux pour surveiller la planète et en explorer les zones inaccessibles. Grâce à ERS-1, la NASA réussit ainsi à suivre la déforestation du bassin amazonien en continu et par tous les temps. Chaque élément de la surface terrestre réfléchit en effet une énergie différente. La végétation réémet essentiellement dans le proche infrarouge, la neige, dans le vert et le rouge, et la mer, les lacs et les rivières, dans les trois bandes spectrales.

■ ■ ■ Robert Barbault (3), l'invention de dispositifs non anthropomorphiques et non invasifs « a élargi brusquement pour les recherches écologiques le champ du possible, et, pour la compréhension du monde, le champ du réel ».

En effet, pas de découverte des "oasis du fond des mers" sans les sous-marins d'exploration modernes. Pas de résolution d'énigmes évolutives ni d'identification d'espèces sans les progrès de la génétique et de la biologie moléculaires. Pas de reconstitution des paysages sans l'analyse des pollens et des isotopes du carbone ni les carotages dans les sédiments. Pas de prédiction des climats futurs sans la modélisation ni les fabuleux moyens de calcul et de traitement de données en parallèle. Pas de compréhension, enfin, du comportement animal sans la miniaturisation et l'amélioration des capteurs électroniques.

Ces techniques, qui permettent désormais de pratiquer des analyses non destructives sur de petits organismes ou à partir de minuscules échantillons, offrent aux biologistes des populations l'opportunité non seulement d'étudier une espèce ou une communauté mais d'accéder à la variabilité individuelle. Une véritable révolution !

La liste est longue des bienfaits de la technique pour l'écologie. On ne peut les évoquer sans parler de la "révolution du regard" sur la biosphère apportée par les yeux bourrés d'électronique des satellites d'observation terrestre. Qu'il s'agisse de NOAA, qui mesure l'avancée des feux et la dé-

(3) *La Révolution technologique en écologie*, Masson, 1995.

forestation en Amazonie, de *Landsat* ou de *Spot*, capables de prévoir les récoltes en Europe et de témoigner des modifications du delta du Gange, ou d'*ERS-I*, qui permet d'évaluer les niveaux d'humidité des sols, les satellites établissent des bilans uniques sur les échanges thermiques, hydriques et gazeux entre l'atmosphère et le globe. Et ce dans des écosystèmes parfois inaccessibles, sur des surfaces colossales, et, surtout, avec la répétition dans le temps indispensable pour percevoir certaines fluctuations. Demain, des spectro-imageurs permettront d'identifier les espèces forestières, et des méthodes de couplage de données visibles, thermiques et hyperfréquences donneront accès aux paramètres de structure et de biomasse des écosystèmes...

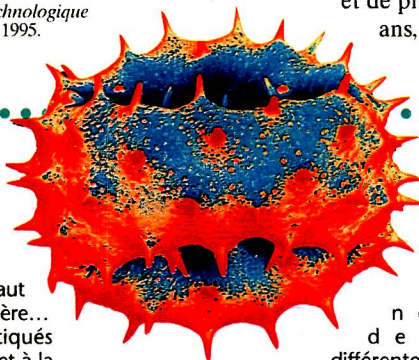
DES OUTILS ET DES HOMMES

S'ils crédibilisent l'écologie, les instruments de la "big science" sont-ils pour autant indispensables à sa progression ? « Tout dépend de ce que l'on veut observer », estime Roger Kitching, professeur d'écologie à l'université Griffith de Brisbane (Australie). « L'Ecotron, par exemple, apporte certainement un moyen d'expertise nouveau et utile pour des études globales. » Est-ce à dire que les besoins les plus urgents et les plus grands en écologie sont des équipements électroniques ou nucléaires ? « Je ne crois pas, répond l'écologiste australien. Les principaux facteurs limitant sont le manque de chercheurs et de programmes à long terme : huit ans, dix ans, parfois davantage, voilà ce qu'il nous

A L'AVANT-GARDE DU PASSÉ

■ Pour prédire le futur, mieux vaut commencer par regarder en arrière... Grâce aux instruments sophistiqués jusqu'ici réservés à la physique et à la chimie (chromatographes en phase gazeuse, spectromètres de masse isotopique, microscopes à contraste de phase), la paléoécologie a fait des bonds de géant dans l'exploration de la végétation et des climats anciens.

Les biochimistes savent que la teneur isotopique en ^{13}C des plantes (arbres et espèces des milieux tempérés) varie fortement selon le type de processus photosynthétique qu'elles utilisent. Ainsi, en analysant le contenu en isotopes stables du carbo-



ne des différentes couches de matière organique du sol, on peut recomposer les successions végétales, leur composition et leur dynamique.

C'est ce que font plusieurs écologistes et biochimistes dans une savane du Congo, où ils ont pu montrer que la décroissance en ^{13}C à 30 cm de profondeur révélait l'existence passée d'un couvert forestier.

Autre approche très féconde en paléoécologie : l'étude des pollens (palinologie) du sédiment pour détermi-

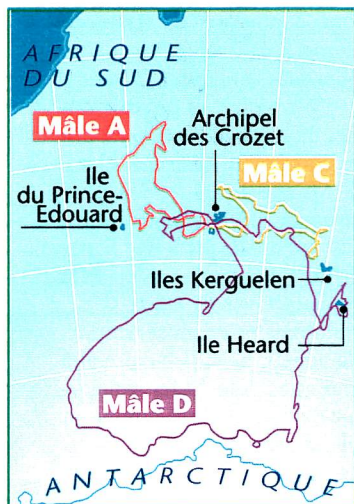
Les progrès de l'optique permettent de reconstituer la végétation disparue en étudiant les pollens fossiles.

ner les compositions floristiques successives. Avec des moyens optiques de plus en plus précis, tels que les microscopes à contraste de phase, on parvient à identifier davantage d'espèces végétales, à partir de quantités extrêmement ténues. Associée à diverses méthodes de datation (^{14}C , décroissance d'isotopes radioactifs) et d'analyse chimique du sédiment, et à l'étude des macrorestes (coquilles et fragments de carapaces d'insectes), la palinologie permet d'écrire de nouvelles pages de l'histoire de la biosphère, avec ses changements climatiques, ses bouleversements anthropiques et ses modifications végétales.

DES MOUCHARDS CHEZ LES MANCHOTS

■ Plonger avec des éléphants de mer à 900 m de profondeur, dans une eau à 3 °C, suivre des manchots empereurs sur 150 km dans le blizzard, bondir à la cime des arbres tropicaux, à 50 m au-dessus du sol, sur les traces d'un singe hurleur – le tout dans une discrétion absolue –, aujourd'hui, c'est possible !

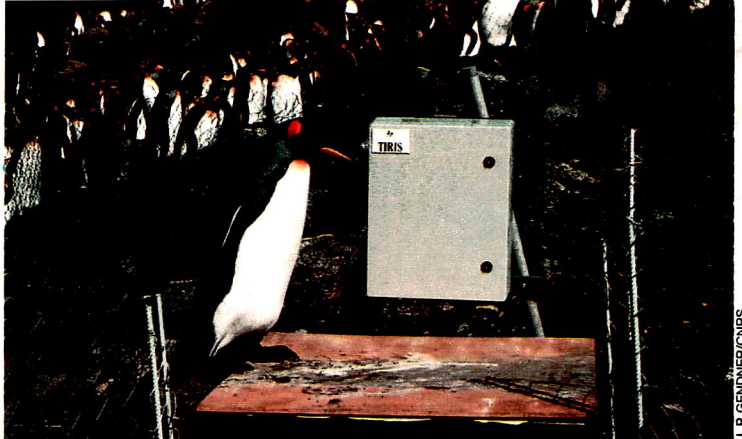
Grâce aux formidables progrès de l'électronique et de la miniaturisation, les biologistes des populations parviennent depuis une dizaine d'années à retracer déplacements, comportements et habitudes alimentaires de colonies entières, dans des conditions extrêmes



J.SI

faut. Les processus naturels sont lents et complexes, et les interactions, très nombreuses. Mais persuader les politiques de payer des centaines de millions de dollars pour une grande machine bien visible est plus facile qu'obtenir du personnel scientifique supplémentaire... »

L'histoire de l'Ecotron – dans lequel John Lawton teste à présent plusieurs microcosmes terrestres soumis à une atmosphère enrichie en CO₂ – est significative du trouble qui saisit toute la discipline scientifique. Mais que l'on ne s'y trompe pas. La lutte que doit livrer l'écologiste pour percer à jour les énigmes du vivant dépasse largement un combat de technicité. Avant tout parce



J. P. GENOUD/CNRS

et surtout en temps réel. Leurs armes ? Inoffensives : des émetteurs radio pesant moins de 10 g, fixées sur les animaux. Leur distance d'émission peut atteindre quelques kilomètres, et leur durée de vie est d'environ un an.

Depuis 1990, en Antarctique, des biologistes ont réussi des suivis remarquables d'oiseaux et de mammifères marins (manchots, phoques, albatros), grâce à des mini-balises satellitaires Argos. Henri Weimerskirch, du Centre d'études biologiques des animaux sauvages (CNRS), a ainsi montré que les grands albatros sont capables, pour se nourrir avant la ponte (durant les premiers mois du poussin, les parents ne s'en éloignent guère), de parcourir jusqu'à 15 000 km en utilisant les vents des mers australes, et de revenir sur le même site des mois plus tard, sans aucun repère topographique !

Réalisant que les proies des oiseaux de mer vivent dans des eaux dont la température est comprise entre 0 et 5 °C, et qu'elles doivent donc refroidir l'estomac des oiseaux, un chercheur a fait ingurgiter à des manchots royaux

Le suivi par balises satellitaires de trois grands albatros a révélé que le territoire de pêche de ces oiseaux s'étend du Sud de l'océan Indien au continent antarctique.

Pesée automatique pour ce manchot royal de l'archipel des Crozet.

des sondes thermiques. Il a ainsi obtenu de précieux renseignements sur le nombre et les périodes de prises.

Un autre chercheur a mis au point une pompe (commandée par des microprocesseurs en fonction de la profondeur) capable de prélever du sang artériel sur un phoque en plongée. Ce qui permet de mieux comprendre le mécanisme de baisse d'oxygénation sanguine (hypoxie) de ce mammifère.

Enfin, des étiquettes électroniques implantées sous la peau permettent l'identification et le suivi à vie de l'animal... pour peu qu'il passe à proximité d'une source électromagnétique. En y ajoutant un système de pesée automatique et une caméra télécommandée à infrarouges (pour la nuit polaire), Yves Le Maho, du Centre d'écologie et de physiologie énergétiques (CNRS), a réalisé un suivi unique des réserves énergétiques de manchots royaux dans l'archipel des Crozet. « En moins de cinq ans, cette révolution technologique a renouvelé nos connaissances en écologie fondamentale. »

Le suivi par satellite d'oiseaux pêcheurs pourrait aussi s'avérer un précieux indicateur des variations des ressources marines.

que les progrès instrumentaux dont l'écologie bénéficie imposent aux équipes un travail pluridisciplinaire sans précédent. Dès lors, s'ils veulent résoudre un problème, biologistes des populations, botanistes, entomologistes, biochimistes, généticiens, statisticiens et informaticiens doivent travailler ensemble. Ce qui ne va pas sans difficultés. Et, étant donné le rapide et profond processus de spécialisation que connaît l'écologie, pour communiquer avec ses collègues, le chercheur doit plus que jamais connaître les bases du langage et du domaine de l'autre. Davantage en écologie, science-carrefour par nature, que dans n'importe quelle science expérimentale. ■

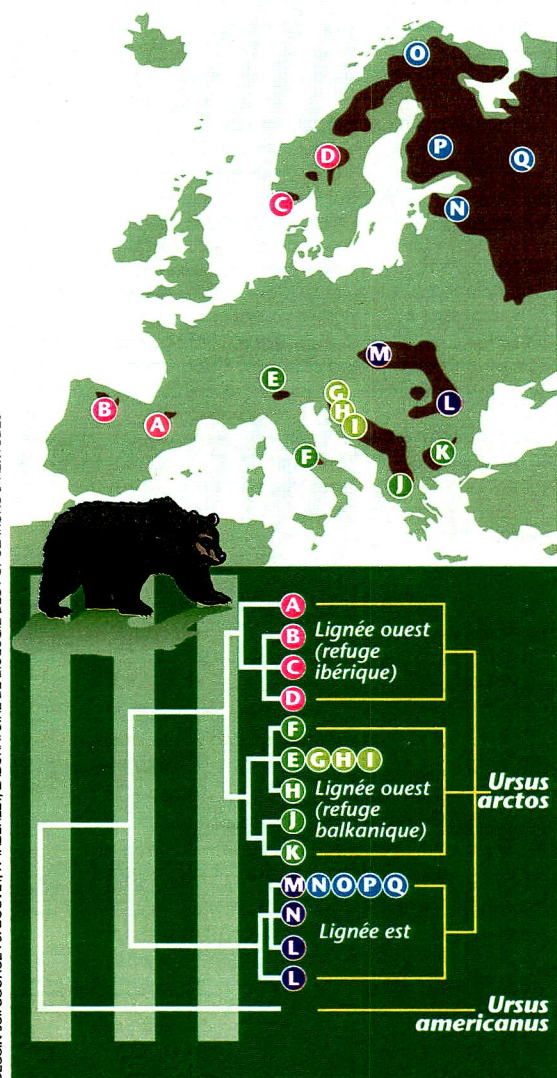
Le "sésame" des écologistes

■ Utilisée en écologie depuis moins de dix ans, la biologie moléculaire est un "passe-partout" qui permet de percer les secrets de l'évolution des espèces. ■

Mieux qu'une simple clé, la biologie moléculaire est un passe unique qui ouvre plusieurs portes à la fois en écologie. Elle est nécessaire pour identifier le sexe de perroquets aras rares, au Brésil, afin de les faire se reproduire; pour connaître la parenté des colonies de rats sauvages d'Europe, ou celle des lions de Tanzanie, menacés d'étranglement génétique par l'isolement, la réduction des effectifs et la faiblesse du brassage génétique; pour établir l'histoire évolutive de l'ours brun d'Europe depuis 500 000 ans; pour retracer la dispersion et la diversification du genre végétal *Psidium* dans l'archipel des Mascareignes, ou celles de onze espèces de séneçons géants sur les pentes du Kilimandjaro; pour distinguer l'existence d'une sous-espèce de chimpanzé menacée en Afrique de l'Ouest; ou pour réaliser que le perroquet *Ammodramus nigrescens* de Floride, aujourd'hui disparu, n'était pas génétiquement distinct d'autres espèces de la côte Atlantique, toujours vivantes, elles...

A chaque fois, biologistes et conservateurs ont eu recours à la génétique moléculaire et à ses nouvelles techniques pour isoler les marqueurs d'une population afin de la comparer avec une autre. Sondes enzymatiques, amplification de l'ADN par la technique de la PCR (Polymerase Chain Reaction), séquençage de certaines régions de l'ADN, cartographie du

DESSIN JSI. SOURCE : J. BOUVET, P. TABERLET, LABORATOIRE DE BIOLOGIE DES POPULATIONS D'ALTITUDE



L'ARBRE DE L'OURS BRUN

L'analyse de l'ADN prélevé à la base des poils d'une soixantaine d'ours bruns (*Ursus arctos*) a permis à des chercheurs de l'université de Grenoble de reconstituer l'arbre phylogéographique de l'espèce en Europe. Cet arbre met en évidence l'existence, depuis probablement plus de 500 000 ans, de deux lignées très divergentes, à l'est et à l'ouest. Une information clé pour la conservation de l'espèce : elle permettra de regrouper des ours génétiquement proches.

génomique des espèces, etc. Tous ces outils, utilisés par l'écologie depuis moins de dix ans, ont relancé de façon spectaculaire les recherches sur les populations et les individus, tant passés que présents.

SUR LES TRACES DE SAXIFRAGA

Un seul exemple, toujours en cours : l'étude conduite au Spitzberg par Richard Abbott, de la School of Biological and Medical Sciences (université de Saint Andrews, en Écosse), sur la plante *Saxifraga oppositifolia*. Il y a environ trois ans, son équipe et lui collectaient *S. oppositifolia* sur une quinzaine de sites en Europe, du Spitzberg aux Pyrénées françaises, en passant par la Suisse, le Nord de la Russie, l'Ecosse, l'Islande, le Groenland et la Scandinavie. But de l'opération : reconstituer l'histoire évolutive – ou phylogénie – de cette espèce des régions froides.

Pour cela, ils ont utilisé l'ADN contenu dans les chloroplastes (1) : cet ADN, transmis uniquement par la femelle chez la plupart des végétaux, ne connaît donc pas de recombinaison avec les gamètes mâles. L'origine des mutations éventuelles (accidentelles) est ainsi plus facile à repérer. En sélectionnant soigneusement certains fragments d'ADN ("découpés" à l'aide d'"enzymes de restriction") puis en les comparant, il est donc possible d'apparenter ou de différencier entre elles diverses populations. On peut alors cartographier ces lignées à l'échelle géographique et retracer les migrations de l'espèce.

Cinq "formes" (ou haplotypes) différentes de l'ADN du chloroplaste ont été distinguées jusqu'ici parmi les populations de *Saxifraga oppositifolia* récoltées. Or, si deux de ces haplotypes sont largement distribués, trois autres semblent confinés à la seule région du Nord du Groenland, autour du site de Peary Land. « Cette région, selon certains climatologues, n'aurait pas été recouverte de glace durant la dernière glaciation », indique Richard Abbott.

Le fait que la population du Groenland possède une aussi large gamme de variations rend peu crédible l'idée qu'elle dérive de souches méridionales immigrées après la dernière période glaciaire : « Elle devrait logiquement posséder moins de variations que les plantes mères du Sud de

(1) Corpuscules des cellules végétales colorés par la chlorophylle et siège de la photosynthèse.



J. L. KLEIN & M. L. HUBERT/BIOS

LA PREUVE PAR LA FLEUR

L'analyse génétique de cette plante des régions froides (*Saxifraga oppositifolia*) confirmera peut-être la théorie controversée des "refuges paléoclimatiques", zones libres de glace à de hautes latitudes.

l'Europe. Cette population a donc dû se diversifier à partir d'un stock beaucoup plus ancien. »

Si elle est confirmée, cette hypothèse biomoléculaire validerait alors la théorie des "refuges paléoclimatiques" – zones libres de glace à de très hautes latitudes –, très discutée parmi les climatologues.

« Vu la taille encore modeste de l'échantillon de plantes analysées, je veux rester prudent », ajoute cependant Richard Abbott, qui est parti l'été dernier en Alaska pour étendre sa cueillette. Son espoir : trouver d'autres populations de *S. oppositifolia* qui s'apparentent à celles de l'Europe du Sud, afin de mieux isoler celles du "refuge" de Peary Land. Ou encore, pourquoi pas, mettre en évidence une nouvelle population relique de l'âge glaciaire... ■

Quand brille le Soleil noir

■ Ceux qui ont eu l'occasion d'observer une éclipse de Soleil en conservent un souvenir ému. Pour que chacun puisse admirer ce spectacle, depuis plus de vingt ans, un couple de "chasseurs d'éclipses" sillonne le monde. Il nous rapporte ces extraordinaires images.

PAR YVES DELAYE

PHOTOS GENEVIÈVE
ET YVES DELAYE

Chapelet d'éclipse

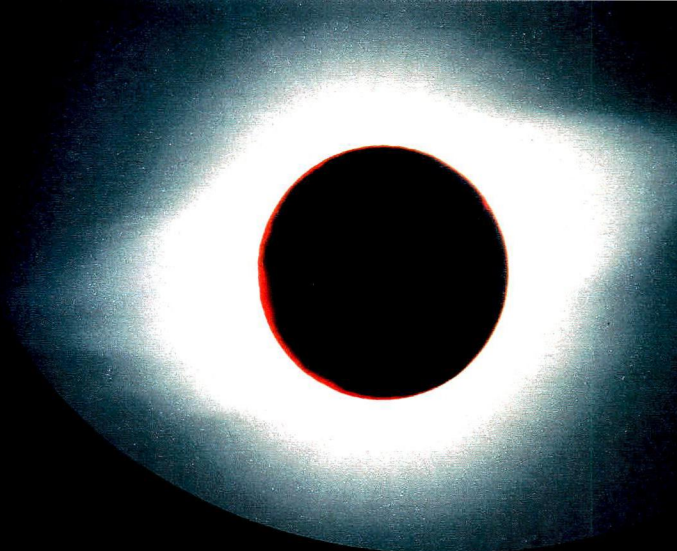
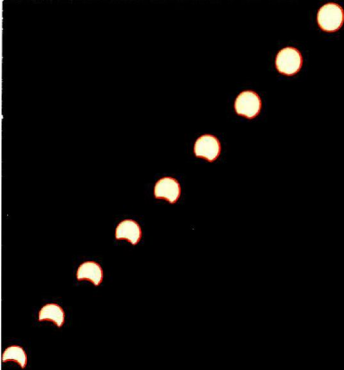
La succession de toutes les phases d'une éclipse sur un seul cliché est ce qu'on appelle un "chapelet".

Aucun trucage, mais bel et bien la superposition directe des images à la prise de vue. Aucune erreur d'orientation, de synchronisation ou de manipulation n'est permise. Inde 1995.

Patience et précision

Ce sont les maîtres mots de Geneviève Delaye, experte en matière de chapelets. Il faut réarmer l'obturateur, modifier l'exposition et changer de filtre, le tout sans faire bouger le boîtier d'un millimètre. Et réaliser une prise de vue toutes les cinq minutes, à la seconde près, pendant les deux à trois heures du phénomène... Bornéo 1988.





Couronne et protubérances

Lorsque la Lune masque complètement le disque solaire, les protubérances, ou flammes du Soleil, apparaissent à sa circonférence. Tout autour, la couronne – haute atmosphère du Soleil – se dessine, modelée en permanence par le champ magnétique solaire. Ainsi, il n'y a pas deux éclipses totales qui se ressemblent. Inde 1995.



Eclipses TOTALES

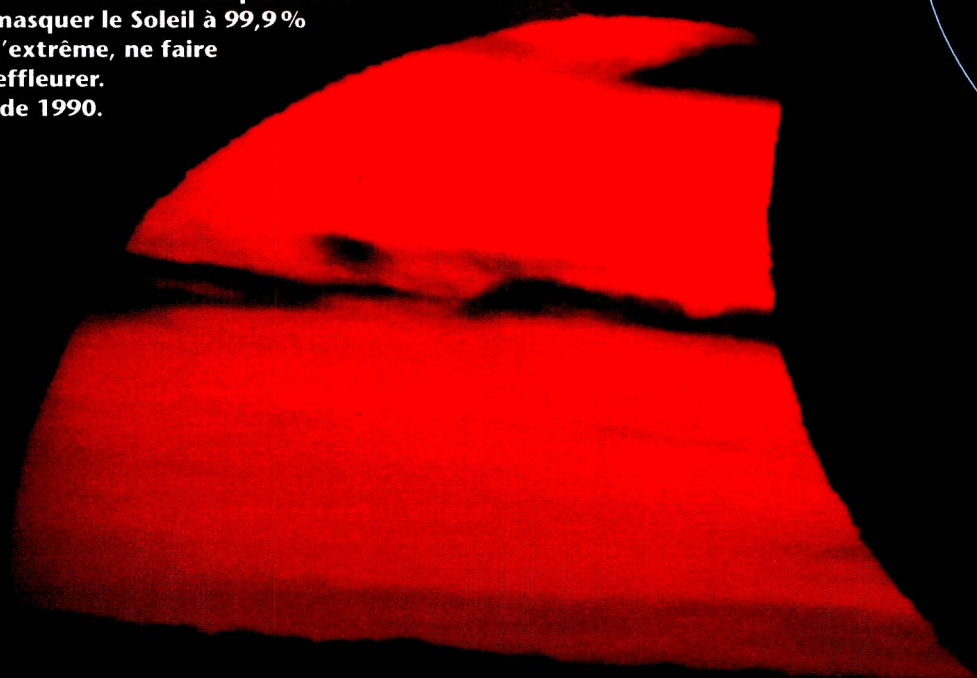
Totalité moins une minute !

Quelques secondes avant la totalité, des "ombres volantes" parcourent parfois le sol. Elle sont dues à un phénomène d'interférences lumineuses entre les bords de la Lune et du Soleil. Uruguay 1992.



Rendez-vous partiel

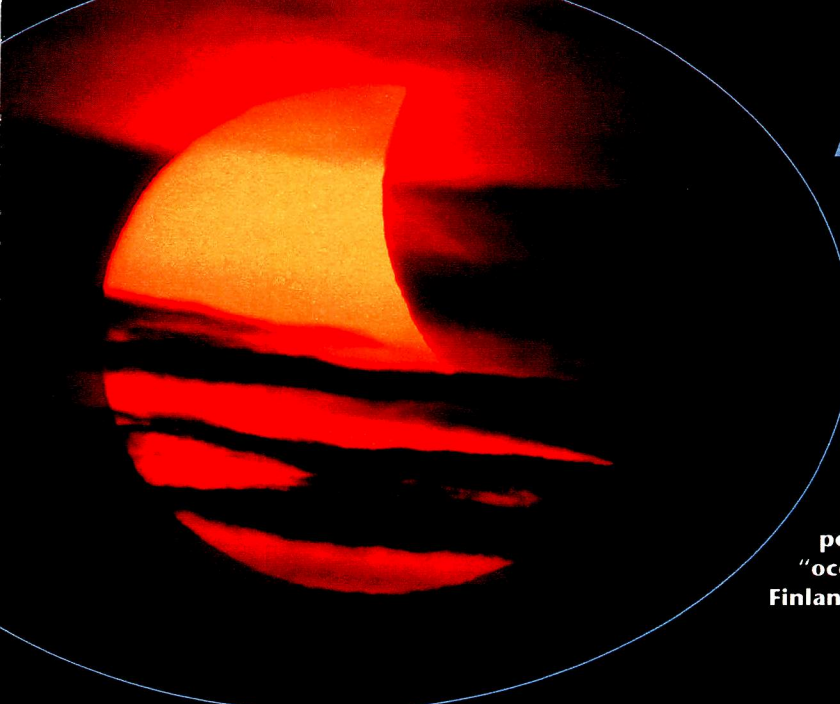
Lorsque la Lune ne passe pas exactement devant le Soleil, il y a éclipse partielle. Les conditions sont très variables: le disque lunaire peut masquer le Soleil à 99,9 % ou, à l'extrême, ne faire que l'effleurer.
Finlande 1990.



A la poursuite des rayons noirs

Pour chaque éclipse, les appareils sont adaptés aux conditions de prise de vue. Dans tous les cas, lunettes et boîtiers sont fixés sur une monture équatoriale. Son rôle est d'assurer le suivi automatique du Soleil pendant toute la durée de l'éclipse. Mexique 1991.





Aux bons hospices des cieux

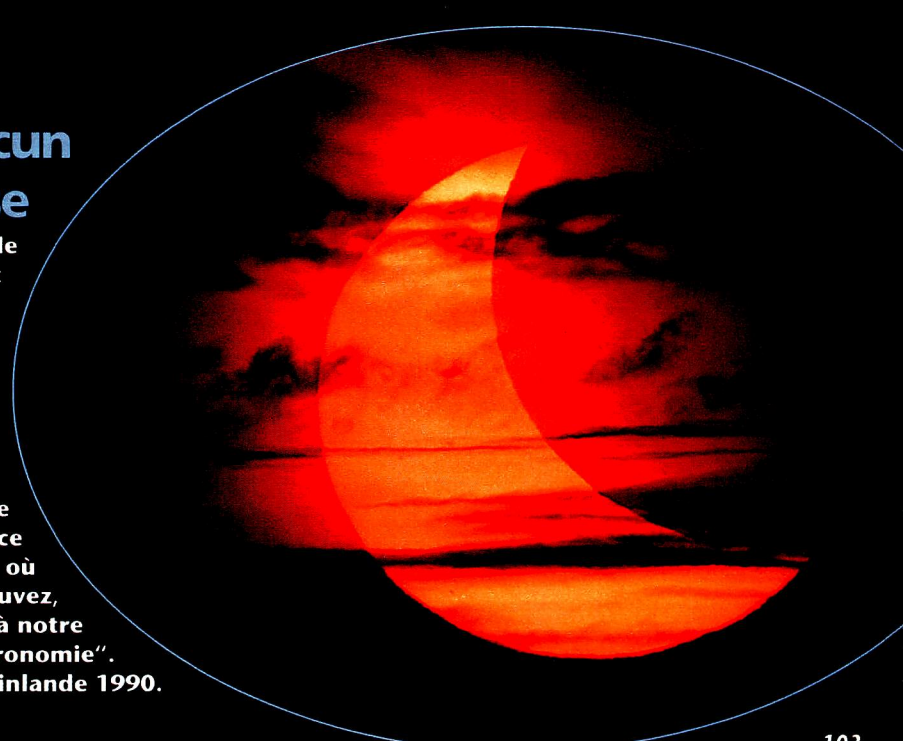
Pour choisir un site d'observation, nous étudions attentivement les statistiques météo de tous les lieux possibles. Grâce à cela, notre taux de succès est de 83 %, contre 35 % pour un observateur "occasionnel".
Finlande 1990.

Eclipses PARTIELLES

A chacun son éclipse

Une éclipse n'a pas le même aspect et ne se produit pas aux mêmes heures pour des observateurs situés à différents endroits. Pour connaître l'heure à laquelle vous pourrez observer l'éclipse partielle du 12 de ce mois, selon la ville où vous vous trouvez, reportez-vous à notre rubrique "Astronomie".

Finlande 1990.



Une question de distance

La Lune et le Soleil ont des diamètres très différents mais la distance qui les sépare fait coïncider, à peu de choses près, leurs diamètres apparents. Cependant, lorsque la Lune est au plus près du Soleil, son diamètre apparent est plus petit et elle ne le masque pas entièrement : il y a éclipse annulaire.
Maroc 1984.

Protection obligatoire

Il est impératif de se protéger la vue avec des filtres spéciaux pour observer les phases partielles. Une simple paire de lunettes de soleil ne suffit pas. Faute d'informations suffisantes, en 1970, au Mexique, plus de 200 personnes sont devenues aveugles.
Chili 1994.



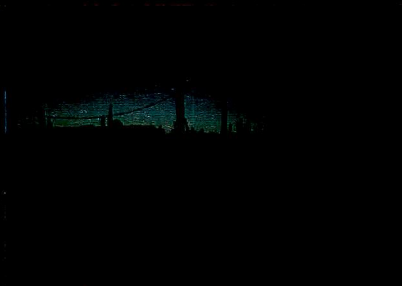
Anneau de diamant

Quand une éclipse annulaire atteint son maximum, le Soleil se réduit à un anneau étincelant qui semble flotter dans l'espace.
Maroc 1984.

Dentelle de Lune

Le contour du disque lunaire n'est pas net, mais découpé par des montagnes et des cratères. Au moment où les bords des disques lunaire et solaire sont tangents, on s'en aperçoit parfaitement car la zone d'interruption de l'anneau de lumière est discontinue.
Maroc 1984.

Eclipses ANNULAIRES



Comme un crépuscule surnaturel

Ces trois clichés ont été pris dans les mêmes conditions (diaphragme, vitesse, sensibilité identiques) : le premier avant l'éclipse, le suivant au milieu de la phase partielle, le dernier lors du maximum. Ils traduisent bien la baisse de lumière qui se produit alors et qui affole les animaux présents. Mexique 1991.

Faut-il raccrocher son téléphone portable?

■ Le rayonnement émis par les téléphones mobiles serait nocif pour la santé. Des études récentes, et contradictoires, divisent les scientifiques. Face à la polémique, plusieurs pays lancent de vastes programmes de recherches.

PAR PIERRE ROSSION

Alors que les téléphones cellulaires, communément appelés portables ou mobiles (1), connaissent une vogue sans précédent en France (plus de 1,5 million d'abonnés) et à l'échelle de la planète (85 millions d'abonnés), certains scientifiques commencent à avoir de sérieux doutes sur leur innocuité. Des doutes justifiés car les ondes ultracourtes émises par ces téléphones se situent à de très hautes fréquences, de l'ordre de 2 GHz (2), voisines de celles des fours à micro-ondes. La seule différence, et elle est d'importance, concerne la puissance des rayonnements : 300 à 700 watts pour les fours contre 2 watts maximum pour les portables. Cependant, les fours sont équipés d'une porte métallique blindée, spécialement conçue

pour empêcher les rayons mortels de s'échapper à l'extérieur. Alors que les portables émettent à l'air libre, au contact de la boîte crânienne, où se trouvent les centres nerveux de la vie et de l'intelligence.

Quand on sait qu'il faut dix minutes pour cuire un poulet au four à micro-ondes, il était logique que les chercheurs s'inquiètent de savoir si le fait de donner ou de recevoir des coups de fil à répétition ne pouvait pas, à la longue, léser les cellules et les tissus du cerveau, même si l'effet thermique produit est très faible.

Pour le vérifier,

(1) Voir *Science & Vie* n° 946, p. 126.

(2) 1 GHz = 1 milliard de hertz.



Les "accros" du cellulaire

Plus de 1,5 million d'abonnés en France, et bientôt 100 millions dans le monde. La vogue du portable ne connaît plus de limites. Pourtant, son rayonnement, proche de celui des micro-ondes, pourrait présenter des dangers pour le cerveau, les yeux et la peau.

les chercheurs ont donc testé les ondes émises par les portables sur des cellules humaines en culture et sur des animaux de laboratoire. Les premières conclusions des chercheurs sont assez contradictoires. Pour les uns, les rayonnements seraient nocifs. Ils casseraient en morceaux l'acide désoxyribonucléique (ADN), c'est-à-dire la molécule, logée dans le noyau des cellules, qui sert de support aux caractères héréditaires. Ils seraient aussi responsables de cancers de la peau et du cerveau, de la maladie d'Alzheimer, de la cataracte, de troubles nerveux, de maux de tête et d'insomnies. Pour d'autres, en revanche, les rayonnements seraient inoffensifs. Deux congrès, l'un à Munich, l'autre à Londres vont faire, en novembre prochain, le point actuel sur la question.

CHERCHEURS APPOINTÉS PAR LES ENTREPRISES

On remarquera, au passage, que la plupart des études favorables sont financées par les fabricants de téléphones portables, qui ont tout intérêt à ce que leur matériel offre le maximum de garanties aux yeux du public. Or, les chercheurs étant appointés par les entreprises se retrouvent à la fois juge et partie, position inconfortable s'il en est. Et puis, toutes ces études n'avaient pas le même thème de recherche. Il n'est donc pas surprenant qu'elles aient pu donner des résultats opposés. Par exemple, on ne sera pas étonné qu'une étude conclut à l'innocuité des micro-ondes sur le cœur et qu'une autre prouve leur action sur les chromosomes. Les micro-ondes sont, en effet, plus nocives sur certains tissus de l'organisme que sur d'autres. Par exemple, la fumée du tabac a plus de risques de donner un cancer du poumon qu'un cor au pied.

Pour en avoir le cœur net, il est nécessaire de poursuivre les recherches. Bernard Veyret, directeur de recherche au CNRS et chercheur à l'Ecole nationale su-

■ ■ ■

■ ■ ■ périeure de chimie et de physique de Bordeaux (ENSCPB), qui est plutôt réservé sur la nocivité des portables, estime cependant que cinq ans seront nécessaires pour avoir des résultats biologiques indiscutables. Quant aux études épidémiologiques, plus longues à mettre en œuvre, elles demanderont au moins dix ans. Autrement dit, pendant encore de nombreuses

Pendant des années, le public va servir de cobaye

années, les utilisateurs de portables vont servir de cobayes. Avec le risque qu'un jour éclate un scandale, semblable à celui de l'amiante aujourd'hui.

Afin de prendre date, la chaîne de télévision britannique BBC a fait une enquête, très approfondie, un peu partout dans le monde, en Suède, en Australie, aux Etats-Unis, auprès de laboratoires ayant étudié les effets des portables sur l'homme. Il en est sorti un film documentaire, diffusé en Grande-Bretagne, que l'on ferait bien de montrer à la télévision française.

Interrogés par le journaliste britannique Andy Webb, les chercheurs ont fait part de leur inquiétude. Le Dr Henry Lai, chercheur en pharmacologie à l'université de Washington à Seattle (Etats-Unis) est formel : chez des rats exposés à des micro-ondes identiques à celles d'un portable, les chromosomes subissent des cassures. Ce travail a fait l'objet d'une publication dans *Bioelectromagnetics* (3), une revue scientifique américaine de haut niveau. L'expérience a consisté à exposer, pendant deux heures, des rats de laboratoire à des micro-ondes de 2,45 GHz avec une puissance de 0,6 watt par

kilo d'animal, chiffres à peu près équivalents à ce que reçoit la tête d'un utilisateur de portable en train de téléphoner. Quatre heures après la fin de l'exposition, les rats étaient sacrifiés et leur cerveau disséqué. L'examen des cellules a montré que le nombre de cassures de l'ADN avait augmenté de 25 % environ. Cependant, à ce jour, le Dr Lai ignore toujours si les micro-ondes ont provoqué directement les cassures ou si elles n'ont fait que bloquer le fonctionnement de l'enzyme qui a pour rôle de réparer les lésions qui se produisent continuellement dans l'ADN. De toute façon, le résultat est le même.

Dans une expérience faite *in vitro* sur du sang humain, une équipe de chercheurs de l'hôpital universitaire de Gand (Belgique), dirigée par le Dr Anne-Marie Maes, a constaté, elle aussi, une augmentation des aberrations chromosomiques. Ses travaux ont également fait l'objet d'une publication dans *Bioelectromagnetics* (4). Enfin, deux autres équipes, celle du Pr Guglielmo d'Ambrosio (université de Naples, Italie), et celle du Pr Peter French (université de Sydney, Australie) sont arrivées aux mêmes conclusions.

DES CANCERS ACCÉLÉRÉS ?

Il s'agit là de constatations extrêmement graves, du fait de leur implication sur la santé humaine. On sait, en effet, que de nombreux travaux scientifiques ont mis en évidence le lien entre cancer et altérations chromosomiques. Il suffit parfois de la mutation d'un seul gène pour déclencher une tumeur cancéreuse.

Dans le documentaire de la BBC, le Pr John Holt, chirurgien radiothérapeute à Darwin (Australie) affirme justement avoir mis en évidence la relation entre l'évolution de certains cancers situés au niveau de la tête et le téléphone por-

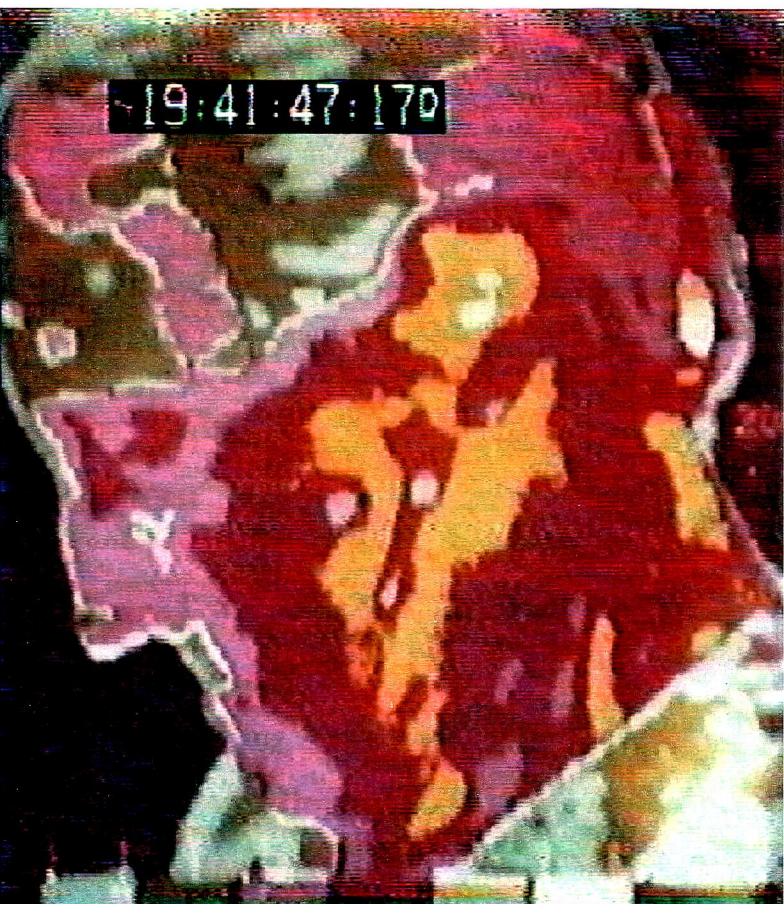
table. Il a notamment constaté, chez vingt de ses patients, que le cancer évoluait plus vite (jusqu'à un facteur 20) lorsqu'il était au voisinage de la source des micro-ondes. Cependant, les cellules retrouvaient leur vitesse de croissance normale quand on éloignait la source des micro-ondes. Cette évolution plus rapide serait due, selon John Holt, à l'échauffement des cellules par les micro-ondes des portables. Cette thermoactivation peut être mise en évidence par des cartes, ou thermogrammes, qui délimitent les zones de même température, un peu comme les cartes de courbes de niveau permettent de distinguer les régions de même altitude dans un territoire donné. Sur le thermogramme d'un utilisateur de portable, on constate que les zones chaudes épousent la forme du combiné (voir photo ci-contre).

TROIS ÉTUDES RASSURANTES

Ces faits alarmants vont cependant *a contrario* de trois études expérimentales. La première, financée par Motorola, l'un des plus gros fabricants de portables du monde, a été réalisée conjointement par des chercheurs américains de l'université de Californie et par des chercheurs suisses de l'institut de technologie de Zurich. Elle a consisté à administrer à des rats une substance cancérigène, puis à les exposer pendant vingt-quatre mois aux rayonnements d'un téléphone cellulaire. Les chercheurs ont constaté que les tumeurs cancéreuses ne se développaient pas plus chez les rats ayant reçu la substance cancérigène que chez les témoins. La deuxième étude, parrainée par France Télécom, a été réalisée par une équipe de chercheurs de l'ENSCPB, dirigée par Jean-Luc Chagnaud sur des rats présentant des tumeurs expérimentales. Là encore, il n'y a pas eu de différence significative entre rats témoins et rats exposés. La troisième

(3) Vol. 16 (1995).

(4) Vol. 14 (1993).



Le cerveau en première ligne

Les micro-ondes émises par les téléphones cellulaires échauffent les cellules de la peau et du cerveau situées à proximité du portable, délimitant une zone qui épouse la forme du combiné (en jaune). Les micro-ondes agiraient, semble-t-il, de la même manière que les ondes lumineuses du Soleil. A la longue, elles finiraient par causer des cancers de la peau et du cerveau, voire des cataractes. Bien que ces faits n'aient pas été formellement prouvés, un doute subsiste.

étude, financée elle aussi par Motorola, a été faite par des chercheurs de l'hôpital Caremeau, à Nîmes, dirigés par le Pr Luis Miro. Elle a également été favorable.

En ce qui concerne les effets sur la vision, il est établi que l'œil est particulièrement sensible aux micro-ondes du fait de sa faible irrigation. La modeste puissance des portables devrait donc écarter tout danger, mais encore faudra-t-il le prouver de façon certaine. Les por-

tables n'auraient aussi, semble-t-il, aucune incidence sur le cœur, sauf chez les patients équipés de pacemakers, ni sur le système immunitaire, comme l'a montré l'équipe de Bernard Veyret. Cependant, celui-ci précise : « On ne sait pas tout. Dans nos conditions expérimentales, il ne se passe rien, mais ça ne veut pas dire que les cellulaires ne sont pas dangereux. »

En revanche, personne ne conteste que les portables influent

sur le système nerveux, avec pour conséquence des troubles du sommeil, qui auraient peut-être partie liée avec les maux de tête dont se plaignent souvent les utilisateurs de ce type de téléphone. Enfin, le lien entre micro-ondes et maladie d'Alzheimer n'a pas encore été prouvé. Cependant, comme il est établi, d'une part, que les lésions chromosomiques entraînent un vieillissement prématuré des cellules, et que, de l'autre, les cellules concernées par les téléphones mobiles sont les neurones, ce rapport de cause à effet devrait pouvoir être mis en évidence par des études épidémiologiques.

25 MILLIONS DE DOLLARS POUR LA RECHERCHE

Devant tant d'incertitudes, la Commission européenne va demander prochainement à des laboratoires de la communauté de mettre en place un programme de recherches pour les cinq années à venir. De leur côté, les Etats-Unis ont lancé de vastes recherches, étalées, elles aussi, sur cinq ans, dont le budget s'élève à 25 millions de dollars. Ces deux programmes sont consacrés aux effets biologiques, *in vitro* et *in vivo*, des micro-ondes des téléphones portables. En ce qui concerne l'épidémiologie, le Danemark va lancer, dès la fin de cette année, une étude à l'échelon national. Elle consistera surtout à déterminer si les utilisateurs de téléphones mobiles sont plus sujets que les autres aux tumeurs du cerveau. D'autres pays devraient suivre.

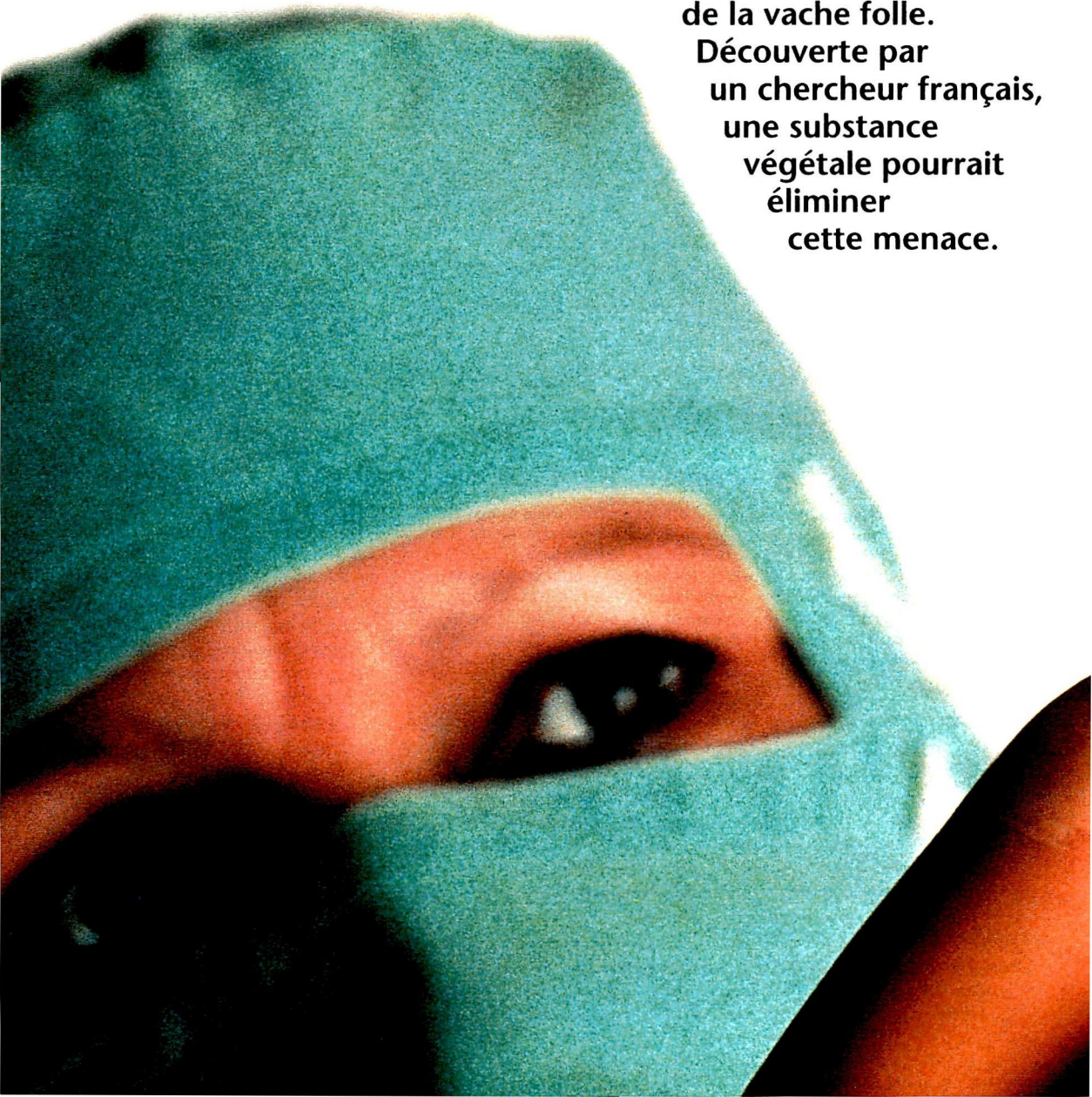
En attendant que l'on en sache davantage, la prudence s'impose. Dans la cassette de la BBC, les chercheurs interrogés ont prétendu qu'ils limitaient autant que possible, l'usage du portable. Ils ont aussi formellement recommandé aux patients atteints de cancer de supprimer l'usage de ce téléphone. Enfin, ils conseillent de munir les combinés d'un cordon, type baladeur, et de parler à distance dans le micro. Et à voix forte. Les portables n'ont pas fini de nous casser les oreilles. ■

La vache folle menace les vaccins

PAR ALEXANDRE
DOROZYNSKI

■ L'industrie du vaccin court un grave danger : les sérums d'origine animale risquent d'être infectés par le prion responsable de la maladie de la vache folle.

Découverte par un chercheur français, une substance végétale pourrait éliminer cette menace.



Au moment où se dessine la menace de nouveaux agents infectieux, on vient de découvrir une molécule végétale qui permet de fabriquer des vaccins sans danger.

Pour la première fois, des réactifs d'origine végétale ont permis de cultiver des cellules de mammifères sans risque de contamination par les agents infectieux que pourraient contenir les sérums d'origine animale utilisés pour la fabrication de vaccins. Ces réactifs permettent aussi la fécondation et le développement des embryons humains ou animaux, en éliminant le même risque de contamination.

C'est un biologiste français, Christian Rebière, qui a isolé et mis en œuvre la première molécule végétale permettant la culture cellulaire en l'absence de tout produit d'origine animale. La substance déclenche la mitose – formation de deux cellules filles identiques à la cellule mère. Bio Média, l'entreprise que Christian Rebière a fondée en mars 1995, à Boussens (Haute-Garonne), près de Toulouse, a commencé à fournir à ses clients de l'industrie pharmaceutique un milieu de culture prêt à l'emploi : Prolifix.

D'autres molécules d'origine végétale sont à l'étude pour leur

potentiel mitogène (elles provoquent la division cellulaire). L'une d'elles a donné naissance à un produit pouvant remplacer la trypsine, enzyme d'origine animale servant à décoller le tapis cellulaire d'une culture et à dissocier les cellules sans en abîmer la membrane.

La préparation de vaccins contre les maladies virales passe obligatoirement par des cultures de cellules animales ou humaines : le virus ne se reproduit qu'à l'intérieur des cellules qu'il envahit. Leur culture requiert l'utilisation de sérums contenant des facteurs de croissance (sérums de bœuf, de veau, de porc, de cheval, de chèvre, de mouton ou de lapin). Ces sérums sont contrôlés par des tests de stérilité pour vérifier l'absence d'agents bactériens, et par des tests spécifiques pour s'assurer de l'absence de certains virus. Ils sont chauffés à 56 °C pour inactiver le complément – une série de facteurs sériques dotés de propriétés cytotoxiques et participant aux



Des milliards de doses administrées chaque année

Les accidents sont rares, mais la probable transmission à l'homme de la maladie de la vache folle (ou celle d'autres agents infectieux aujourd'hui inconnus) représente un danger. La fabrication des vaccins nécessite en effet l'emploi de sérums d'origine animale qui pourraient être contaminés.



Y. FORESTIER/SYGMA

■ ■ ■ réactions d'hypersensibilité. Mais la température ne doit pas dépasser une soixantaine de degrés, pour éviter de dénaturer les protéines sériques, notamment les protéines mi-

Peu probable qu'un virus végétal infecte un mammifère

togènes et les facteurs de croissance.

Il n'est pas exclu qu'un sérum puisse être contaminé par un virus que l'on n'a pas spécifiquement recherché, soit parce qu'il n'est pas encore connu, soit parce qu'on n'a pas encore les moyens de le diagnostiquer. Ce fut le cas du sang contaminé par le VIH (virus du sida), qui a transmis l'infection à des milliers d'individus avant que des tests de dépistage du virus soient effectués systématiquement. On peut craindre, en outre, une contamination par un agent pathogène "non conventionnel" – comme le prion, agent de la "maladie de la vache folle" et, pense-t-on, des

cas atypiques de la maladie de Creutzfeldt-Jakob (MCJ), atteinte neurologique mortelle chez l'homme. Cette maladie a été transmise à des enfants traités par de l'hormone de croissance extraite de l'hypophyse de cadavres; soit à la suite d'une contamination après le prélèvement, soit parce que les personnes décédées étaient infectées par le prion. En France, au moins vingt-cinq enfants ainsi traités sont morts de la MCJ.

Ni la microscopie électronique ni aucune réaction immunologique ne permettent encore de détecter la présence du prion dans un sérum. Il n'y a aucun traitement connu pour l'éliminer – sinon le chauffage du sérum à 135 °C, ce qui dénature irrémédiablement toutes les protéines utiles contenues dans ce sérum, le rendant inutilisable en culture cellulaire.

Le rôle précis de chacun des composants du sérum dans un milieu de

culture cellulaire n'est pas clairement connu, mais on sait que certains de ces composants amorcent et entretiennent la multiplication cellulaire. Privés de cette "soupe" biologique qu'est le sérum, les cellules ne se multiplient pas. Les nutriments de la culture peuvent, eux, être syn-

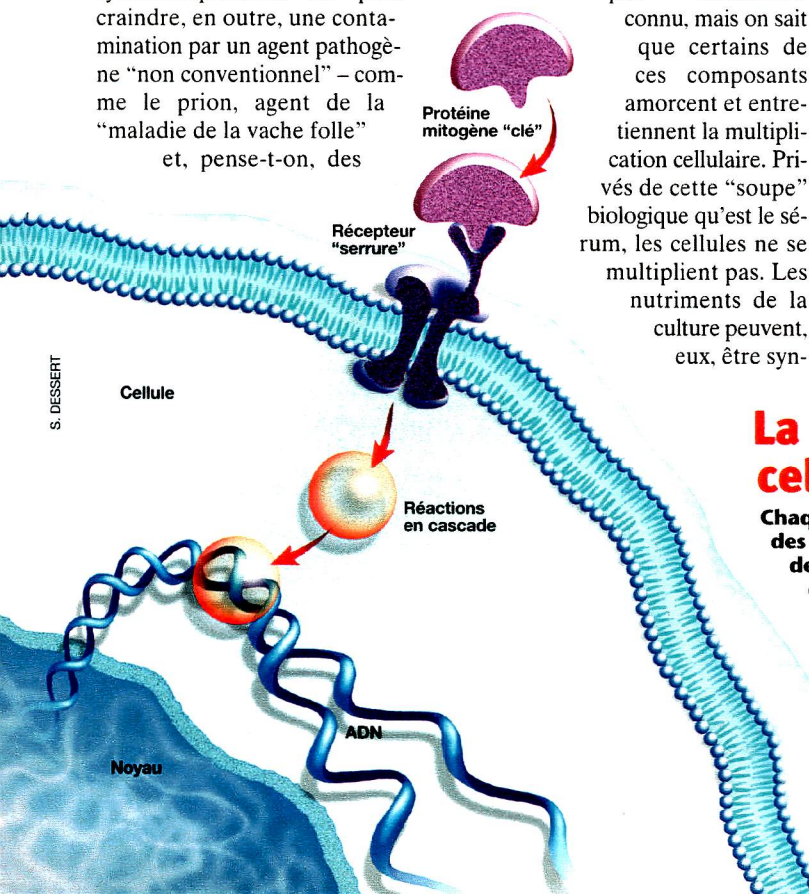
thétiques, pourvu qu'ils contiennent tous les éléments nécessaires au métabolisme des cellules : acides aminés, vitamines, sucres, etc. – en général, plus d'une cinquantaine de substances. Mais il faut y ajouter, dans le sérum, des facteurs de croissance d'origine biologique.

MEILLEURE QU'UN COCKTAIL DE FACTEURS DE CROISSANCE

L'intérêt d'utiliser un substitut de sérum est évident. Le Dr Hervé Toutain, responsable du service de toxicologie expérimentale au département de sécurité du médicament de Rhône-Poulenc Rorer, souligne en outre que l'emploi d'un seul mitogène doit permettre une meilleure différenciation des cellules, c'est-à-dire la conservation de leur fonction spécifique dans l'organisme. Dans un "cocktail" de facteurs, les cellules ont tendance à se "dédiérencier", c'est-à-dire à perdre cette spécificité.

On avait déjà observé que des glycoprotéines (1) peuvent stimuler la croissance de certaines cellules de mammifères. Christian Rebière a passé en revue les glycoprotéines de plantes européennes et en a isolé une, qui a eu un fort effet mitogène dans un milieu de culture dénué de tout élément d'origine animale ou humaine. Dénommée GCR 1003, elle permet la multiplication de plu-

(1) Les glycoprotéines sont formées par l'association d'une chaîne protidique (faite d'acides aminés) avec des sucres, tels que le glucose, le manose, la glucosamine, etc.



La clé de la division cellulaire

Chaque cellule possède à sa surface des récepteurs qui réagissent à des protéines spécifiques. Ainsi, la division cellulaire est stimulée par des protéines mitogènes : celles-ci, reconnues par un type de récepteur, suscitent une cascade de réactions menant au dédoublement de l'ADN. La glycoprotéine végétale GRC 1003 est capable de déclencher ce processus de division cellulaire.

seurs types de cellules animales (cellules de reins de singe, fibroblastes, etc.). Un demi-gramme de GCR 1003 dans un litre de milieu nutritif, composé d'une cinquantaine de substances habituellement utilisées en culture cellulaire, permet d'obtenir une prolifération cellulaire supérieure d'environ 50 % à celle qu'on obtient avec le sérum de veau, et presque aussi intense que celle obtenue avec le sérum de veau fœtal – le plus efficace, car le fœtus regorge de facteurs de croissance en pleine activité et ne contient presque pas de toxines ni d'immunoglobulines.

D'autres glycoprotéines sont à l'étude dans les laboratoires de Bio Média, où deux biologistes, Florence Duc et Antoine Delbancut, travaillent aux côtés de Christian Rebière. Cette petite équipe a montré qu'on peut obtenir de 200 à 300 g de glycoprotéines par tonne de plantes. Ce sont des protéines de taille petite ou moyenne, d'un poids moléculaire compris entre 20 000 et 200 000 daltons (2).

LES RESSOURCES INSONDÉES DU MONDE VÉGÉTAL

Une étude sur le mode d'action du GCR 1003 est menée en collaboration avec l'unité de recherche de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), au Centre hospitalier universitaire de Purpan, à Toulouse, dirigée par le Pr Hugues Chap. Le biologiste Rodrigo Eysen Hernandez y a réalisé des expériences sur des cellules rénales de singes vers d'Afrique, employées pour la fabrication industrielle de vaccins. Les cellules sont placées dans un milieu nutritif standard, où, en l'absence de facteur de croissance, elles restent quiescentes (au repos). Lorsqu'on introduit le GCR 1003, une cascade de réactions déclenche la multiplication cellulaire.

Une autre glycoprotéine, dite

TCR 1005, est, elle aussi, dotée d'un pouvoir mitogène. Plusieurs produits prêts à l'emploi ont ainsi été mis au point, qui permettent la culture de quelque 120 lignées cellulaires animales ou humaines.

On peut parier que d'autres molécules d'origine végétale seront mises en œuvre. Le monde végétal est une mine encore peu exploitée de substances biochimiques. Il nous a donné l'aspirine, la quinine, la digitaline et bien d'autres médicaments, y compris la vinblastine et la vincristine, des alcaloïdes extraits de la pervenche qui arrêtent la division mitotique des cellules cancéreuses, et, plus récemment, le taxol, extrait de l'if, un antimitotique prometteur pour le traitement du cancer du sein.

Certes, on n'a pas eu à déplorer, ces dernières années, d'accident grave résultant de la contamination d'un vaccin par son milieu de culture. Mais la probabilité de la transmission du prion à l'homme impose la prudence. « Il y a forcément intérêt à s'affranchir du sérum de veau », souligne le Dr Charles de Taisne, du département de recherche de Pasteur-Mérieux Sérums et Vaccins (Lyon), le plus grand producteur de vaccins du monde. Or, dit-il, les seules cellules qui « fonctionnent » en milieu synthétique sont anormales : implantées chez l'animal, elles forment des tumeurs.

Le Dr de Taisne souligne en outre que le concept de barrière des espèces joue aussi en faveur d'une protéine d'origine végétale. Il arrive que des micro-organismes franchissent la barrière entre espèces voisines, mais il est peu vraisemblable qu'un virus végétal puisse infecter un mammifère. D'où l'intérêt d'une molécule mitogène d'origine végétale, non seulement pour la fabrication

de vaccins mais également pour la culture d'embryons humains en vue de fécondations médicalement assistées, ou la culture de peau à greffer aux grands brûlés. Dans l'avenir, les thérapies génique et cellulaire ainsi

que la fabrication d'e pro-



H. KLEINBIOS

Ces plantes qui nous soignent déjà

Elles nous ont, notamment, permis de fabriquer l'aspirine, la quinine et la digitaline. Un médicament extrait de l'if (ci-dessus), le taxol, lutte efficacement contre la prolifération cellulaire du cancer du sein.

de produits médicamenteux et celle des cosmétiques (3) par ingénierie génétique pourront bénéficier de l'innocuité d'un milieu de culture exempt de produits d'origine animale.

La découverte, les techniques d'extraction et les applications du milieu de culture Prolifix ont fait l'objet d'un dépôt de brevet auprès de l'Office européen des brevets. Si les mitogènes d'origine végétale permettent d'éviter l'utilisation de sérum animal, avec un rendement qualitatif et quantitatif comparable à celui obtenu avec le sérum de veau fœtal, la petite entreprise de Bousens a un bel avenir. ■

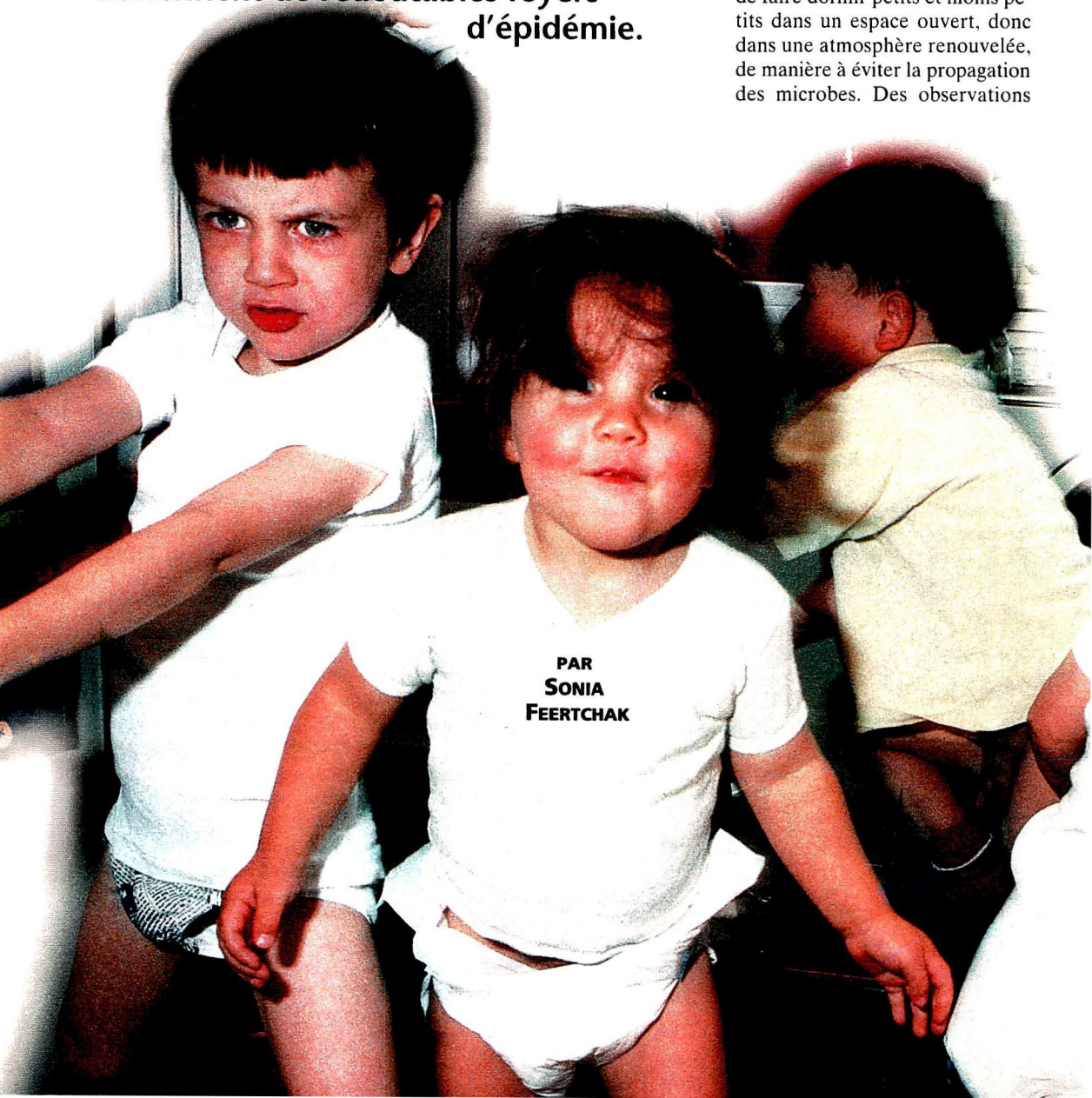
(3) La France suspend pour un an la mise sur le marché des cosmétiques contenant des extraits d'encéphale, de moelle épinière ou de globe oculaire de bovins âgés de plus de six mois et d'ovins et de caprins de plus d'un an (*Journal Officiel*, 5 septembre 1996).

(2) 1 dalton = 1/16 de la masse d'un atome d'oxygène, soit environ $1,66 \cdot 10^{-24}$ g. La masse moléculaire des protéines s'échelonne de 5 000 à plus de 1 million de daltons.

Alertez les bébés !

■ Lorsque l'hygiène laisse à désirer, que les germes résistent aux antibiotiques, les crèches – qui accueillent les bébés à l'âge le plus vulnérable aux infections – deviennent de redoutables foyers d'épidémie.

■ Il est 15 h à la crèche Niox-Château de Boulogne-Billancourt (Hauts-de-Seine). Dehors, sur les longs balcons qui longent les murs du bâtiment, les enfants s'endorment en écoutant le bruissement des feuilles dans les arbres. Les promoteurs de l'expérience ont eu l'idée de faire dormir petits et moins petits dans un espace ouvert, donc dans une atmosphère renouvelée, de manière à éviter la propagation des microbes. Des observations



semblent indiquer que ces enfants sont moins malades que ceux des autres crèches. Pour en avoir le cœur net, le Dr Bertrand Chevallier, chef-adjoint du service pédiatrie de l'hôpital Ambroise-Paré, à Boulogne, mène actuellement une étude épidémiologique dont les résultats seront connus en juin 1997.

«Au départ, explique Danièle Jaffrez, la directrice, les balcons étaient inutilisés. Une éducatrice qui revenait de Hongrie a raconté qu'elle avait visité une pouponnière où les bébés dormaient à l'extérieur. Nous avons essayé.»

Et l'hiver? «Nous avons installé de grands auvents qui protègent du vent et de la pluie. Bien couverts, les enfants supportent les températures

hivernales, explique Evelyne Dauzet, son adjointe. C'est plutôt l'été qui est difficile. Ces deux dernières années, la chaleur a été insupportable, et, malgré les stores, il a fallu faire rentrer les enfants.»

Toutes les crèches de France doivent-elles être construites sur le modèle de celle de Niox-Château? Pas nécessairement. Mais il est urgent de réduire les épidémies qui y règnent. L'enquête Santé-Enfant-Crèche (1) a montré que les enfants gardés en crèche sont plus malades que ceux qui restent chez eux. Dirigée par le Pr Daniel Floret, chef du service pédiatrie de l'hôpital Edouard-Herriot, à Lyon, cette étude a également révélé que les crèches collectives sont plus préjudiciables à la santé des petits que les crèches familiales (2). Curieusement, il apparaît que les enfants placés dans les petites

crèches collectives, ou "minicrèches" (moins de 20 enfants), sont plus souvent infectés que ceux qui fréquentent les grandes crèches collectives (plus de 40 enfants).

Le Pr Floret explique ce paradoxe : «Dans les minicrèches, les enfants sont mélangés.

Dans les grandes structures, il existe une séparation entre les "petits" et les "grands", quelquefois même entre les petits, les moyens et les grands. Or, les enfants qui savent marcher ne véhiculent pas les mêmes microbes que ceux qui ne marchent pas encore.» Diagnostic complété par le Dr Annick Chau-

mien, médecin de PMI (protection maternelle et infantile), responsable de la circonscription de Paris : «La première année, ce sont les infections respiratoires qui dominent. La seconde année, à l'âge où les enfants "crapahutent", on voit fleurir les gastro-entérites.»

DIRECTION DES URGENCES

Quoi qu'il en soit, le cocktail de microbes induit par le mélange d'âges différents renforce les risques. L'étude Santé-Enfant-Crèche a recensé 3 639 infections pendant les huit mois et demi qu'a duré l'enquête. Les plus fréquentes sont les rhinopharyngites (1 816 cas), puis les otites (774 cas), les laryngites (350 cas) et les diarrhées (691 cas). Les directrices de crèche signalent aussi des bronchiolites (causées par le virus respiratoire syncytial, ou VRS) et des fièvres inexpliquées. La grande majorité des épisodes infectieux surviennent, bien sûr, dans la période automno-hivernale. Toutefois, «les virus n'aiment pas les grands froids, précise le Dr Chevallier. Quand les hivers sont doux et humides, je vois passer beaucoup d'enfants aux urgences pour des problèmes d'infections respiratoires.»

L'étude le confirme. Les crèches favorisent la propagation des microbes. Mettent-elles gravement en péril la santé des enfants? Pour le Dr Chevallier, «les risques existent»... A l'hôpital Ambroise-Paré (Boulogne), par exemple, 200 des 600 à 700 bébés vus aux urgences chaque année pour une bronchiolite sont hospitalisés, et une dizaine sont envoyés au service de réanimation. Le VRS cause un ou deux décès par an à Paris.

Moins dramatiques, mais sérieuses du fait de risques de sé-

■ ■ ■

Bouillon de culture

**Les crèches
collectives sont
de véritables
réservoirs
de microbes.**

(1) Menée en 1991, à Lyon, par Floret, Burstin, Collet et Honegger.

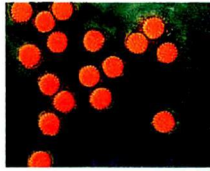
(2) Une assistante maternelle agréée garde, chez elle, trois enfants au maximum, qui assistent régulièrement à des séances de jardin d'enfants, animées par une infirmière puéricultrice et une éducatrice.

■ ■ ■ quelles auditives, les otites à répétition. Les enfants gardés en crèche y sont plus sujets que les autres. Surtout s'ils ont leur première infection tout petits. L'enquête Santé-Enfant-Crèche montre que le risque est doublé si la première otite survient la première année de la vie de l'enfant. L'étude révèle qu'il en va de même pour les autres maladies : plus l'enfant entre "petit" à la crèche, plus il risque d'avoir des infections à répétition.

Les crèches suscitent un danger autrement insidieux : la résistance des bactéries aux antibiotiques. Contrairement aux virus, les bactéries ont la capacité de s'adapter au milieu. Pour peu que le traitement antibiotique soit mal adapté, elles s'acclimatent. Les enfants malades étant refusés par les crèches, les parents rencontrent de sérieux problèmes de garde, et ils sont donc tentés de consulter un pédiatre au premier symptôme. Pas facile pour le spécialiste de trouver d'emblée le bon médicament... Si l'enfant a contracté un virus et que le pédiatre prescrit un antibiotique, celui-ci restera sans effet : les virus n'y sont pas sensibles. En revanche, ce médicament pourra rendre résistante une bactérie qui nichait dans le petit organisme tout neuf...

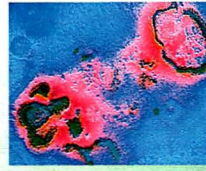
Outre les soucis qu'elles occasionnent, ces maladies coûtent très cher... Selon une étude réalisée en 1993 (3), chaque fois qu'un enfant est malade, le coût moyen de l'infec-

Les infections qui menacent les



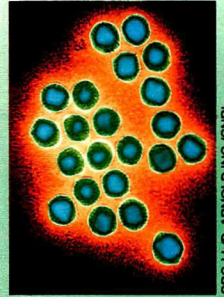
DR G. MURTI/CNRI

Microbes :
rotavirus (V).
Infection :
gastro-entérite.
Symptômes :
diarrhée,
vomissements.
Traitement :
réhydratation,
régime.



CNRI

Microbes : virus
respiratoires (V)
– dont le VRS
(ci-dessus).
Infection :
infections des
voies respiratoires
supérieures.
Symptômes :
nez qui coule,
gêne respiratoire,
toux...
Pas de traitement
(les virus sont
insensibles aux
antibiotiques).



COC-LUP, ARNOLD INC./CNRI

Microbes :
VRS (V),
influenzae (V),
para-influenzae (V),
adénovirus (V)
(ci-dessus).
Infection :
bronchiolite.
Symptômes : fièvre,
gêne respiratoire.
Traitement : repos,
kinésithérapie,
oxygénothérapie.

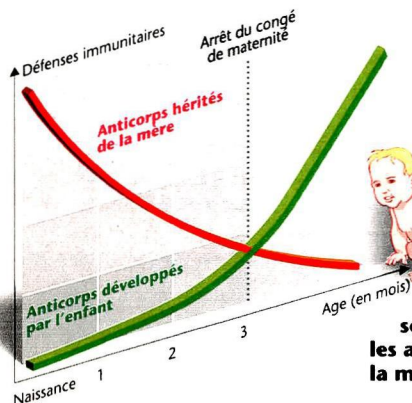
tion est évalué à 360 F pour l'assurance maladie, à 270 F pour la famille et à 500 F pour l'entreprise – quand l'un des deux parents doit momentanément s'absenter.

DES RÈGLES ÉLÉMENTAIRES NÉGLIGÉES

Il n'est évidemment pas question de fermer les crèches. Alors, que faire ? Une solution consisterait à allonger le congé de maternité. « Les enfants entrent à la crèche au moment de leur vie où ils sont le plus fragiles, note le Dr Chevallier. Si, de plus, le bébé de 3 mois y fait son entrée à l'époque de l'année où les virus sont le plus virulents – entre octobre et janvier –, son organisme risque d'être mis à rude épreuve. Ce qui explique l'explosion de bron-

chies à laquelle on assiste chez les bébés de 3 à 4 mois. »

Une autre solution serait d'être plus rigoureux (et plus sévère) en matière d'hygiène. Depuis une vingtaine d'années, les crèches se sont "démédicalisées". Autrefois, les enfants qui fréquentaient les crèches étaient plutôt pauvres et pas forcément en bonne santé. Aussi les mesures d'hygiène étaient-elles draconiennes : les parents n'étaient pas admis dans l'enceinte de la crèche, et les enfants étaient systématiquement lavés à leur arrivée. Aujourd'hui, on part du principe que les enfants se portent bien, et on privilégie la "psychologie". Du coup, « si l'on n'a pas oublié les soins à prodiguer aux enfants, on a eu tendance à négliger les règles de prévention élémentaire », constate le Dr Chevallier. « C'est par les mains du personnel que la majorité des infections se transmettent », précise

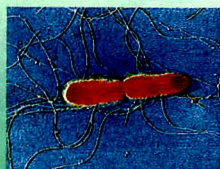


L'âge de tous les dangers

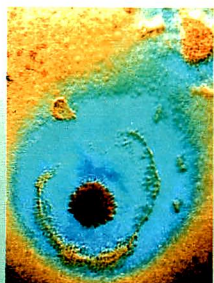
A 3 mois (c'est-à-dire à la fin du congé de maternité), le bébé n'a pas encore fabriqué assez d'anticorps pour se défendre seul contre les infections. En outre, les anticorps hérités de la mère ont alors quasiment disparu.

(3) "Évaluation du retentissement économique et social des infections ORL et respiratoires récidivantes de l'enfant", Drs Fagnani et Lafuma.

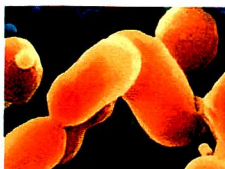
enfants



INSTITUT PASTEUR/CNRI



J. BURNS/PHOTOTAKE/CNRI



PR S. GINTIC/NRI

Microbes :
salmonelle (B)
(ci-dessus),
campylobacter (B).
Infection :
diarrhée sanglante.
Symptômes :
diarrhée sanglante,
grosse fièvre.
Traitement :
antibiotiques
seulement dans
les cas graves
(sinon, les bactéries
risquent de devenir
résistantes).

Microbes :
herpès-virus (V).
Infection :
varicelle.
Symptômes :
fièvre, petites
vésicules.
Pas de traitement
(les virus sont
insensibles aux
antibiotiques).

B : bactérie
V : virus

Microbes :
Hemophilus
influenza (B)
(ci-dessus),
pneumocoque (B),
staphylocoque (B).
Infection : otite.
Symptômes :
fièvre, oreilles
douloureuses.
Traitement :
antibiotiques.

Annick Chaumien. Les médecins reprochent aussi à certaines directrices de crèche leur laxisme quand il s'agit d'accepter – ou de refuser – un enfant malade.

Certains spécialistes suggèrent de transformer le système : ils veulent privilégier les crèches familiales. Mais abandonner les crèches collectives bouleverserait tout l'édifice : les municipalités seraient obligées d'investir dans la formation d'assistantes maternelles, il faudrait modifier les structures d'accueil, etc. Toutefois, une fois les investissements initiaux amortis, d'après le Pr Chevallier, «cette solution serait sans doute moins onéreuse que les crèches collectives, qui coûtent une fortune aux municipalités».

VACCINATION OU IMMUNITÉ NATURELLE ?

En attendant ces hypothétiques changements, on est obligé de s'en remettre à la vaccination. Mais, même si l'on accomplit d'immenses progrès en la matière, pourra-t-on vacciner les enfants contre toutes

les infections qui les menacent ?

«Impossible, répond le Dr Jeanne Boucher, de l'AR-DEA (4) : on serait obligé d'élaborer des vaccins si "riches" en substances actives qu'il faudrait en augmenter les volumes – car un vaccin ne doit pas être trop concentré –, ce qui pourrait être dangereux pour l'enfant. On cherche donc à vacciner contre les maladies mortelles (ou dangereuses) et contre celles qui coûtent trop cher à la collectivité. » A l'avenir, il est possible que le génie génétique offre une solution au problème des vaccins multiples : on pourrait incorporer au chromosome d'un virus inoffensif les gènes codant pour de multiples protéines antigéniques, et, en injectant ce virus, vacciner contre autant de maladies.

Pour l'heure, la recherche se dirige en priorité vers la bronchiolite (infection grave) et vers les gastro-entérites (particulièrement coûteuses). Mais, si les rappels ne sont pas effectués, les vaccins ne sont pas la panacée. «Beaucoup de maladies auxquelles on est "naturellement" confronté confèrent une im-

(4) Association pour la recherche et le développement en épidémiologie appliquée.

munité définitive : la coqueluche, par exemple, signale Didier Floret. En revanche, le vaccin contre cette maladie n'immunise que pendant un certain laps de temps. Du coup, depuis quelques années, en France, on voit apparaître des cas de coqueluche atypiques et préoccupants chez l'adulte. De plus, ces adultes contaminent leurs enfants non encore vaccinés (à l'âge où la coqueluche est grave). Il faut donc prévoir des programmes de rappels pour ceux qui ont été vaccinés dans l'enfance. »

PRÈS DE CENT VIRUS ORL DIFFÉRENTS

Peut-on au moins espérer que les enfants qui auront contracté des maladies à la crèche seront moins malades par la suite, leur système immunitaire s'étant renforcé ? Le bon sens le suggère, mais, à ce jour, aucune étude n'était cette hypothèse. Pour Jeanne Boucher, «le problème réside dans le nombre de virus et de bactéries. Il existe, par exemple, 95 ou 96 pneumocoques (des bactéries), et une centaine de virus ORL. Quant au streptocoque, il change tout le temps». Autrement dit, même si un enfant est immunisé contre un virus ORL spécifique, il peut en attraper une centaine d'autres la même année.

La situation n'est pas forcément dramatique, car, ajoute le Pr Floret, «il y a aussi des immunités croisées : si un enfant contracte un virus x et est immunisé contre lui, il est possible qu'il soit immunisé aussi contre le virus y, voisin du premier. En outre, nombre d'infections virales donnent lieu à des maladies indécélables».

Il ne faut pas s'attendre à des miracles : la promiscuité favorise la propagation des microbes. Mais quelques mesures saluaires pourraient rapidement réduire les épidémies : «remédicaliser» les crèches, en refuser l'accès aux bébés de 3 mois, favoriser la création de crèches familiales. Et les bébés seraient bien gardés... ■

Les amours fertiles de la science

Extrait de :
Le Nid des Marsupilamis
de Franquin
© Dupuis

■ Farfelus, distraits ou maléfiques, des savants de tous poils arpentent depuis un siècle les planches de la bande dessinée. Ces personnages légendaires ont su incarner, à chaque époque, le sentiment populaire face à la science.

PAR PHILIPPE CHAMBON

Le marsupilami bondit au musée

Au Muséum des sciences naturelles de Bruxelles, l'animal imaginaire créé par Franquin, son nid et sa petite famille fournissent le prétexte d'un cours sur le nom des espèces.

Comme l'établit l'éminent biologiste Alain Quintard dans la *Revue des naturalistes belges*, *Marsupilami franquini*, originaire de la forêt palombienne en Amérique du Sud, appartient à une sous-classe des mammifères, les monotrèmes. Des animaux ovipares qui nourrissent

leurs petits au sein, comme les ornithorynques et quelques espèces d'échidnés. Le Muséum des sciences naturelles de Bruxelles lui consacre quatre vitrines dont l'une expose une famille marsupilamie dans son nid. Les pédagogues du musée ont choisi cette créature inventée par André

Franquin en 1952 pour expliquer au public comment les naturalistes procèdent pour décrire, classer et nommer un nouvel animal. Les scientifiques savent encore faire preuve d'humour et trouvent là une belle occasion d'associer légèreté et didactique, une attitude aussi rare que

et de la BD

Extrait de : *Le secret de l'Espadon* de E. P. Jacobs © éd. Blake & Mortimer

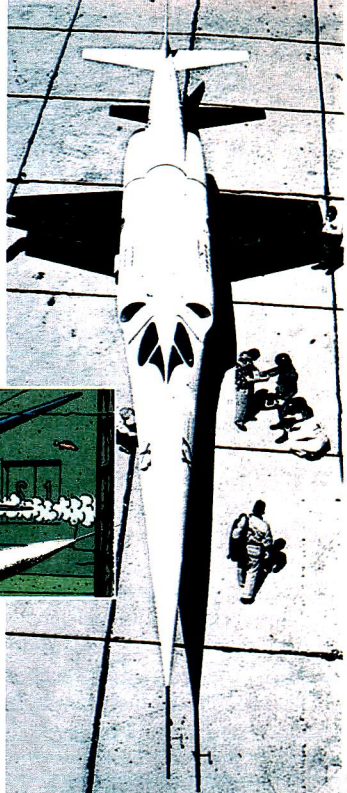


L'Espadon inspire l'US Navy

En 1946, Edgar P. Jacobs imagine l'*Espadon*, un avion amphibie révolutionnaire. Sept ans plus tard, *Science & Vie* se faisait l'écho d'un engin aux lignes similaires, bien réel celui-là, le Douglas X3 américain (à droite). Dans les années 60, c'est un véritable sous-marin volant qui sort des cartons de l'US Navy.



D. R.



D. R.

bienvenue. Voici donc un personnage de BD devenu objet de science. L'inverse est plus courant : une kyrielle de scientifiques imaginaires ou historiques multiplient les inventions et les découvertes au fil des planches de bandes dessinées. Le Dr Festus, dessiné par le Suisse Rodolphe Töppfer, fonde, en 1826, l'archétype du savant distrait. Mais ce n'est là que la préhistoire du neuvième art. Pour les spécialistes, la naissance véritable de la bande dessinée date de l'apparition de la première "bulle", connue sous le nom savant de phylactère. Cela remonte à 1896, avec Yellow Kid, un effronté petit voyou qui égaie les colonnes du *New York Journal*.

La bande dessinée a donc 100 ans. Un siècle d'histoires, longues ou courtes, des milliers de personnages, une littérature abon-

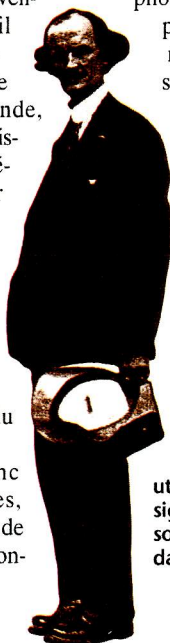
dante qui fait la joie de tous. Manifestation authentique de la culture populaire, cette forme d'expression nouvelle, contemporaine de la photographie et du cinéma, ne

pouvait ignorer ce personnage central de notre société technologique : le savant. Les premiers d'entre eux sont

d'incorrigibles distraits dont l'inattention est une source de gags inépuisable. Le fameux Cosinus est un précurseur, relayé par le professeur Nimbus, savant à l'unique cheveu en forme de point d'interrogation, qui devient vite une célébrité nationale. Ces personnages légendaires inaugurent une vague de doux dingues, hurluberlus égarés dans leurs élucubrations savantes tels que Tournesol et ses nombreux collègues ou encore le comte de Champignac des aven- ■■■

Le vrai visage de Tournesol

Pour broser le portrait de Tryphon Tournesol, Hergé s'est inspiré de la silhouette d'Auguste Piccard, savant suisse vivant à Bruxelles, inventeur du bathyscaphe. On remarquera que Tournesol utilise parfois un pendule, signe que sciences et parasciences sont équivalentes dans l'univers de la BD.



Illustrations
extraites de :
Le Tournesol illustré
© Casterman

L'éternel affrontement du bien et

■ ■ ■ tures de Spirou et Fantasio, tous inventeurs prolifiques et fauteurs de troubles imprévisibles. Plus sérieux, mais tout aussi symbolique de sa catégorie, le professeur Mortimer – création d'Edgar P. Jacobs –, physicien de haut niveau, incarne ces savants défenseurs des forces du bien, de la justice et de la bonne science, engagés dans une lutte farouche contre d'autres savants fous dangereux, les Septimus, Miloch, Zorglub et autres Ténébrax. On le voit, il s'agit bien dans la BD comme dans la grande majorité des récits populaires de rejouer sans cesse l'éternel affrontement du bien et du mal. Sur ce thème, le savant est un personnage de choix : possédant une connaissance inaccessible au commun des mortels, il peut acquérir un pouvoir sans limites que seule sa conscience lui interdit d'utiliser à des fins néfastes. Le bon savant n'en paraît que meilleur et le mauvais plus monstrueux encore. Cette incarnation du méchant tout-puissant choisit souvent pour repaire le fond des mers ou d'obscurs sous-ter-

Nimbus



Extrait de : Le Tourne-sol illustré © Castelman



Cosinus

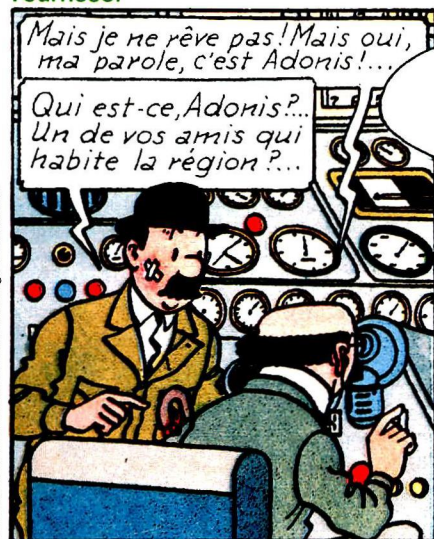
Extrait de : L'idée fixe du savant Cosinus © Armand Colin

Les gentils savants sont distraits

Cosinus, incorrigible hurluberlu perdu dans ses équations, fait figure d'ancêtre.

Il est né en 1893 sous le crayon de Christophe, alias Georges Colomb, par ailleurs sous-directeur du laboratoire de botanique de la Sorbonne. Nimbus, dont la distraction alimente tous les gags, survient dans les années 30. L'image du savant inspire de nombreux scénaristes, dont Hergé, qui, mis à part Tournesol, met en scène une dizaine de ses confrères. Franquin, lui, imagine Pacôme Hégésippe Adélarde Ladislas, comte de Champignac, chimiste et inventeur prolifique, ici en 1960, dans une histoire qui a certainement inspiré le film *Jurassic Park*.

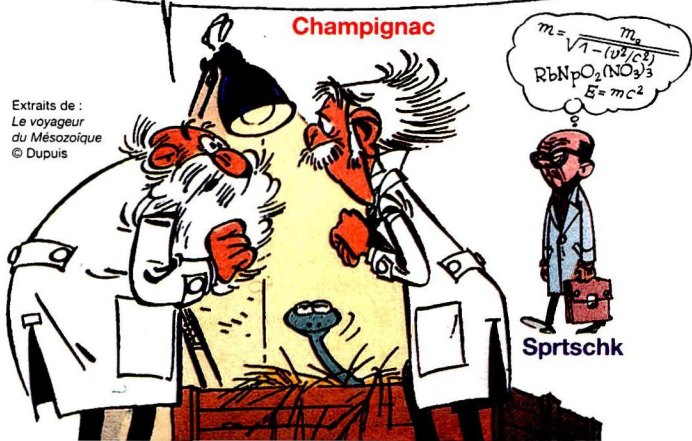
Tournesol



Extrait de : On a marché sur la Lune de Hergé © Castelman

CHAMPIGNAC, IL FAUT NOURRIR CET HERBIVORE ! COMPOSONS SON RÉGIME AVEC LE PLUS GRAND SOIN !

Champignac

Extraits de :
Le voyageur du Mésozoïque
© Dupuis

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}$$

$$RbNpO_3(NO_3)_3$$

$$E = mc^2$$



Sprtschk

du mal

rains. Il appartient au monde du dessous, il surgit tout droit de l'enfer. Il est le Mal, mesquin, vindicatif, aigri et mégalomane, au point que les héros positifs, naïfs et généreux, ne comprennent pas tout de suite où le monstrueux personnage veut en venir. Le *happy end* est de rigueur. Au fil des albums et des histoires à suivre, les personnages diffèrent mais les symboles perdurent.

Parallèlement, la bande dessinée s'empare des savants historiques et relate la vie des grands noms de la science que l'on retrouve notamment dans *Les belles histoires de l'Oncle Paul*, publiées dans le magazine *Spirou*. Naturellement, elle s'attache plus aux aspects anecdotiques de leur biographie qu'à la démarche scientifique. Cependant, certains auteurs plus récents ont tenté d'utiliser la BD à des fins pédagogiques : ainsi la série des *Anselme Lanturlu* du physicien

...SIORT...XUED...NU...
OREZ!
AAH ! ME VOICI REDEVENU LE **GRAND ZORGLUB!**

Extrait de :
Z comme Zorglub
© Dupuis

Zorglub

Jean-Pierre Petit, qui n'hésite pas à aborder la physique quantique, l'informatique ou la mécanique des fluides. On trouve aussi des bandes de vulgarisation consacrées à l'histoire de la génétique ou de la géologie, etc. Tentatives que n'apprécient pas toujours les scientifiques eux-mêmes. Ainsi, l'astrophysicien Alfred Vidal-Madjar estime que ces bandes dessinées sont toujours ennuyeuses et ne sont lisibles que par un public de toute façon prêt à lire un livre entier sur le sujet. Nombre de scientifiques n'apprécient pas du tout l'image déformée, caricatura-

Les savants méchants sont mégalos

Lâches, frustrés, remplis de haine, démoniaques, représentants hauts en couleurs de la face sombre de l'humanité, les vilains savants ne font que démontrer à quel point la science est toute-puissante aux yeux de la culture populaire qui s'exprime à travers la BD.

Extrait de : La marque Jaune de E. P. Jacobs © éd. Blake & Mortimer

CEPENDANT, TANDIS QU'IL PARLE, LE DISQUE MYSTÉRIEUX S'EST REMIS SUBITEMENT EN MOUVEMENT... ET TOURNE, ÉTINCELANT !

Je suis un misérable...
je suis un misérable...

AUJOURD'HUI PARIS ! DEMAIN
LONDRES, MILAN, MOSCOU !...

Wolff

Extrait de : On a marché
sur la Lune de Hergé
© Casterman

Septimus

Ténébrax

Extrait de : La santé dans
les bandes dessinées
© Frison Roche/CNRS Editions

Un monde inhumain, désespérant

■ ■ ■ le, dépassée, que leur renvoie la bande dessinée. C'est oublier qu'elle n'existe pas pour rendre compte d'une réalité ou pour éduquer mais pour mettre en scène une mythologie et des représentations populaires. Elle relève avant tout de la fiction. Les faits scientifiques y apparaissent comme des alibis, des prétextes dont l'exactitude ou même la vraisemblance importent peu au lecteur. D'ailleurs, la science et la magie tendent à se retrouver à égalité : Tournesol invente le moteur atomique pour sa fusée lunaire... et utilise un pendule.

Curieusement, si la bande dessinée met en question l'usage que les hommes font de la science, la science, elle, reste pure, inattaquable, positive pendant la première moitié du siècle. Le danger ne vient jamais du savoir ou de la technologie, tous deux intimement liés à l'idée de progrès. Optimisme scientifique qui reflète l'esprit d'une époque. Cette image

est largement favorisée par l'attitude des scientifiques eux-mêmes. L'historien du CNRS Philippe Videlier note que « la dualité de l'usage d'un savoir scientifique en constant développement est constitué dès les années 30 avec la trilogie classique américaine par laquelle la bande dessinée entre dans l'univers technologique : Buck Rogers, Brick Bradford (Luc Bradefer, en français) et Flash Gordon (Guy l'Eclair) ».

Pour lui, le summum du progrès scientifique dans la BD s'exprime par la manipulation de l'atome, qui revient comme un leitmotiv. L'énergie nucléaire est dotée de pouvoirs miraculeux, parfaitement magiques. Ainsi, c'est elle qui est à l'origine des extraordinaires facultés de Spiderman : il a contracté ses dons à la suite de la morsure d'une araignée irradiée. Les fusées atomiques disputent la vedette à des Martiens dont la supériorité provient d'une maîtrise ancestrale de l'énergie ato-

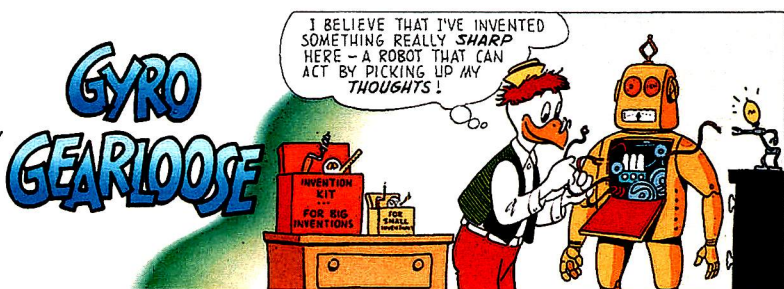
mique. Les comic books américains de l'après-guerre affichent des titres comme *Science comics*, *Inside the Atom* ou *Marvels of Science*. Les superhéros de l'époque se nomment The Atom, Captain Atom, Nukla, Doctor Solar, etc. Philippe Videlier se demande si « le thème atomique n'est peut-être pas autre chose, dans la culture populaire, qu'un retour à l'alchimie : transmutation du corps, et élixir de longue vie ».

Quelques années plus tard, au milieu des années 60, cette perception change. La remise en cause globale de la société, de ses valeurs et de son fonctionnement n'épargne pas la science. Le tout technologique prôné durant la pleine expansion de l'après-guerre devient suspect. Au départ, c'est la bande dessinée "underground", profondément contestataire, qui s'empare de ce thème. Son plus fameux représentant, Robert Crumb, invite, dans la revue *Zap Comics*, en 1967, à décou-

Intarissables inventeurs

Transmission de pensée par robot, spatiophone, fusée atomique : les savants de papier sont des inventeurs féconds. Leurs trouvailles, plus ou moins délirantes, démontrent un extraordinaire savoir. Leurs auteurs abolissent allégrement la frontière entre science et fiction.

Extrait de :
On a marché
sur la Lune
de Hergé
© Casterman



© Walt Disney



KFS - distr. par RMP, Paris

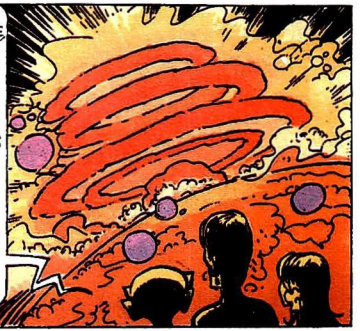


Spider-Man TM
& © 1996
Marvel Characters inc.
all rights reserved.
used with
permission

La désillusion

Des années 30 aux années 50, l'atome est crédité de tous les bienfaits. Il donne naissance à des mutants "bénéfiques" tels que Solar ou Spiderman. Le doute s'installe à la fin des années 50, lorsque naît l'idée que la science peut échapper à l'homme. C'est le "post-catastrophisme".

EN 1986, UN DÉPÔT DE BOMBES À HYDROGÈNE LOCALISÉ PRÈS DU PÔLE NORD A EXPLODÉ ACCIDENTELLEMENT. VOUS VOYEZ LÀ, LA PHOTO DE L'EXPLOSION IMMÉDIATEMENT, LES CALOTTES GLACIAIRES ONT COMMENCÉ À FONDRE... LE CLIMAT EST DEVENU TORRIDE SUR TOUTE LA SURFACE DU GLOBE ET L'EAU A MONTÉ DE PLUSIEURS MÈTRES, ENGLOUTISSANT LA PLUPART DES GRANDES VILLES...



Extrait de : La cité des eaux mouvantes © Dargaud



Simon du fleuve

Extrait de : Méfis © Editions du Lombard

vir un monde futuriste, aseptisé, parfaitement inhumain, froid, désespérant. Le phénomène gagne bientôt la BD classique avec un thème qui fera florès : l'accident. La science échappe à la maîtrise de l'homme, provoquant un cataclysme planétaire. Les survivants sont des monstres vivant dans un monde déchiré, livrés à des despotes hideux. Videlier y voit une résurgence du mythe de Pandore. Valérien et Laureline, agents spatio-temporels, marquent ce tournant dans les pages de *Pilote* en 1968. On y apprend qu'un dépôt de bombes à hydrogène localisé près du pôle Nord a explosé en 1986, ne laissant qu'une poignée de survivants au fin fond de la forêt brésilienne. Désormais, la bande dessinée se nourrit de "post-catastrophisme",

sauce *new age* trouver sa place chez de grands auteurs tels que Moebius, Jodorowski ou Bilal.

Aujourd'hui, la science reste pré-

Pédagogie

Les tentatives pédagogiques, parfois très réussies (ici, *Anselme Lenturlu*), n'évitent pas toujours simplification ou raccourci abscons.



Extrait de : Pour quelques ampères de plus de J. P. Petit © Belin

Sombre futur

Dans *Thanata* (1996), comme dans de nombreuses créations contemporaines, la science n'étonne plus. Elle est banalisée, et ses applications, souvent malsaines, font partie du quotidien.



Extrait de : *Thanata* de Cothias & Hé © Glénat

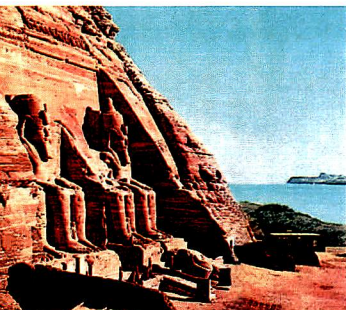


d'écologie et de pacifisme. Elle a perdu confiance en la science, comme une bonne partie de ses lecteurs. Il est d'ailleurs symptomatique de voir les "parasciences" et l'orientalisme mystique à la

sente dans les bandes dessinées, peut-être même plus qu'avant, mais elle n'est plus que rarement au centre du sujet. Elle s'est banalisée en envahissant les mondes imaginaires des auteurs. Elle représente les aspects négatifs des sociétés étouffantes dans lesquelles se débattent les héros de *Tanatha* ou de *Vanity Benz*, les titres en vue ces derniers mois.

© Dupuis
FIN

Il y a 35 ans



Abou Simbel sauvé des eaux

«Exhausser le temple d'Abou Simbel, voilà la prouesse technique envisagée pour préserver les 4 géants du Nil menacés par le barrage d'Assouan. L'Unesco tente de récupérer les 375 millions qui les sauveront tandis que la riche vallée de Nubie sera envahie par les flots.»



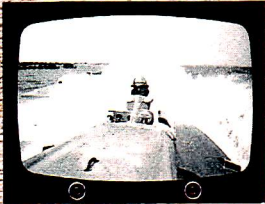

Titov sous les vivas

«Pendant vingt-quatre heures, le cosmonaute Guerman Titov a écrit, mangé, dormi en état de non-pesanteur à bord du vaisseau spatial Vostok. Pour lui, le Soleil s'est levé 17 fois sans qu'apparemment il souffre d'aucun trouble. Peut-on vivre en état de gravité zéro ? La conquête des étoiles en dépend.»

529
RENTÉE SCOLAIRE:
Comment combattre le SURMENAGE

SCIENCE VIE
et
N° 529 - OCTOBRE 1961 - 4,100 MF
abonnement 20 F - Paris 19 171 - Journaux S.E.N.

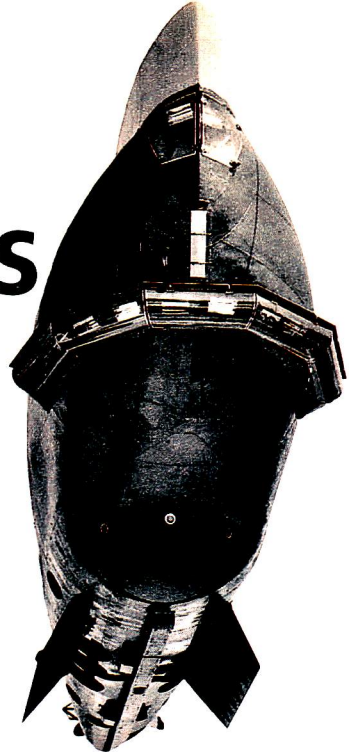
TV EN COULEURS

Système français contre système U.S.
L'EUROPE VA CHOISIR

Octobre 1961

«NTSC (National Television System Committee) américain ou Secam (Système séquentiel à mémoire) français, l'Europe doit choisir entre ces deux procédés de télévision en couleurs. Le Secam présente bien des avantages, surtout une plus grande facilité d'utilisation pour tous les récepteurs.»

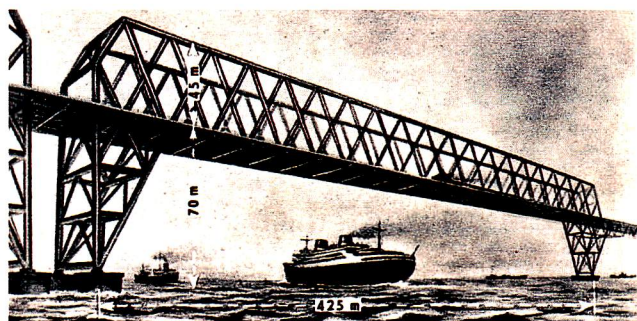


L'Archimède

«Ce laboratoire océanographique ira explorer les fosses des Mariannes. Jusq'à 11 500 m, là où la pression est d'une tonne par cm². Une sphère de nickel-chrome-molybdène de 19 t et un flotteur ultra-léger, tel est le bathyscaphe du professeur Piccard.»

Un pont sur la Manche

«33 200 m de long, neuf voies routières et ferrovières, un trafic de 6000 véhicules par heure, l'ouvrage a ses adeptes. Paris-Londres à pieds secs ? A péage sûrement, pour amortir ses 3 milliards de francs.»



Un seul code pour 10 services financiers

3617 ECONET*

* 2,23 F TTC la minute

EN DIRECT ET EN CONTINU

LA BOURSE ET LES SICAV

LES RECOMMANDATIONS DES PROFESSIONNELS

La santé financière de plus de 2 millions d'entreprises
Tous les problèmes de droit du travail et de fiscalité...

Option Finance

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



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

☐ **1 an couplé - 12 mensuels + 4 hors série :**
296 francs seulement au lieu de 376 francs*

*Cochez SVP

☐ **1 an simple - 12 mensuels :**
226 francs seulement au lieu de 276 francs*

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

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

**Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au
(33-1) 46 48 47 17 ou sur Minitel en tapant 3615 ABON.**

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.

SV 949

Sommes-nous seuls dans l'univers ?



INDEPENDENCE

LE JOUR DE LA RIP

2
OCTOBRE

ENXADISEZ LE SITE INTERNET INDEPENDENCE DAY SUR
<http://www.id1.com>



nivers ?

LE FILM ÉVÈNEMENT QUI POURRAIT BIEN CHANGER VOTRE VISION DU MONDE

L'INEXORABLE COMPTE À REBOURS A COMMENCÉ !

1er JOUR

«Toutes vos convictions s'effondrent...»

Un matin comme les autres, pensez-vous. La radio annonce qu'un monstrueux corps céleste non identifié stationne au-dessus de notre planète... C'est impossible ! Vous réalisez qu'il s'agit d'un vaisseau extra-terrestre...

Soudainement, une multitude d'autres ovni surgissent de partout, le ciel s'obscurcit dangereusement alors que la moitié de la Terre est déjà détruite...

2ème JOUR

«Une lueur d'espoir»

La contre-attaque s'organise, le président des Etats-Unis est en première ligne.

L'armée américaine envoie ses escadrons de pilotes de chasse les plus expérimentés. "Ils" ripostent et déciment la flotte américaine. Au terme d'une lutte sans merci, une lueur d'espoir apparaît.

3ème JOUR

«Le jour de la Riposte»

L'arme atomique comme ultime riposte ? Est-ce le prix à payer pour retrouver NOTRE INDEPENDANCE ?

UNE DERNIÈRE SOLUTION

Vous réfugier dans le cinéma le plus proche. Dès le mardi 1er octobre en soirée vous pourrez être les premiers à "les" rencontrer. Renseignez-vous auprès des salles de votre ville.

CE QUE VOUS DEVEZ SAVOIR AVANT DE LES AFFRONTER

- **AREA 51** : Base militaire secrète qui renfermerait les restes d'un vaisseau spatial écrasé sur terre. L'armée américaine a exigé qu'aucune référence à ce site ne soit faite dans le scénario du film. Refus des réalisateurs... l'armée décide alors de ne pas collaborer au film.

- **ROSWELL** : Lieu du Nouveau-Mexique où aurait eu lieu, en 1947, le crash d'un vaisseau spatial extra-terrestre.

BILL CLINTON, PRÉSIDENT DES ETATS-UNIS VOUS PARLE :

"Certains ont dit que j'avais quitté la Maison Blanche, car c'était le jour de l'invasion des extra-terrestres !

Néanmoins, j'espère qu'elle sera toujours là à mon retour, mais, de toutes façons, je vous conseille vivement d'aller voir ce film."



Les climatiseurs jettent un froid

■ Autrefois équipement de luxe, l'air climatisé est devenu courant, même sur les petites voitures. Malheureusement, on vient de découvrir qu'il pollue.

PAR GÉRARD MORICE

Aujourd'hui, les bienfaits des climatiseurs ne sont plus à démontrer. A condition, toutefois, de bien les utiliser : une climatisation trop froide peut causer un choc thermique, qui se traduit par une bonne angine. Les climatiseurs maintiennent une température "de confort" et apportent un air sans cesse renouvelé et purifié, souvent même aseptisé (pour éviter la biocontamination) et déshumidifié. Ils constituent ainsi un moyen efficace de lutter contre la pollution de l'air que l'on peut trouver dans un appartement, un atelier ou un bureau : respiration, fumées de cigarettes ou de cheminées, gaz d'échappement automobiles, poussières, etc.

LES ACCESSOIRES NE SONT PAS TESTÉS

Des études scientifiques ont prouvé que les climatiseurs agissent directement sur l'efficacité au travail, réduisant la fatigue et conduisant de façon incontestable à une amélioration du rendement. Une grande banque, le Crédit Lyonnais, a observé que la quantité d'erreurs commises dans ses services comptables a diminué de 40 % grâce à l'apport de la climatisation.

En matière automobile aussi, la climatisation apporte le summum du confort. Quatre-vingts pour cent

de ceux qui l'ont utilisée ne peuvent plus s'en passer. D'autant plus que les "designers" automobiles ont multiplié les surfaces vitrées, ce qui a eu pour conséquence d'augmenter les apports de chaleur à l'intérieur de l'habitacle. Chaque nouveau modèle gagne, en moyenne, près de 10 % de vitrage par rapport au précédent. Ce "luxe" qui peut coûter 6 500 F (Fiat Punto), 10 490 F (Volkswagen Golf) ou 12 230 F (Renault Safrane), deviendrait, assure-t-on de toutes parts, un élément indispensable de la voiture moderne (1).

La demande des automobilistes est du reste telle que les constructeurs sont obligés de prévoir la climatisation sur des véhicules de gammes de plus en plus basses. Aux Etats-Unis et au Japon, plus de 90 % des véhicules neufs destinés aux particuliers sont équipés de climatiseurs. En Europe, la proportion est aujourd'hui de 20 %. Et on prévoit que ce taux s'élèvera à 60 % en l'an 2000, ce qui représentera, pour la France, 5,2 millions de véhicules. Un véhicule en circulation sur cinq sera climatisé !

Fort bien, dira-t-on. Ce sont les

bienfaits du progrès. Sauf que ce progrès s'accompagne d'"invités inattendus" très indésirables. Au point que l'ADEME, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, lance aujourd'hui un véritable cri d'alarme contre la "clim". Son rapport, "La climatisation automobile, impacts énergétiques et environnementaux : premier constat", est la synthèse d'études approfondies menées par l'UTAC (Union technique de l'automobile, du motocycle et du cycle) et par ARMINES (Association pour la recherche et le développement des méthodes et processus industriels). Les résultats de cette étude, constate l'ADEME, sont "alarmants".

Première anomalie révélée par ce rapport : la réglementation européenne sur les rejets polluants et la mesure des consommations des véhicules se fondent sur des tests effectués uniquement sur le moteur en marche, en dehors des accessoires ! Or, la climatisation automobile se révèle précisément fort polluante, et elle entraîne une notable

(1) Cette absolue nécessité d'équiper son véhicule d'un climatiseur est vivement mise en cause par l'ADEME, qui précise : « La climatisation est utilisée moins de cent dix heures par an en France... »





F. BOLUSSET

Une progression inquiétante

D'ici à l'an 2000, le pourcentage de voitures équipées de climatiseurs passera de 20 % à 60 % en Europe. Or, la climatisation entraîne une surconsommation de carburant, et les fuites de produit frigorigène sont nocives pour la couche d'ozone. Ci-dessus, tests de climatisation en laboratoire.

consommation supplémentaire de carburant... Il faut donc, impérativement, revoir la réglementation.

Les systèmes de climatisation (voir schéma page suivante) utilisent des fluides frigorigènes (CFC R 12 ET, et, sur les modèles les plus récents, HFC R134 a, qui ne contient pas de chlore). En raison de fuites dans les liaisons flexibles et au joint tournant du compresseur, ces fluides polluent l'atmosphère avec des conséquences sur la couche d'ozone et l'effet de serre. Les pertes de fluides sont estimées à 30 % en

moyenne par an (puisqu'il s'agit d'une moyenne, ces pertes peuvent donc être, sur certains modèles, bien supérieures!). La réglementation ne l'imposant pas, les fluides ne sont par ailleurs pas recyclés en "fin de carrière" des véhicules.

Outre cet effet direct, la climatisation d'une voiture entraîne une augmentation significative de la consommation de carburant. Six véhicules représentatifs des segments de marché ont été testés suivant des cycles normalisés (2). Ces essais ont montré, en ville, une

augmentation moyenne de 1,8 l aux 100 kilomètres pour les véhicules essence (soit + 15 %) et de 2,5 l/100 km pour les véhicules diesel (soit + 26 %). Cela signifie, pour le parc automobile actuel, une émission annuelle supplémentaire de 0,4 million de tonnes de CO₂. Ces résultats sont aggravés, lorsque – et c'est généralement le cas – le circuit de refroidissement n'est pas convenablement chargé. Une perte de fluide de 30 % entraîne une surconsommation moyenne de 0,6 l/100 km, qu'il convient d'ajouter aux valeurs précédentes. Pour le portefeuille de l'automobiliste, cette consomma-



(2) Une deuxième étude est actuellement en cours sur une vingtaine de véhicules.

tion supplémentaire de carburant se chiffre par un coût moyen annuel de plus de 1 100 F.

La surconsommation des moteurs due à la climatisation entraînera, en France, en l'an 2000, un surcroît énergétique de 0,5 million de Tep (Tonne équivalent pétrole) par an, accompagné de ses rejets : CO, NOX, HC, particules (oxyde de car-

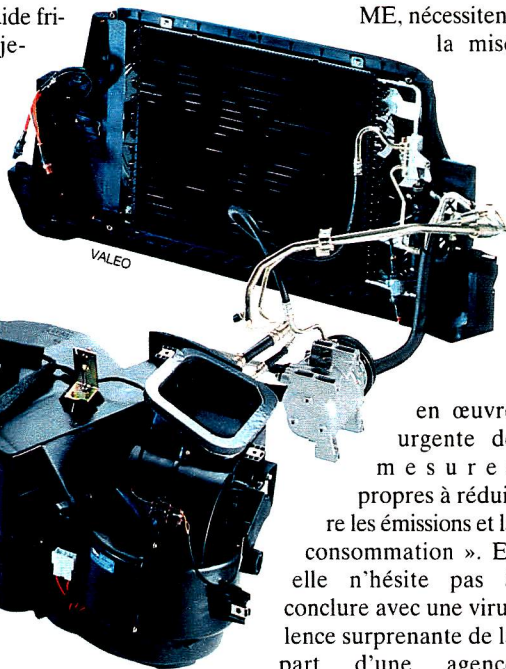
bone; oxydes d'azote; restes d'hydrocarbure imbrûlé; cendres et poussières diverses provenant, notamment, de l'huile). Au total, 4,86 millions de tonnes de CO₂ par an, dont 1,45 million de tonnes au titre des émissions à l'échappement et 3,41 millions de tonnes au titre des fuites de fluide frigorigène, seront reje-

tées dans l'atmosphère. Autant d'éléments qui auront un impact sur l'effet de serre.

« Un tel constat sur ce premier échantillon de mesures, et les effets prévisionnels à court terme du développement rapide de la climatisation automobile, affirme l'ADEME, nécessitent la mise

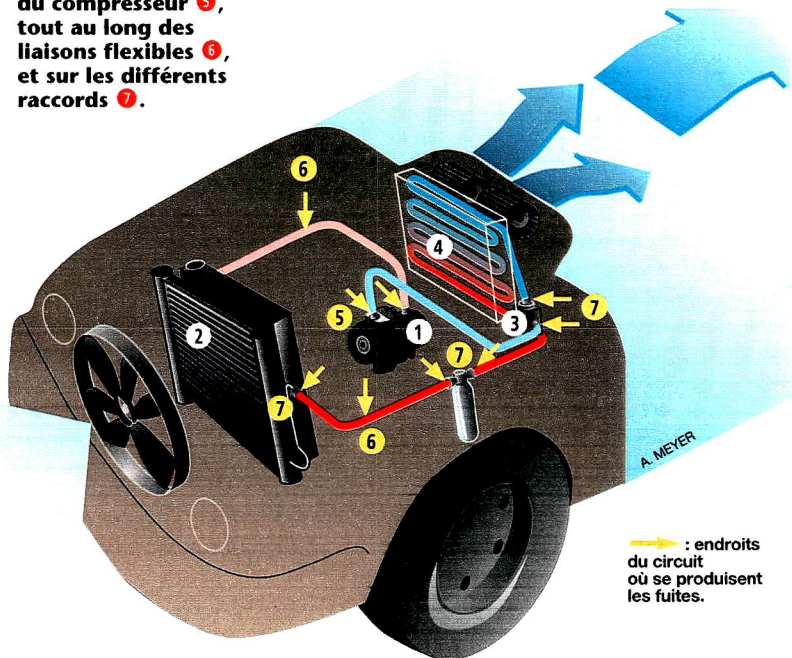
Des fuites dans le système

On estime à 30 % par an les fuites de fluide frigorigène, un produit nocif pour la couche d'ozone. D'abord comprimé sous forme de gaz chaud par le compresseur ①, le frigorigène est ensuite condensé sous forme de liquide chaud dans le condenseur ②. Puis il est détendu sous forme de liquide/gaz froid dans le détendeur ③, et envoyé à l'évaporateur ④ qui le transforme en gaz froid; il retourne alors au compresseur. Les fuites peuvent intervenir sur le joint tournant d'entraînement du compresseur ⑤, tout au long des liaisons flexibles ⑥, et sur les différents raccords ⑦.



en œuvre urgente de mesures propres à réduire les émissions et la consommation ». Et elle n'hésite pas à conclure avec une virulence surprenante de la part d'une agence d'Etat : « Il en va de la responsabilité des pouvoirs publics en matière de protection de la santé des citoyens ».

L'ADEME nous indique que sa conclusion n'est, à ses yeux, aucunement surprenante, dans la mesure où elle est une agence de réflexions et de suggestions, qui n'a pas directement autorité en matière de réglementation. « Le travail qui nous est demandé, dit-elle, se situe en amont : il nous conduit à "pousser des cris d'alarme" pour orienter l'action des pouvoirs publics qui peuvent, eux, modifier la réglementation. » ■



30 F

avec son

CD-Rom
[PC/Mac]

En quoi les **micro-ordinateurs** multimédias de 1997 seront-ils différents ?

Pourquoi les **CD-Rom** coûtent-ils si cher ?

Un simple jeu peut-il vous rendre **dingue** ?

Y a-t-il un **ministre** de l'informatique dans la salle (de classe) ?

Pourquoi le prochain dictionnaire Larousse est-il signé Microsoft ?

Peut-on vraiment tout trouver sur **Internet** ?

Quand **l'intelligence** vient aux jeux, à quoi rêvent les créatures électroniques ?

Les magazines **on-line** sont-ils en train d'inventer une nouvelle forme de journalisme ?

Spécial déflation : pour 1000 F, que peut-on offrir à son micro ?

La création d'icônes est-elle un **art** ?

Pourquoi les **logiciels** polluent-ils tant les disques durs

Réponses le 4 octobre dans le **nouveau**

SVM
multimédia
L'explorateur des médias interactifs

Les maîtres du stade

■ Plus haut, plus grand, plus vite, plus fort : les défis que se sont imposés les architectes, les constructeurs et les acousticiens maîtres d'œuvre du Stade de France préfigurent ceux que relèveront, dès 1998, les sportifs qui évolueront dans son enceinte. Visite guidée en Plaine Saint-Denis, où se bâtit cet ouvrage révolutionnaire.

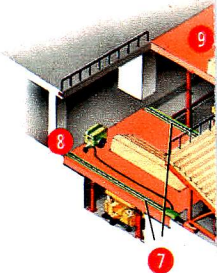
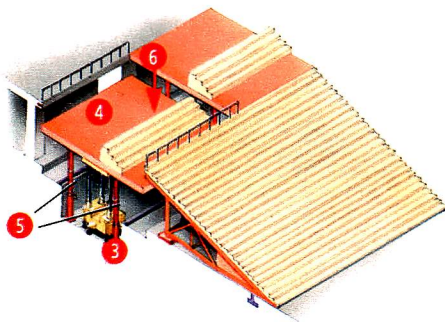
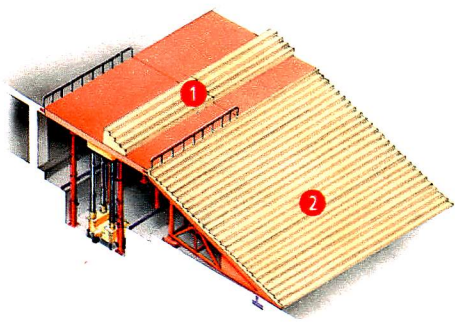
PAR FABRICE LAURENT



Juillet 1998, banlieue nord de Paris. Il est 21 heures, la température est douce et la pelouse, parfaite. Dans l'enceinte du Stade de France, deux équipes s'apprêtent à disputer le match d'ouverture de la seizième coupe du monde de football. Un coup de sifflet strident libère enfin les protagonistes sous la clameur de 80 000 spectateurs. Le stade se met à vibrer sur ses 800 pieux de fondation. Cet ouvrage magnifique aura nécessité des milliers d'heures d'effort et de passion...

Juillet 1996, même lieu, en fin de matinée.

Temps enso- ■ ■ ■



Tribune escamotée sans trucages

Pour accueillir des épreuves d'athlétisme, le stade subit une métamorphose qui dure environ 4 jours. Au préalable, on démonte la tribune escamotable ① qui

surplombe la tribune à replier ②. Un chariot élévateur (ressemblant à ceux que l'on croise dans les aéroports), qui circule dans une fosse sous les tribunes ③, vient

s'arrêter pour procéder à l'enlèvement de la dalle de béton ④ qui supporte les gradins. Les poteaux téléscopiques ⑤ sont déverrouillés.

■ ■ ■ leillé, pelouse impraticable. Le futur Stade de France vibre déjà. Ce sont aujourd'hui les grues, les camions et les ouvriers qui rythment son quotidien. Sans relâche: l'inauguration est prévue dans moins de dix-huit mois – le 16 février 1998, pour le tournoi des Cinq Nations. Pour gagner du temps, les pièces horizontales sont construites en dehors du chantier et acheminées par camion. Elles sont scellées au moment où l'on coule le béton des parties verticales...

Dès sa conception, le Grand Stade a été prévu pour accueillir aussi bien des épreuves d'athlétisme (en particulier celles des Jeux olympiques) que des matchs de football et de rugby. Sa principale particularité tient dans sa faculté à se transformer, d'une enceinte prévue pour l'athlétisme, en un stade exclusivement réservé aux sports collectifs. Mais pourquoi a-t-on décidé de jouer la carte de l'architecture modulaire, au lieu d'installer une simple piste olympique avec un terrain au milieu?

Pour la visibilité, tout d'abord. Les architectes – Eyméric Zublena, Michel Macary, Michel Regembla et Claude Costantini – voulaient

voir les tribunes "coller" à la pelouse, pour permettre aux spectateurs de mieux vivre les compétitions. Or, une piste d'athlétisme est large de plus de dix mètres, ce qui implique un éloignement des gradins.

Pour la taille, ensuite. En rapprochant les tribunes, on peut construire un équipement un peu plus petit,

donc moins encombrant dans le paysage urbain. Avec une capacité de 75000 places en version "athlétisme", celui-là sera cependant le plus grand stade transformable jamais construit en Europe.

Les architectes ont aussi pensé leur ouvrage du point de vue esthétique. Vu du dessus, le toit du stade

LES PIEDS DANS LES HYDROCARBURES

■ Le "retard à l'allumage" du chantier du Grand Stade (démarré en mai 95) était dû en grande partie à la pollution du site, qui touchait non seulement le sol, mais aussi la nappe phréatique du sous-sol.

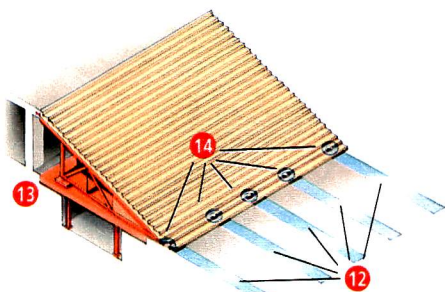
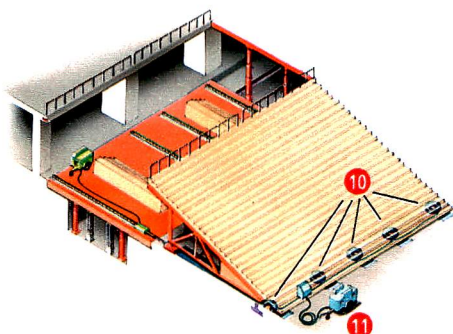
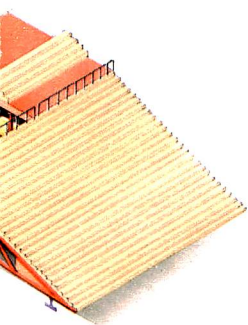
GDF a aussitôt reconnu sa responsabilité dans la pollution de surface. La présence de ses gazomètres sur les lieux avait rendue inéluctable l'apparition de substances résiduelles (hydrocarbures, ammoniacale). Le faufil s'était engagé à dépolluer la zone... non sans quelques "oublis", qui ont conduit à l'arrêt de l'évacuation des terres par péniche.

La nappe phréatique était souillée par des hydrocarbures. Les experts estiment que cette pollution est à mettre sur le compte du groupe Total, implanté non loin des lieux.

Les terrassements et les forages s'en sont trouvés perturbés. Les piliers de fondation ont été traités et les substances indésirables pompées avant de pouvoir commencer les travaux de terrassement.

A noter que ces hydrocarbures dégagent du H₂S (acide sulfhydrique), un gaz très nauséabond.

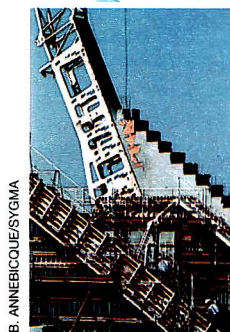
Le consortium chargé de la construction a dû engager des moyens supplémentaires en conséquence. Mais qui payera la facture? Nul ne le sait encore. Quant à la pelouse, plus personne n'ose parier qu'elle sera verte et tendre...



La dalle est descendue doucement ⑥, puis équipée de glissières ⑦ et branchée sur un groupe hydraulique ⑧. L'élévateur est mis en place sous la dalle suivante ⑨ qui subit

le même sort. A l'avant de la tribune basse, les coussins d'air ⑩ sont installés et branchés à l'alimentation pneumatique ⑪. Des bandes de revêtement

lisse ⑫ sont posées sur leur trajet. La tribune basse, équipée de patins de Téflon ⑬, est soulevée par les coussins d'air sous pression ⑭, puis tirée de 15 m en arrière.



B. ANNEBICOLLE/SYGMA

ressemble à un gigantesque disque horizontal et lumineux, évidé en son centre, suspendu plusieurs dizaines de mètres au-dessus du sol. L'idée force est de rappeler un anneau olympique... La superficie totale du disque est de 6 hectares, son poids (14500 tonnes) est supérieur à celui de la tour Eiffel. Il est soutenu par 18 piquets métalliques et arrimé grâce à un système de haubanage. Au centre, la couverture en verre opalin laisse passer la lumière dont la pelouse a besoin. A la périphérie, la charpente métallique est recouverte d'un vélum étanche.

QUAND LE TOIT RISQUE DE S'ÉVOUER

Cette élégance a un prix: il faut hisser la charpente à la hauteur requise. Pour ce faire, on va utiliser une grue unique au monde par sa taille - sa flèche culmine à 110 m de hauteur (voir notre encadré)!

L'installation est délicate: un demi-disque est en effet moins solide qu'un disque entier. Chaque élément du toit doit être solidaire de ses voisins pour offrir une résistance optimale aux forces de traction et aux caprices d'Eole.

A Nantes, des tests en soufflerie

ont été mis en place pour cerner les éventuels problèmes. Les modélisations ont porté sur un stade entier, puis sur un demi-stade, pour permettre de calculer les forces mises en jeu au niveau de l'infrastructure (toiture, piliers, escaliers) pendant la construction.

Les chercheurs du CSTB (Centre des sciences et techniques du bâtiment) ont recréé sur ordinateur les caractéristiques du vent et les turbulences générées autour du stade. Ils ont aussi étudié le comportement de maquettes rigides ou déformables en soufflerie atmosphérique turbulente. Les 800 capteurs implantés sur ces maquettes, réalisant 50000 mesures par seconde, ont permis d'évaluer les charges locales, des efforts globaux, du comportement dynamique et de la fatigue de l'ouvrage.

Un autre problème émane des haubans de traction situés sur le bord extérieur de la toiture, et qui la relieront au sol. Par vent violent, des portions de toit sont susceptibles de se soulever. La traction risque d'amplifier le phénomène, rendant la catastrophe inévitable. Pour l'éviter, chacun des 18 morceaux du toit devra être lesté. Ainsi, le stade sera

capable de supporter des bourrasques de 145 km/h.

D'autres problèmes, et non des moindres, sont directement liés à la future utilisation de l'édifice. Il va sans dire que l'on n'organise pas une manifestation sportive sans générer de perturbations acoustiques. Bruits de la foule, sonorisation, ambiance, sont autant de paramètres difficiles

Athlétisme, football et rugby en alternance

à maîtriser. Il faut éviter d'être trop bruyant aux alentours (les habitations sont proches), tout en garantissant une sonorisation parfaite du stade, et en étant capable de restituer le bruit de la foule en liesse à l'intérieur du stade. Ceci, bien sûr, en respectant les normes d'usage...

Des études acoustiques préliminaires ont été réalisées sur ordinateur (à l'aide des programmes CATT acoustic et Imission) par

Le sport... et ses à-côtés !

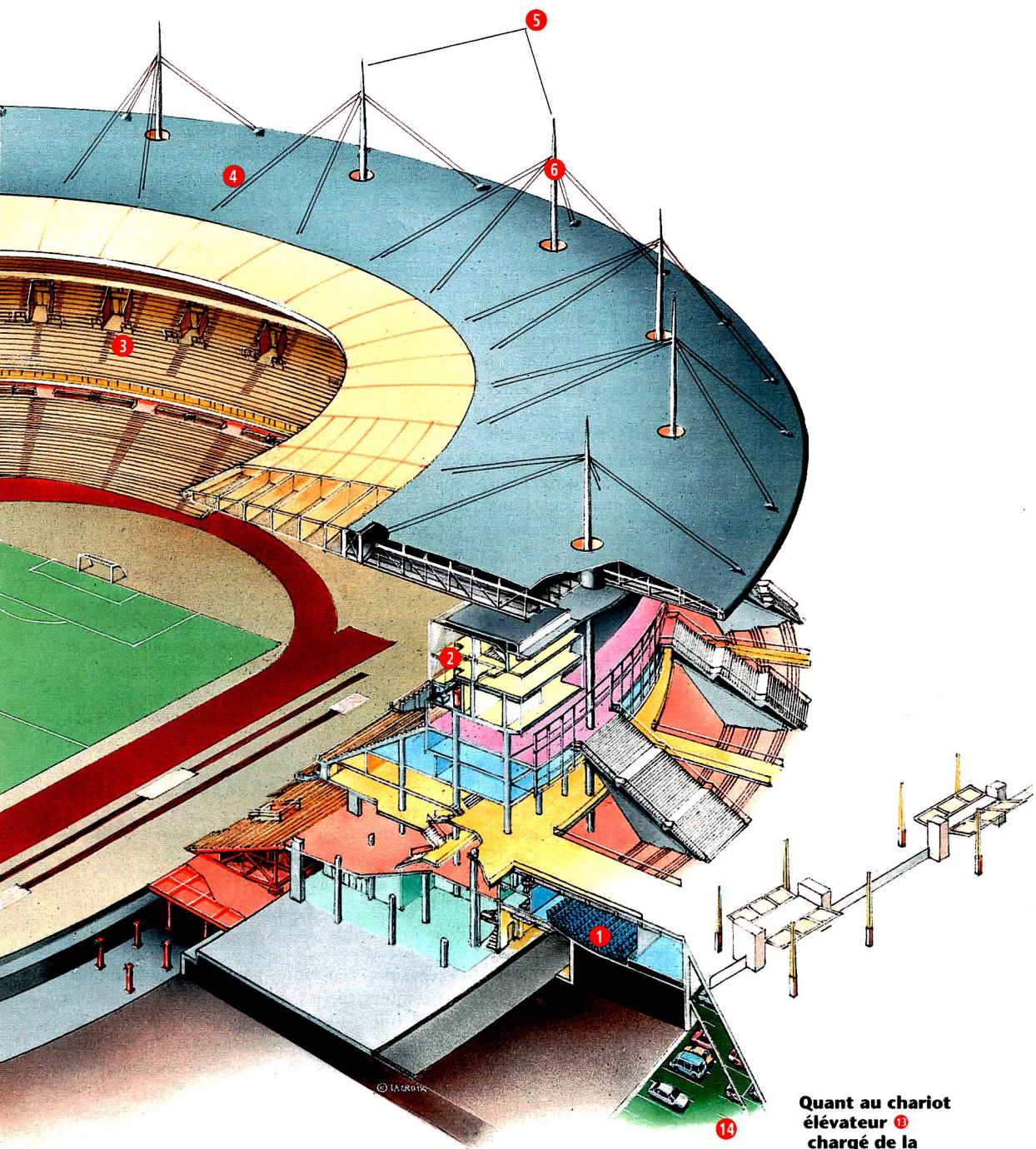


Le stade comportera de nombreux aménagements, parmi lesquels une salle polyvalente de 2 000 m² ①. Les travées de d'édifice ② seront ouvertes toute l'année au public. Outre une

galerie commerciale, on pourra y trouver des bureaux, des loges, trois restaurants (300 couverts au total) et des salons réservés aux personnalités.

Les tribunes ③ pourront accueillir 80 000 personnes en version "football", et 75 000 en version "athlétisme".

La couverture ④ sera soutenue par 18 piquets métalliques ⑤. Chacun d'entre eux sera arrimé aux



secteurs principaux du toit par 4 haubans **4**. Sur proposition de Michel Platini, la pelouse **7** devrait mesurer 105 m de long sur 72 m de large. A partir du parvis **8**,

situé 7 m au-dessus de la pelouse, le public pourra gagner les tribunes hautes par les escaliers monumentaux **9**, descendre vers le niveau de la pelouse **10**, ou rejoindre le niveau

intermédiaire **11** directement. L'arrivée des joueurs se fera en toute sécurité, par une voie souterraine **12** faisant le tour du stade, qui servira également aux livraisons.

Quant au chariot élévateur **13** chargé de la transformation du stade, il circulera sous les gradins, dans une fosse circulaire. Notons enfin qu'un parking sous-terrain **14** de 6000 places sera réservé aux supporters qui accèderont au Stade de France en voiture.

■ ■ ■ Jacques Millouet, d'Acoustique et conseil, dans la région parisienne. Elles avaient pour but de tester numériquement les nuisances occasionnées à l'extérieur les jours de match. Elles ont pris en considération la propagation des sons à l'intérieur du stade, l'absorption de l'air, le degré d'hygrométrie, l'atténuation du bruit avec la distance et la réflexion sur le parvis. Dans la mémoire de l'ordinateur, chaque élément de la structure s'est vu attribuer une caractéristique acoustique liée à sa nature (mur en béton, gradin plein, cloison en bois...).

La toiture, une fois encore, a causé quelques soucis. Il existe un espace vide de plusieurs mètres ouvert

sur l'extérieur entre celle-ci et les gradins. Telle qu'elle a été conçue originellement, elle est réfléchissante, c'est à dire qu'elle renvoie les ondes sonores dans toutes les directions, à l'intérieur comme à l'extérieur. Au risque de créer une désagréable réverbération cacophonique se propageant jusqu'aux habitations (la résidence du Gai-Logis est à moins de 100 mètres, coincée entre le stade et l'autoroute A1).

On a donc songé à rendre le disque absorbant. Ainsi le percement de multiples trous (30 % de matériaux enlevés) pour le garnir de laine de roche. Les spécialistes escomptent gagner quelques décibels. D'aucuns consatèrent cependant

que les nuisances engendrées par les épreuves sportives (un soir de temps en temps) sont bien faibles comparées à celles que devront subir les riverains pendant les deux années de la construction. Le bruit des travaux, assourdissant, est ininterrompu de l'aube jusqu'au soir...

Rendre la toiture absorbante ne présente pas que des avantages, puisque la propagation des sons issus des enceintes placées sous le toit est grandement perturbée. Si l'on utilise de simples haut-parleurs, la sonorisation risque d'être inaudible pour une bonne partie du public. Les annonces faites au micro, qui peuvent véhiculer des messages d'évacuation ou des appels au calme nécessaires à la sécurité, doivent impérativement être intelligibles pour

chaque spectateur. La sonorisation doit également permettre d'écouter dans les meilleures conditions les musiques et les discours rattachés à un événement (hymnes nationaux, cérémonie d'ouverture...).

François Deffarge, ingénieur acousticien, résume ainsi la situation : « il y a une forte contradiction entre le niveau sonore requis pour couvrir le public et le contrôle nécessaire pour éviter les problèmes de voisinage. Il faut également pouvoir être intelligible – c'est ce qui est le plus dur à maîtriser. » Les chiffres sont parlants : une bonne sonorisation requiert, en tout point du stade, 104 db(A) (décibels acoustiques, une mesure de l'intensité sonore, en décibels, corrigée de manière à tenir compte de la sensibilité de l'oreille, plus importante dans les aigus que dans les graves), ce qui correspond à un son bien plus fort que le bruit du public estimé à 86 db(A) (normes de la FIFA).

Il faudra donc avoir recours à des

HERCULE AU BRAS D'ACIER

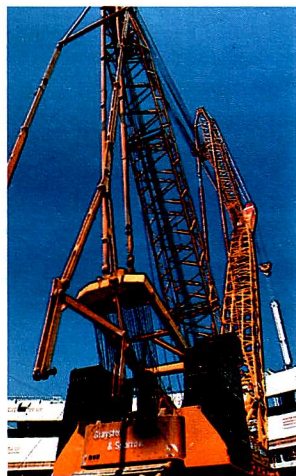
La toiture du stade comprend 18 pièces principales haubanées et 17 pièces intermédiaires intercalées. Certains éléments pèsent 350 t ; ceux qui sont parallèles à la pelouse sont long de 95 m. Une grue conventionnelle n'est pas capable de les hisser à 50 m au-dessus du niveau de la pelouse.

Le consortium chargé de la construction du stade a donc fait venir de Newcastle (Angleterre) une grue de conception allemande, haute de 110 mètres. Oblique et non pas verticale, retenue par des câbles très solides, elle était jusqu'à présent utilisée à la manutention d'éléments de plates-formes pétrolières. Le 22 août dernier, le premier élément du toit était construit sur place, puis arri-

mé à son aiguille métallique. Les autres le rejoindront au rythme d'un tous les 15 jours.

La manœuvre en elle-même a duré 2 heures. Elle aurait été impossible – trop dangereuse – si la vitesse du vent avait excédé 25 km/h.

Avant l'installation d'un nouvel élément, on déplacera la grue grâce aux remorques multidirectionnelles situées sous ses patins.



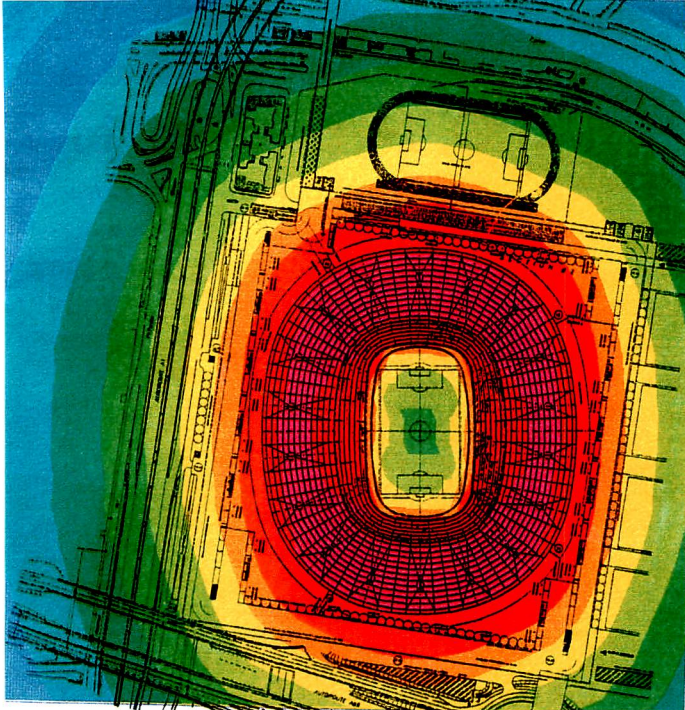
BI. ANNIECQUE/SYGMA

Sonorisation : acoustique et vieilles querelles

enceintes parfaitement directionnelles. T.C.A. et NEXO, les deux sociétés chargées conjointement de la sonorisation du stade, ont créé pour la circonstance un nouveau type de haut-parleur, qui présente un double pavillon. Il est ainsi parfaitement directif. Le stade sera muni de trente-six blocs comportant chacun cinq enceintes. Deux d'entre-elles seront dédiées à la reproduction des entrées graves, les trois autres étant chargées de "viser" chacune leur tribune, ainsi que la pelouse. En complément, un certain nombre de petites enceintes assureront la sonorisation des parties difficiles à atteindre (celles situées sous les tribunes en porte-à-faux).

Silence, on joue!

Cette simulation informatique modélise la propagation des ondes acoustiques lorsque le stade est plein – plus la couleur est foncée, plus le son est fort. On remarque ainsi que l'intérieur de l'enceinte est beaucoup plus bruyante que les abords du stade. Le plafond absorbant semble donc être la meilleure solution pour éviter les désagréments au voisinage immédiat de l'édifice sportif.



Les enceintes directionnelles permettent une sonorisation ciblée et intelligible. Mais qu'en est-il du bruit généré par les spectateurs ? Le toit l'atténue à l'intérieur comme à l'extérieur. Et quand on connaît l'importance des supporters...

L'idéal serait de restituer le bruit du public à travers les haut-parleurs. Pour les personnes situées dans le stade, le disque serait réfléchissant : ils s'entendraient parfaitement bien. Pour le confort des habitants du Gai-Logis, les qualités absorbantes du toit seraient préservées. On songe à placer des capteurs sous le disque, au-dessus des spectateurs. Le son serait ensuite "recraché" par les enceintes. Un projet qui semble représenter la solution idéale...

Pour le reste, l'ouvrage s'annonce colossal. Longue de plus de deux cents mètres, la construction repose sur un terrain d'une superficie de 17 hectares, et doit culminer à 43 mètres au-dessus de la pelouse. Les travaux, débutés en mai 1995, devront s'achever fin 1997 : un record de rapidité !

OUVERT AU PUBLIC TOUTE L'ANNÉE

Quelque 800 000 mètres cubes de terre ont été charriés pendant les terrassements. Un quart de ce volume a été conservé pour remblayer le futur parvis, qui se trouvera à 4 mètres au-dessus du niveau du sol. Ainsi, le stade se fondera mieux dans le paysage – il aura l'air moins haut.

Pour gagner le stade, une station de métro et une station de RER sont à disposition. Deux autoroutes passent à proximité (A1 et A86). Un parking souterrain de 6 000

A ciel ouvert

La construction du stade emploie 320 habitants des communes locales. Au total, 1 200 personnes travaillent à temps plein sur le site du Cornillon, implanté à 1,5 km des portes de la capitale.



places sera situé sous le parvis.

Ultime nouveauté, le Stade de France restera ouvert au public tout au long de l'année. Destiné à se fondre dans la communauté urbaine, il sera ouvert aux visiteurs en de-

hors des soirs de matchs. Trois restaurants seront à disposition, dont un panoramique (avec vue plongeante sur la pelouse), ainsi qu'une salle polyvalente de 2 000 m², une salle de conférence de 200 places, et 4 500 m² d'espaces mixtes (galeries commerciales, lieux d'expositions).

Comme le résume Michel Platini, ce stade sera magnifique. Néanmoins, il reste à lui trouver un club utilisateur. Car le PSG, équipe phare de la capitale, préfère évoluer dans son "vieux" Parc des Princes. Quant aux équipes de France de football et de rugby qui doivent l'utiliser, elles ne suffiront pas à rentabiliser les installations. On envisagerait alors de monter de toutes pièces une équipe... D'ici à trouver dans les petites annonces la mention suivante : "Stade de France, modulable, grande capacité, très peu servi, cherche équipe prestigieuse pour justifier les dépenses."

Mais ceci est une autre histoire...

Quant à la nôtre, on aimerait la conclure ainsi :

Août 1998. Température clémente, pelouse humide. L'équipe de France bat le Brésil en finale et remporte la première coupe du monde de son histoire.

Il n'est pas interdit de rêver... ■

CONSUMMATION

par Henri-Pierre Penel et Jean-Luc Glock

Le téléviseur
a enfin
la ligne

L'écran du Planatron n'excède pas 10 cm d'épaisseur. Il pourra être fixé au mur ou reposer sur un socle.

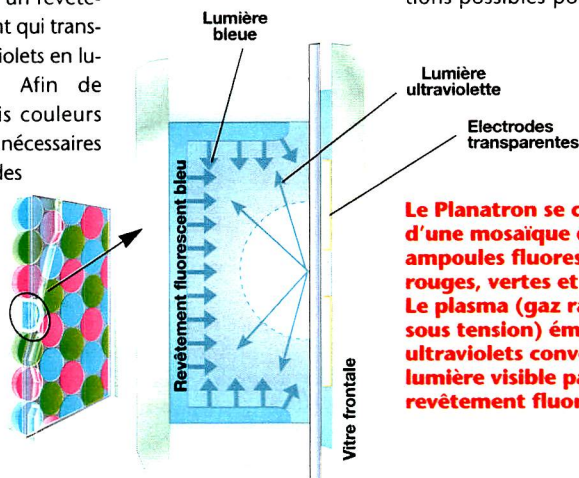
Depuis des années l'écran plat de télévision jouait l'Arlésienne. Voici enfin le premier écran à plasma, ultra-plat et mural.

L'association de Grundig, Philips et Fujitsu a accouché d'un beau bébé : le Planatron. Il se présente sous la forme d'un écran plat à plasma, au format 16/9, aux dimensions 92 cm x 52 cm (soit une diagonale d'environ 1 m). L'épaisseur de l'écran n'excède pas 10 cm. Cette technologie a été retenue en raison de la forte luminosité d'écran obtenue et à la qualité du rendu des couleurs, que n'assurent ni les écrans électroluminescents, ni les écrans équipés de cristaux liquides.

La surface du Planatron est composée de micro-

scopiques tubes fluorescents. Dans chaque "micro ampoule", un gaz raréfié émet des ultraviolets dès qu'il est soumis à une tension électrique. Chaque ampoule porte un revêtement fluorescent qui transforme les ultraviolets en lumière visible. Afin de recréer les trois couleurs fondamentales nécessaires à la restitution des couleurs, certaines ampoules possèdent un revêtement qui rayonne dans le rouge, d'autres dans

le vert et les dernières dans le bleu. L'écran se compose d'une mosaïque d'ampoules fluorescentes rouges, vertes et bleues.



Un boîtier électronique, de la taille d'un magnétoscope, numérise l'image vidéo (issue d'un tuner, d'un magnétoscope ou de toute autre source vidéo) et commande l'allumage et l'extinction des ampoules fluorescentes. Chaque ampoule devient un pixel. Les constructeurs ont déjà envisagé plusieurs présentations possibles pour l'en-

Le Planatron se compose d'une mosaïque de mini-ampoules fluorescentes rouges, vertes et bleues. Le plasma (gaz raréfié sous tension) émet des ultraviolets convertis en lumière visible par un revêtement fluorescent.

semble vidéo composé autour du Planatron. Philips envisage une fixation murale de l'écran. Le boîtier électronique de commande serait alors logé dans un meuble, au même titre qu'un élément de chaîne haute fidélité. Grundig semble s'orienter vers une présentation plus traditionnelle. Le boîtier électronique serait incorporé dans un socle supportant l'écran.

Si les points forts du Planatron sont sa faible épaisseur et, surtout, la parfaite planéité de l'écran, son prix reste encore une lourde handicap. Les trois constructeurs annoncent un prix public qui devrait se situer entre 60 000 et 70 000 F et une mise sur le marché vers la fin 1996, ou le début 1997. Tout porte à penser que, dans les mois à venir, le tube cathodique n'est pas encore enterré.

ÉLECTRONIQUE

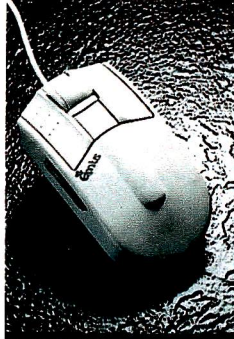
Bloc-notes high-tech

Le classique magnétophone à bande magnétique utilisé comme bloc-notes devient électronique. Premier à bénéficier d'une carte "mémoire flash", l'appareil de Sanyo a une capacité d'enregistrement de quarante-quatre minutes. La fonction "recherche" permet un accès rapide à l'enregistrement. La mise en route s'effectue



automatiquement à la voix, l'appareil s'arrêtant quelques secondes après la fin de la conversation. Il fonctionne à l'aide de piles ou au moyen d'un adaptateur. Dimension : 69 mm x 120 mm x 27 mm.

Prix : 2 990 F.



SOURIS FUTÉE

● **Taillée pour l'univers Windows, la souris EasyScroll de Genius dispose de cinq boutons programmables et d'une molette qui lui confèrent une grande facilité d'utilisation. La molette permet de naviguer rapidement dans la fenêtre : le texte défile à la vitesse choisie sans utilisation des ascenseurs. Un clic sur le bouton latéral suffit pour passer instantanément d'un document à un autre. Les cinq boutons et la molette peuvent être programmés pour accéder à des applications choisies par l'utilisateur. Prix : 490 F.**

DES LAMPES "MADE IN USA"



Corps en aluminium "aéronautique" anodisé, traité anti-corrosion. Étanche aux projections d'eau. Eclairage modulable de grande puissance. Ampoule de rechange logée dans le bouchon arrière...

MAG-LITE La lampe sélectionnée par la police et les pompiers américains.

MAG-LITE

Informations : GMT - MAG-LITE
Tél (1) 47. 91. 26. 60. - Fax (1) 47. 93. 01. 98.

AUTOMOBILE

Autoradio mélomane

L'autoradio Blaupunkt RCM 127 ne se contente pas d'augmenter le volume sonore en fonction du bruit ambiant dans l'habitacle du véhicule. Il le fait de manière intelligente. Un micro incorporé analyse en permanence les perturbations sonores telles que bruits de la route, moteur, vent, etc., et son dispositif de contrôle électronique n'accroît que les fré-

quences sonores parasitées par ces bruits. Ce système est même en mesure d'analyser les caractéristiques acoustiques de l'habitacle, qui varient en fonction du type de revêtement ou de la présence de passagers, et de compenser les défauts acoustiques en restituant une courbe de fréquences idéale. Ce nouveau dispositif élimine donc tout "coloration" du son et garantit une qualité d'écoute exceptionnelle.

Prix : 6 490 F.

LE TRANSFERT D'APPEL BOUGE

● Pour faire suivre ses appels sur une autre ligne, il existe le transfert d'appel, un service de France Telecom. Mais il est impossible de le modifier à distance. Space Service lance le Dial Follow, appareil qui permet, au moyen d'un code personnel et d'un simple combiné téléphonique, de changer, de n'importe quel endroit, la destination du transfert. Prix : 1 990 F. Le Dial Pro, la version pour les fax, coûte 2 400 F.

PHOTO

La tradition rénovée

Présenté à la Photokina de Cologne, le nouveau reflex Leica R8 répond à une demande de nombreux professionnels et amoureux de la marque. La firme Leitz Camera a investi de gros moyens financiers pour doter son dernier né d'avancées technologiques importantes sans bouleverser les repères des "leicaïstes". Ainsi, l'ergonomie a été soignée : les commandes les plus sollicitées sont très accessibles, les autres se trouvent à l'arrière du boîtier. Au dos, un écran à cristaux liquides affiche des informations telles que l'usage du flash, le comptage de vues, le codage DX ou manuel, le niveau de

charge des piles. En alliage d'aluminium, de magnésium et de silicium, le boîtier est robuste et doté d'un microprocesseur de 16 bits, huit fois supérieur à celui de son prédécesseur, le Leica R7. Il est enrichi d'un viseur HP qui affiche, alternativement et dans le bas du viseur, 10 témoins à cristaux liquides, dont le compteur de vues et une balance lumineuse en mode flash. Adapté à la prise de vue en studio, ce programme



d'éclairage au flash permet de choisir manuellement la meilleure exposition en mesurant l'intensité d'un ou de plusieurs pré-flashes déclenchés par le levier de profondeur de champ. Le nouveau sabot Metz SCA 3501 permet l'exposition au flash TTL avec une synchronisation à 1/250 de seconde sur le premier et sur le deuxième rideau dans tous les modes de travail. Le nouvel obturateur couvre de 16 secondes à 1/8 000 de seconde. La mesure multizone d'exposition est calculée sur cinq zones, auxquelles il faut ajouter la zone sélective qui est dotée d'une cellule indépendante.

Prix : 18 490 F.■

RADIOTÉLÉPHONIE

COMMUNIQUER DU BOUT DU MONDE

Commercialisé depuis quelques années, le radiotéléphone WorldPhone de Geolink permet de joindre sans installation, ni source d'énergie extérieure, un correspondant de n'importe quel point du globe, grâce au réseau satellitaire Inmarsat. Pour miniaturiser au maximum ce combiné, un très gros effort a été réalisé. Bien que d'une puissance de 12 watts, il n'occupe qu'une petite valise et ne pèse que 1,9 kg. Il peut être connecté sur un ordinateur afin de recevoir des fax ou d'entrer en communication avec n'importe quel réseau informatique.

Prix : 29 000 F.



NOUVELLE
FORMULE

SCIENCE & VIE

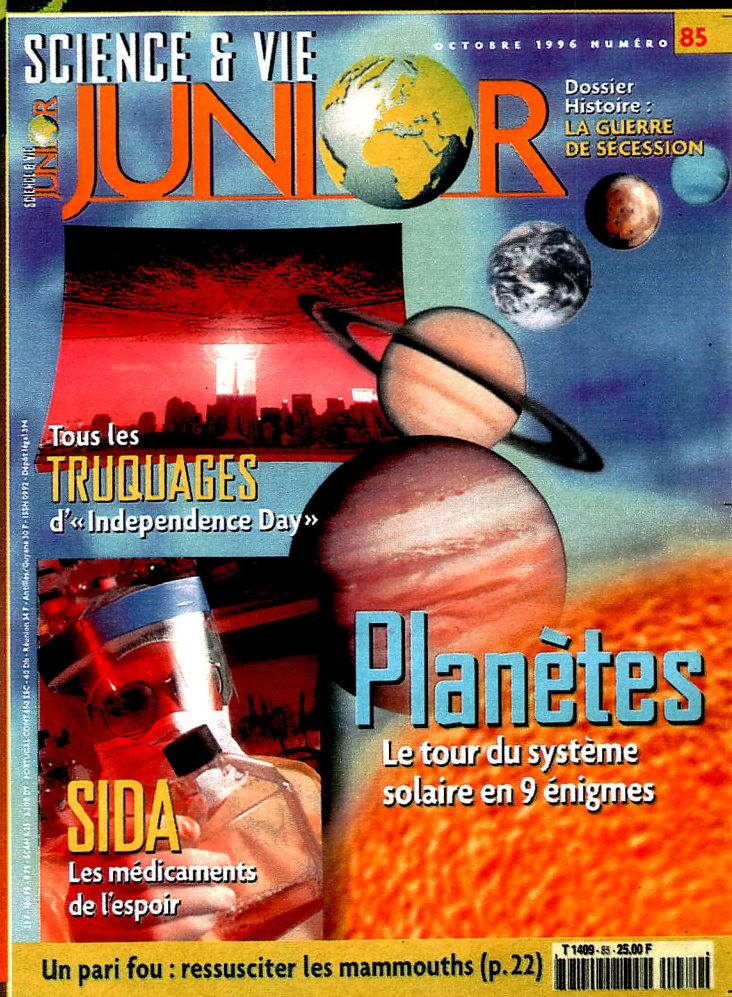
JUNIOR

Parce que la curiosité
est un très beau défaut

SCIENCE & VIE JUNIOR est le magazine de ceux qui veulent refaire le monde. Et pour encore mieux satisfaire leurs attentes, SCIENCE & VIE JUNIOR évolue. Trois grandes parties rythment le magazine. "Découvertes" est consacrée à l'actualité scientifique avec les problèmes liés à l'environnement et les grands choix technologiques. "Planète" offre aux lecteurs une balade dans l'époque avec des reportages sur des grands sujets de société. "Explorations" décorative des idées et des objets qui font bouger le monde. Dans chaque numéro des dossiers d'histoire et de science, la mise à plat d'un sport...

Mise en perspective, humour, rigueur, SCIENCE & VIE JUNIOR prouve que la curiosité est vraiment un très beau défaut.

COUREZ VITE L' ACHETER...



Les zones d'ombre du compact zoom

■ Les appareils grand public ont des zooms de plus en plus perfectionnés. Au détriment de l'ouverture, ce qui limite leurs performances quand la lumière est faible. Le format APS permettra-t-il d'inverser la tendance ?

PAR RENAUD DE LA TAILLE

L'appareil photo de base, aujourd'hui, c'est le compact 24 x 36 : à lui seul, il représente, en nombre, 85 % du matériel vendu chaque année en France. Assez petit pour tenir dans une poche, totalement automatisé, il est

avant tout destiné à assurer la photo souvenir : portrait des enfants, réunion de parents ou d'amis, paysages des vacances. A l'usage, pourtant, il révèle vite son point faible : un irrég-

pressible besoin de sortir le flash à tout bout de champ, comme si la lumière ambiante n'était jamais assez bonne pour lui. Ce comportement n'est pas sans rappeler celui qui était de règle au début du siècle : en 1900, on n'opérait que par grand beau temps, soleil clair et ciel sans nuages. Le reste du temps, il fallait brûler les rubans de magnésium qui constituaient le flash de l'époque.

Cette similitude de comportement n'est pas fortuite : les compacts vendus aujourd'hui sont équipés d'optiques qui n'auraient pas déparé les chambres en bois verni et soufflet cuir des années 1900. Pour s'en convaincre, il suffit de regarder les indications portées sur l'objectif. Le plus souvent, on va y lire : 35 mm f/3,5 (ouverture 3,5 pour une focale de l'objectif de 35 mm). Mais, sur les compacts zoom, on ne trouvera que des indications de focales, du type "zoom lens 35 ≈ 105 mm", car, par pudeur sans doute et pour ne pas heurter la sensibilité de l'acheteur, le fabricant se garde bien d'indiquer l'ouverture, qui est de 4,5 pour la focale grand-angle, et chute le plus souvent à 8, voire à 10 ou 11 pour la focale dite "télé" (téléobjectif) de 105 mm - cette fois, on n'est même plus en 1900, mais en 1840, avec Daguerre.

1896 : LE CINÉMA, 1960 : LES JAPONAIS

Restons au début du siècle : dès 1893, l'Anglais Taylor a mis au point un objectif à trois lentilles qui offre une bonne correction des principales aberrations et donne une image nette jusqu'à l'ouverture, considérée à l'époque comme fabu-





PHOTOS ERIC MALEMANCHE

Le flash réduit le naturel

Ci-dessus, reflex et lumière ambiante : l'image est vivante et naturelle. A gauche, compact et coup de flash : le fond colle aux visages, dont le modelé est effacé par l'éclair; le cliché est sans relief.

leuse, de 3,5.

Retenons bien ce chiffre : c'est celui qu'on trouve toujours, un siècle plus tard, sur la majorité des compacts à focale fixe – et pour cause : c'est le même objectif.

Rappelons ici que l'ouverture d'un objectif, désignée par un chiffre du type 3,5 ou 1,4, caractérise sa luminosité, donc sa capacité à permettre des instantanés sous un faible éclairage. En fait, le chiffre indique le quotient de la focale (distance à laquelle se forme l'image

d'un objet situé à l'infini) par le diamètre de la lentille. Pour une même focale, plus cette lentille est grosse, plus elle recueille de lumière : l'image fournie sera donc très brillante et impressionnera vite le film.

La luminosité d'un objectif étant proportionnelle à sa surface, laquelle varie comme le carré de son diamètre, les valeurs de l'ouverture sont classées selon la suite 1, $\sqrt{2}$, 2 , $2\sqrt{2}$, 4, $3\sqrt{2}$, etc. Chaque fois que



■ ■ ■ l'on passe d'une valeur à la valeur supérieure, le temps de pose est multiplié par 2 : si un temps de pose d'un dixième de seconde est nécessaire pour une ouverture de 4 (gros risque de "bougé"), la prise de vue se fera au 1/25 à 2,8, au 1/50 à 2 et au 1/100 à 1,4.

Dès les débuts de la photo, on a cherché à réaliser des objectifs à grande ouverture, et cette recherche n'a jamais cessé. Au début, on voulait limiter les interminables poses dues aux plaques sensibles très lentes, puis, quand les films ont

85 mm qui permet un cadrage plus serré, idéal pour le portrait, bénéficient à leur tour d'ouvertures comprises entre 2 et 2,8. Le 50 mm, lui, passe à 1,4.

Ces efforts culminent dans les années 60-65, où, avec l'arrivée des reflex japonais, les belles optiques deviennent accessibles à tous. La qualité des films à haute sensibilité ayant beaucoup évolué aussi, on peut dire que le reflex 1965 permet de photographier en toute circonstance, aussi bien à la plage, en plein soleil, que dans la chambre d'enfants, le soir, à la lumière des ampoules.

L'objectif à grande ouverture dispensait du flash, et c'était là son premier atout. Car les amateurs qui s'y étaient essayés avaient vite compris que réussir une bonne photo au flash réclamait pas mal d'expérience et de savoir-faire. En second lieu, la grande ouverture permettait de doser le relief de l'image en jouant sur la profondeur de champ : on pouvait ainsi détacher l'enfant des meubles qui étaient derrière lui ou faire ressortir le chien bien net au milieu des feuillages flous.

Puis, dans les années 70, vint le zoom, qui inversa la tendance. Cet objectif à focale variable toucha d'abord, en ce qui concerne le matériel amateur, les caméras 8 mm. Les zooms pour caméra conservèrent les grandes ouvertures de 1,4 ou de 2, pour une amplification moyenne de quatre (par exemple

focales de 9 à 36 mm). Mais, pour un format d'image de 3,3 x 4,4 mm, ils étaient gros comme un verre à moutarde. Transposés au 24 x 36, ils auraient eu la taille d'une bouteille de bière.

Il n'y avait qu'un moyen de tourner la difficulté, réduire la taille des lentilles, donc diminuer l'ouverture : à partir de 1970, on vit apparaître des zooms photo ouverts à 3,5, puis à 4, puis à 4,5. Comme ils offraient l'énorme avantage de donner toutes les focales allant du champ large au cadrage serré (par exemple de 35 à 105 mm), on accepta la perte de luminosité. Mais on renonçait du même coup aux photos prises en lumière faible, et le flash redevenait une nécessité.

UNE FOCAL MAL ADAPTÉE AU PORTRAIT

Le zoom donnait tout de même beaucoup d'embonpoint au reflex, lequel gonfla encore au fil des années, avec tous les automatismes qui lui furent greffés : exposition, mise au point, avancement du film, etc. Vers 1980, c'était devenu un engin énorme, plein de piles, de moteurs électriques, de capteurs, de circuits intégrés... Le prix avait grimpé en conséquence, et le reflex, avec ses puissantes optiques de haut niveau, était redevenu un outil coûteux et complexe.

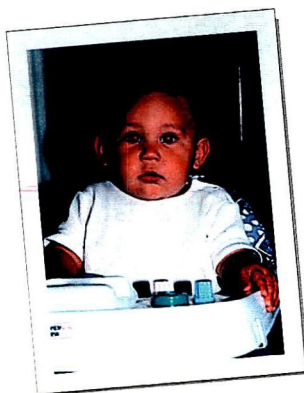
De ce fait, le public commença à privilégier la gamme inférieure, celle des petits 24x36 classiques dépourvus d'objectifs interchangeables et de visée reflex, qui avaient souvent gardé la focale standard de 50 mm avec une ouverture encore honnête de 2,8. Mais ce type d'appareil allait lui aussi changer, pour bénéficier des apports dus à l'électronique : mise au point automatique, exposition programmée, etc. Et, comme il fallait loger

Un concentré d'électronique autour d'un objectif du siècle dernier

progressé, on a voulu faire des instantanés plus rapides, prendre des photos par faible lumière, ou réussir les deux à la fois. Surtout, on voulait pouvoir se passer de l'éclairage artificiel, qui modifie complètement le rendu d'une scène.

L'arrivée du cinéma allait encore pousser vers les grandes ouvertures, car une caméra ne réalise qu'une succession d'instantanés, quelle que soit la lumière. En 1896, l'Allemand Rudolph créait le Planar à six lentilles, dérivé d'une combinaison pour lunette astronomique calculée par le mathématicien Gauss. Cette formule sera affinée par l'Anglais Lee, qui en tira, en 1920, un objectif parfaitement corrigé jusqu'à l'ouverture $f:2$.

En 1935, tous les appareils 24 x 36 de haut niveau disposent à leur tour de cette ouverture pour la focale standard de 50 mm. Au fil des années, grâce à un patient travail de recherche portant aussi bien sur les combinaisons de lentilles que sur les verres dont elles sont faites, le 35 mm à champ large et le



Bébé albinos

Le flash est trop proche de l'objectif : on éclaire la rétine, qui est rouge, ce qui donne ces yeux de lapin albinos.

Quand l'optique est trop faible...

La grande ouverture du reflex permet de laisser dans le flou la verdure éclatante, pour donner plus de présence aux enfants. Au contraire, le compact zoom fournit une image plate, car le coup de flash qui éclaire les visages laisse dans l'ombre un feuillage trop net.

tous ces servo-mécanismes dans un boîtier de plus en plus petit, l'objectif fut réduit en conséquence : la focale d'abord, qui descendit de 50 à 35 mm, puis l'ouverture, qui en revint au 3,5 des années 1900.

Les nouveaux compacts au format APS sont même tombés plus bas encore, puisque la plupart de ceux à focale fixe ne dépassent pas $f:4$. Avec de si faibles ouvertures, le flash devient pratiquement obligatoire la plupart du temps ; d'ailleurs, tous les compacts ont un flash intégré. Notons tout de suite que la focale de 35 mm – ou 25 mm pour l'APS, dont l'image est plus petite – n'est pas un choix très heureux : couvrant un champ élargi, elle est commode pour les paysages de vacances ou la réunion de famille, mais très mal adaptée au portrait.

La chose étant connue, les fabricants ont sorti des compacts zoom pouvant adopter des focales plus longues. Mais, le zoom étant intrinsèquement un montage très encombrant, il a fallu réduire et l'ouverture et le nombre de lentilles. Sur ce dernier point, les lentilles asphériques (parfois en verre, plus souvent en plastique) ont effectivement permis de simplifier la combinaison.

Quant à l'ouverture, il devient délicat d'en parler tant les chiffres sont bas. La fourchette moyenne, aussi bien sur les derniers compacts

APS que sur les classiques 24 x 36, va de $f:4$ à $f:9$. Autrement dit, de $f:4$ en focale grand-angle, ce qui n'est déjà pas brillant, à $f:9$ en focale "télé", ce qui est carrément affligeant. A cette ouverture dérisoire, que même Daguerre aurait écartée d'une main impatiente en 1840, pas question de photographier autre chose que l'Arc de triomphe en plein soleil.

LE TALENT COMPTE PLUS QUE LA TECHNIQUE

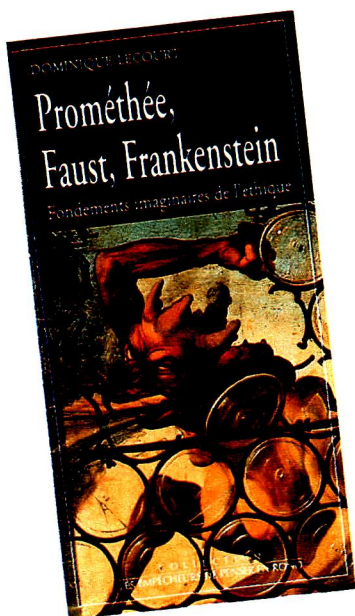
Pas question non plus de donner un peu de relief à un portrait en jouant sur l'ouverture, ou encore de prendre des diapositives l'automne, en fin de journée – le Kodachrome 25, le plus fin de tous les films couleurs, est pratiquement exclu quelles que soient les circonstances. En fait, il faut renoncer à ce qu'un bon siècle de progrès en optique avait pu apporter à la photo et se contenter du négatif

couleur haute sensibilité, avec cliché souvenir sur papier.

Cela ne veut pas dire que les compacts soient de mauvais appareils ni qu'on ne puisse faire de belles photos avec eux : en ce domaine, le talent de l'opérateur compte plus que la technique. Mais ce sont des engins limités et trop en retrait par rapport au reflex. Entre celui-ci, devenu trop gros, trop lourd, trop complexe, et le compact, qui n'est plus qu'un concentré d'électronique autour d'un objectif du siècle dernier, il manque un moyen terme, capable de faire des photos en lumière naturelle du matin au soir. Avec son négatif au format réduit (17 x 32 mm), l'APS aurait pu concilier les performances de l'optique actuelle et la commodité d'emploi. A voir ce qui est proposé aujourd'hui, ce n'est pas encore le cas. ■



par Thierry Pilorge



Vive la désobéissance créative !

La science est-elle bonne ou mauvaise ? Dominique Lecourt nous met en garde : à jeter l'anathème sur la science, on risque de se priver de progrès scientifiques importants.

Dominique Lecourt
**PROMÉTHÉE,
FAUST,
FRANKENSTEIN**
**Fondements
imaginaires de
l'éthique**

Les empêchements de penser en rond, 170 p., 84 F.

Dans Frankenstein, l'exaltation des sciences biologiques est interprétée comme une menace contre l'ordre de la nature. Cependant, on en a progressivement retenu la valeur de ce que Bachelard appelle "la désobéissance créative", qui donne naissance aux arts, aux techniques et aux sciences. Dominique Lecourt, lui aussi, souligne le rôle essentiel de l'imaginaire dans la démarche scientifique. A cet égard, il remet salutairement les éléments du débat sur la science à leur place.

Science & Vie : Quel message nous transmettent les mythes de Prométhée, Faust et Frankenstein ?

Dominique Lecourt : Ce qui se transmet dans ces mythes, c'est une position ambivalente, correspon-

dant bien à la position actuelle, qui voit dans la science un bienfait toujours capable de se retourner contre l'humanité.

S&V : Selon vous, «vouloir repousser le soi-disant mal radical risque d'avoir [...] pour effet de geler le progrès de certaines des connaissances les plus précieuses». Peut-on pour autant tout se permettre ?

D. L. : L'invocation de la nature, et de l'espèce humaine comme une part de cette nature et devant y garder sa place, est à la fois une protestation contre des pratiques scandaleuses et un encouragement à empêcher les avancées de la connaissance. Or, je pense que la science n'est pas par définition mauvaise, contraire à la vie. La science est, pour l'humanité, un dépassement,

une façon pour elle d'affirmer qu'elle ne se réduit pas à une simple animalité. Maintenant, ce dépasse-

ment peut être détourné pour des raisons économiques ou financières ; ce n'est plus le sens de la vie humaine qui est visé mais le sens des affaires de certains. Mais je crois qu'il y a un grand danger à prendre argument de pratiques condamnables (vente d'organes, prise de brevets sur le vivant, etc.) pour condamner la science.

S&V : Vous souhaitez «rétablir les droits de l'imaginaire en matière de connaissance». Vous n'appellez pas à re-fusionner l'astrologie et l'astronomie ?

D. L. : Dans la démarche scientifique, contrairement à ce que l'épistémologie

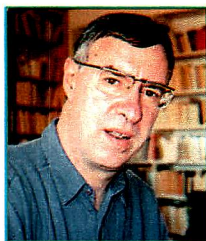
dominante a fini par accréditer, il y a toute une part de travail d'imagination : pour connaître, il faut d'abord imaginer. Si l'on ne part

pas de là, on ne comprend rien au mouvement de la connaissance scientifique. Cet imaginaire est nécessai-

re pour alimenter le contre-mouvement qui produit la connaissance scientifique. Il ne suffit pas de dire «l'astrologie c'est de la superstition» ou «l'astronomie c'est de la science». L'astrologie se nourrit d'une spéculation d'ordre imaginaire sur le cosmos, spéculation contre laquelle est née l'astronomie, mais sans laquelle elle n'aurait pu naître. On ne peut pas tout réduire à des observations, des calculs et des modèles.

S&V : Newton aurait-il été Newton sans son versant alchimiste ?

D. L. : Je pense que non. Ce n'était pas simplement une spéculation qu'il faisait dans son coin. Ça l'a soutenu dans son effort de scientifique, car il croyait qu'il allait pouvoir résoudre la question de la nature de la force d'attraction. Il pensait que les alchimistes y avaient secrètement répondu. Ce n'était pas du tout quelque chose d'extérieur à sa démarche scientifique. Mais, comme il l'a reconnu lui-même, sa démarche alchimique n'était pas du même niveau.



Dominique Lecourt

AVIATION

Le pivot de la force de frappe

Alexandre Paringaux

LE RÈGNE DU MIRAGE IV

Collection "Prestige Aéronautique"

190 pages.

Chez l'auteur

18-bis, rue du Général

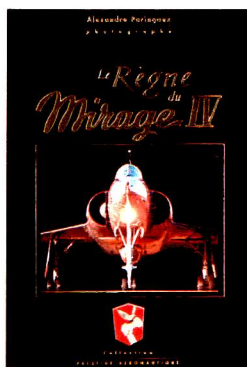
Delestraint,

75016 Paris.

Ce volume, consacré à l'histoire du Mirage IV, augure bien de cette nouvelle collection dédiée à l'aviation et à l'espace. D'abord par son concept : abondamment illustré de photographies prises par l'auteur, spécialiste en la

matière, il laisse parler les témoins. Et, dans le cas du Mirage IV, qui a été pendant trente ans l'avion de base des Forces aériennes stratégiques françaises, il y en a ! De ses concepteurs de chez Dassault aux utilisateurs, le nombre de personnes qui furent impliquées au jour le jour dans cette aventure technologique est immense.

Témoignages irremplaçables, nombreuses et superbes photographies, nous vivons grâce à cet ouvrage, unique en son genre, ce que d'aucuns



considèrent maintenant comme une épopée, véritable symbole de la dissuasion et de l'indépendance de notre pays.

En bref, un ouvrage indispensable pour qui veut connaître et comprendre cette tranche de l'histoire technologique récente de la France. Nous attendons avec impatience la suite de la collection.

Jean-René Germain

CHIMIE

Les nitrates, c'est bon pour la santé

John Emsley

GUIDE DES PRODUITS CHIMIQUES à l'usage du particulier

Odile Jacob, 335 p., 160 F.

Faut-il avoir peur des produits chimiques ou remercier les chimistes de les synthétiser pour améliorer notre qualité de vie ? John Emsley essaie de casser le mythe de la chimie, souvent considérée comme dangereuse. Il tente de changer notre opinion sur le dioxyde de carbone, le PVC, l'alcool, les parfums ou les nitrates. Le chapitre consacré aux parfums est si vivant que l'on peut presque les humer. Des informations, étonnantes, se veulent rassurantes : les nitrates, présents en plus grande quantité dans certaines eaux minérales que dans l'eau du robinet, entrent dans la composition de nombreux

aliments et ne présentent pas de danger pour la santé. Si l'auteur ne cache pas les nuisances possibles de tous ces produits, il estime que, utilisés à bon escient, ils ont des effets secondaires très... secondaires face aux services qu'ils nous rendent ! A chacun de juger.

Frédéric Zinck

ARCHÉOLOGIE

UN MYSTÈRE EN OR

LE TRÉSOR DE TROIE

Les fouilles d'Heinrich Schliemann

Gallimard, Electa,

247 p., 390 F.

■ Un livre d'or ! Celui des trésors trouvés lors des fouilles de la colline d'Hissarlik, en Turquie, où, en 1870, Heinrich Schliemann crut voir le site de la mythique Troie. Toutes merveilles exposées au musée Pouchkine de Moscou depuis le mois d'avril dernier.

Le catalogue de l'exposition révèle, page après page, les centaines de bijoux, vases et armes que l'on croyait perdus à jamais, détruits ou volés au musée de Berlin pendant la Seconde Guerre mondiale, et que, en 1993, le musée Pouchkine de Moscou avoua posséder. Somp-

nettes d'or, étonnantes boucles d'oreille en corbeille, énigmatiques statuettes d'idoles féminines, luisantes haches-marteaux d'apparat en pierres semi-précieuses... Tous les objets, exhumés dans des conditions controversées, sont présentés. Les textes sont courts, un peu austères, mais font à merveille le point sur toutes les questions que continue de soulever cette extraordinaire découverte : qui était Heinrich Schliemann, un génie ou un escroc ? De quelle ville proviennent ces splendides objets ? Quels artisans les ont façonnés, et pour quels princes ? Catherine Chauveau



Livres

HISTOIRE

Paris vaut bien un aqueduc

Marc Gaillard,
photos Claude Abron

L'EAU DE PARIS

Martelle
éditions,
224 p.,
350 F

L'histoire de l'alimentation en eau de la capitale, de l'époque gallo-romaine à nos jours, est moins simple qu'il n'y paraît, car l'eau provenant des sources a toujours été jugée de qualité supérieure à celle directement pompée dans la Seine, l'Ourcq ou la Marne. Acheminer vers Paris une eau potable de qualité a donc posé bien des problèmes aux ingénieurs hydrauliciens au fil des siècles. Le baron Georges-

Eugène Haussmann, préfet de la Seine durant le Second Empire, admirait le génie des fontainiers et ingénieurs romains, lesquels n'hésitèrent pas à construire des aqueducs de plusieurs dizaines de kilomètres opérationnels pendant plus de deux millénaires. On s'étonnera d'apprendre qu'au XIX^e siècle des puits artésiens (utilisant la pression des nappes situées à grande profondeur et fournissant une eau très pure) ali-

mentaient encore des fontaines publiques et des particuliers. Aujourd'hui, Paris est équipé d'un double réseau de distribution d'eau, l'un pour l'eau potable et l'autre pour la voirie.

Illustré de superbes photos, cet ouvrage nous fait découvrir les mystères de la pompe à feu, les abysses des puits de forage, les méandres des stations d'épuration et le charme des fontaines Wallace.

Henri-Pierre Penel

BIOLOGIE

Le gène avec plaisir

Pierre Douzou

LA SAGA DES GÈNES RACONTÉE AUX JEUNES

Odile Jacob, 105 p., 95 F.

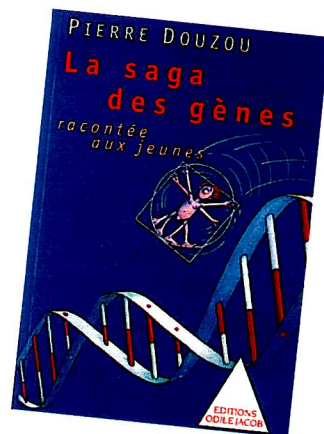
Qu'est-ce qu'un gène ? Qu'est-ce qu'une molécule d'ADN ? Qu'est-ce que le code génétique ? Pourquoi hérite-t-on des grands pieds de Bonne-Maman ? C'est en narrant la saga des gènes que Pierre Douzou, membre de l'Académie des sciences, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, chercheur en biologie moléculaire et en génétique, répond à toutes ces questions existentielles. Comme le sujet est des plus complexes et que l'auteur entendait en expliquer les subtilités aux jeunes, il a utilisé des phrases courtes et souvent drôles («du haut de ce gène des millénaires d'hérédité nous contemplent»), des métaphores («ces chromosomes sont des

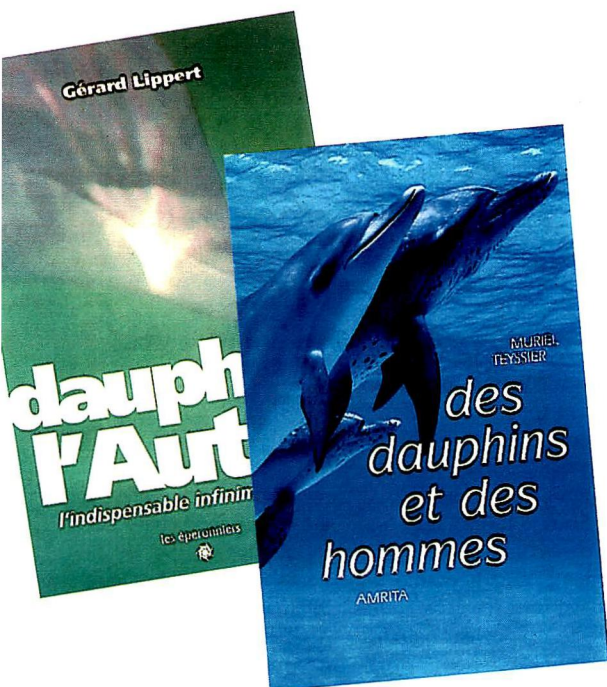
ordinateurs et l'ADN est leur mémoire») et des dessins techniques, humoristiques, ou les deux à la fois. Le résultat est probant : on apprend beaucoup, rapidement, et en s'amusant. A noter que des anecdotes historiques et artistiques jalonnent la saga. On y croise, entre autres, Socrate, Mozart, Musset, ou encore la reine Victoria qui, «victime d'une mutation [génétique], a naguère transmis l'hémophilie à toutes les cours d'Europe».

Le dernier chapitre du livre («Les manifestations de la génomania») dévoile les principes d'une manipulation génétique, en suggère les risques au lecteur, et l'induit à s'interroger : «Tout génome est [...] une société secrète. Une société supérieurement or-

ganisée et qui a ses lois comme la nôtre, des lois que l'homme voudrait mettre en scène alors qu'il les connaît à peine...» Pierre Douzou s'en remet alors à Rabelais pour donner une morale à son livre : «Science sans conscience n'est que ruine de l'âme».

Sonia Feerchak





Vive les dauphins libres

Muriel Teyssier

DES DAUPHINS ET DES HOMMES

Amrita, 136 p., 98 F.

Gérard Lippert

DAUPHIN, L'AUTRE

Les éperonniers, 271 p., 158 F.

« Il était une fois les dauphins... Puis vinrent les hommes ». Cette légende d'une aquarelle d'Hugo Pratt est le message tout à fait clair de ces deux ouvrages. Chaque auteur, à sa manière, dénonce l'existence des delphinariums, qui contribuent, certes, à l'avancée de nos connaissances sur le monde marin, mais sont trop souvent mal adaptés aux besoins des animaux.

Muriel Teyssier s'en prend au "dolphin business", qui ne prend que très peu en compte les traumatismes subis par les dauphins. Et Gérard Lippert rend compte de l'extrême complexité de la composition du milieu marin et de son équilibre, difficilement reconstituable en bassin fermé. Il tente également de faire du dauphin « la métaphore de l'homme moderne dans sa société »... Voilà qui est peut-être un peu osé. Néanmoins, ces deux ouvrages sont très documentés, fourmillant de données comportementales, d'enquêtes internationales, de références scientifiques.

Et si leurs positions sont catégoriques, elles laissent néanmoins émerger un soupçon d'espoir...

Frédéric Zinck

Tous les mardis, stimulez votre

Q !



Livres

BIOGRAPHIE

L'architecture entre la science et le conte de fées

Laurent Baridon

L'IMAGINAIRE SCIENTIFIQUE DE VIOLLET-LE-DUC

L'Harmattan, 290 p., 180 F

De Viollet-le-Duc, on cite immanquablement, souvent pour les critiquer, ses restaurations du château de Pierrefonds ou de la cité de Carcassonne. Viollet-le-Duc fut, en fait, une figure à la fois emblématique et controversée de

l'architecture du XIX^e siècle. D'aucuns lui attribuent une certaine paternité dans la naissance de la modernité, tandis que ses destructeurs voient en lui un vandale de la restauration.

On sait moins que, tour à tour dessinateur, restaurateur et théoricien de l'architecture, il chercha son inspiration dans des domaines scientifiques aussi divers que la géologie, l'histoire, la géométrie, la cristallographie, l'anatomie ou la botanique. Chacune de



ses créations en porte la trace : la flore et la faune dans les décorations, la géométrie dans les proportions, la cristallographie dans l'harmonie des formes...

Sous la forme d'un dictionnaire, richement documenté et agrémenté de dessins du célèbre architecte, cet ouvrage nous fait découvrir un homme passionné et passionnant.

Fabrice Laurent

BIOLOGIE

L'ADN vu de l'Est

Maxim Franck-Kamenetskii

LE FIL DE LA VIE. La découverte de l'ADN

Flammarion, 253 p., 140 F.

Cette histoire de la découverte de l'ADN a été écrite par un chercheur longtemps coupé de la communauté scientifique internationale, puisqu'il est russe et dirige à Moscou le département de biologie moléculaire. Elle est donc en rupture de ban avec toutes celles qui occupent les rayons des librairies et qui racontent toutes à peu près la même chose.

On ne s'étonnera donc pas de voir citer des noms de chercheurs russes, pour la plupart inconnus du grand public, qui prirent une part active aux recherches en biologie moléculaire ces der-

nières années. Le livre est plaisant à lire et à la portée de tout lecteur. Un intérêt renforcé par le regard neuf qu'il porte sur une découverte qui a bouleversé le monde de la biologie et de la médecine. Nous le recommandons vivement.

Pierre Rossion



CD-Rom

DÉFENSE

L'enjeu du XX^e siècle en deux CD-Rom

NUCLÉAR, UNE ENCYCLOPÉDIE DE LA DISSUASION

Microfolie's, 250 F.

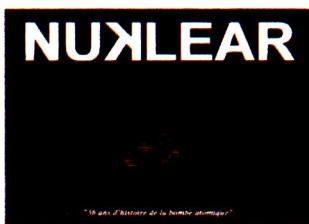
■ Le nucléaire militaire, sous l'angle scientifique bien sûr, mais aussi historique et politique, tel est le thème de cette encyclopédie. Sujet épineux si l'en est. Le premier CD-Rom raconte la naissance de la bombe atomique et nous amène jusqu'aux derniers essais nucléaires français. Des photos de l'*Enola Gay* (le bombardier qui largua la première bombe sur Hiroshima en

août 1945), l'annonce du président Chirac... le multimédia est bien au rendez-vous. Une carte géopolitique permet de situer les forces en présence et d'aborder le sujet de la dissuasion.

Le deuxième CD-Rom, pour sa part, rassemble une heure et demie d'interviews de spécialistes, avec le parti pris... de ne pas en prendre : du vice-ministre russe à Green Peace, chacun y va de son point de vue sur divers sujets, à choisir dans une liste de questions. Côté "navigation", un accès direct à tous les médias et de nombreux points d'entrée dans chaque écran rendent la visite de ce monde nucléaire assez originale. On peut

même créer son propre classeur d'informations glanées au cours de la consultation du CD. Bref, un véritable multimédia pour se faire une opinion sur le sujet ou pour conforter la sienne.

Sarah Bodine



ARCHIMEDE

Un cocktail
de sciences
pour vos
cellules
grises



La science vous intéresse ? Découvrez en 26 mn de grands sujets en petits formats. Archimède, un regard original et passionnant sur le monde qui nous entoure.

Les sujets du mois d'Archimède :

Mardi 1^{er} octobre à 20h

1. Radioscopie.
2. Leurre.
3. Loto.
4. Duperie.
5. Faites vos jeux !

Mardi 8 octobre à 20h

1. Paradis d'amour.
2. Parfum.
3. Attraction universelle.
4. Phéromones.
5. Confusion sexuelle.

Mardi 15 octobre à 20h

1. Chercheur de fourmis.
2. Archéologie de la génétique.
3. Pièces de rechange électroniques pour le corps.

Mardi 22 octobre à 20h

1. Point d'eau.
2. Mémoires d'une plage.
3. Catalyse.
4. Transmission.
5. Sauvetage.

**Le magazine scientifique télé
recommandé par SCIENCE & VIE**

3615 ARTE (1,29F/mn)

arte

Internet

PAR MICHEL BRASSINNE

Bonne cueillette sur le Web



Les arbres ont une agence

L'Agence des arbres est une association loi 1901 dont l'objectif est de rechercher, de promouvoir et de mettre en œuvre toute action liée à la sauvegarde, à la protection et à la gestion des arbres.

Pour tous les détails sur les formations et les animations :

<http://www.capmedia.fr/arbres/>



Ou, par e-mail : **agence-arbres@capmedia.fr**

Et, par des moyens plus classiques, tél. : **61 69 84 08**.

Et sous les arbres, les champignons

Cinquante conseils pour "bien" cueillir les champignons, après les avoir identifiés bien sûr. Les amateurs respectueux des fragiles mycéliums ou simplement les gourmands sauront les respecter pour, l'année suivante, retrouver en bon état les sites où ils poussent. Quelques conseils de prudence agrémentent les pages de ce site de saison : par exemple celui de... chançonner ou de parler à haute voix dans la forêt, ce qui permet d'éviter les balles perdues à la période de la chasse !

<http://inapv.inapg.inra.fr/mag10/lechat3.html>

Les Québécois paient pour voir

«Faut-il croire à l'astrologie ? Peut-on communiquer avec les morts ? Prévoir l'avenir ? Y a-t-il des gens doués de pouvoirs paranormaux, comme la télépathie, la clairvoyance, etc. ?»

Les Sceptiques du Québec en doutent à juste titre ! Mais ils sont toujours prêts à réviser leur position... Il suffirait de presque rien, disent-ils avec humour, pour ébranler leur certitude : une expérience, un fait troublant, une prédiction précise. Juste un petit fait observable ou vérifiable expérimentalement, et le faiseur de miracle recevra la coquette somme de 750 000 dollars (environ 3 750 000 F). Le défi des Sceptiques du Québec est clair et net.

L'offre est sur la table depuis 1989, et plusieurs dizaines de candidats ont jusqu'ici tenté leur chance. Mais personne n'a encore réussi à prouver quoi que ce soit. Sinon qu'il y avait de bonnes raisons d'être sceptique...

Pour recevoir le formulaire d'inscription, il suffit d'appeler le (514) 990-8099. Lorsqu'il est rempli, il faut le poster à l'adresse indiquée ou le faxer au (514) 668-5926.

Le site présente en outre bon nombre de techniques utilisées par les charlatans, à commencer par la torsion des cuillères, qu'on vous apprend à réaliser sans force psychique spéciale.

<http://libertel.montreal.qc.ca/info/sceptiques/>

3615
SCV

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

Un cerf-volant paré au combat

Pour le plaisir des enfants et des parents, une bonne centaine de plans de cerf-volant, images comprises, sont au rendez-vous de ce site.

On donnera celui du "combattant indien", un "directionnel monofil" qu'on peut admirer en Inde dans les festivals. On peut se servir du papier traditionnel ou de matériaux plus modernes comme le tyveck ou le mylar. A vos ciseaux !

Longueur AB : 53 cm ; largeur CD : 60 cm ; côtés AC-AD : 41 cm, CB-DB : 39 cm ; aileron postérieur EK-FL : 8 cm, GE-GF : 12 cm, EB-BF : 9 cm, GB : 11,5 cm ; bridage AS : 9 cm, BI : 16 cm, HS : 22 cm, HI : 29 cm ; plis des bouts d'aile C-D : 1 cm x 12 cm ; arc CSD : 76 cm. L'arc est construit à l'aide de bambou (3 mm) ou de fibre de verre (2 mm).

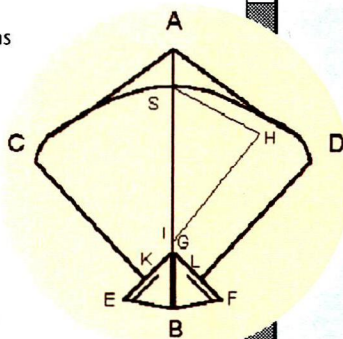
Le longeron central est également constitué d'une baguette de bambou de 3 mm x 2 mm. Renforcez la pointe du cerf-volant et ajustez la bride : votre cerf-volant de combat est prêt.

Pour connaître les plans des 99 autres :

<http://www.kfs.org/kites/Plan.html>

Et l'Annuaire du cerf-volant en France :

<http://www.MicroNet.fr/~ebat/index.html#TOP>



Parlez-vous Java ?

Java est un langage de programmation qui permet également d'écrire des applications "classiques" (indépendantes du Web et de tout réseau). Sur Internet, Java rend les pages Web interactives et "intelligentes". Jusqu'à présent, la seule interactivité d'une page Web

consistait à cliquer sur des mots soulignés (dits "liens hypertexte") qui renvoient à d'autres pages Web et ainsi de suite. Grâce à Java, une page Web peut contenir un véritable petit programme, nommé "applet" en jargon Java.

Exemples : visualiser des molécules en trois dimensions en les faisant pivoter à la souris ou naviguer dans l'énorme quantité d'images d'un corps humain découpé en tranches. Et même dialoguer en direct sur une page Web, par écrit, avec toutes les personnes qui consultent cette page au même moment que vous !

http://www.univ-strasbourg.fr/reseau_osiris/doc_tech/java.html

Pour ne pas vous égarer...

L'actualité des meilleurs "moteurs de recherche" sur Internet : ces sites permettent, en tapant un ou plusieurs mots-clés, de découvrir les bons services :

<http://www.indiana.edu/~librbsd/search/>

A la recherche de l'e-mail perdue

Pour retrouver l'e-mail d'un correspondant, c'est-à-dire sa boîte aux lettres électronique mondiale sur Internet à partir de quelques éléments :

<http://usenet-addresses.mit.edu/>

Tous vos droits

Pour mieux connaître ou pour découvrir vos droits en matière de Sécurité sociale, travail, logement, justice, transport, un site très documenté et régulièrement mis à jour :

<http://www.pratique.fr/vieprat/>



FUTURS

PEUT-ON PRÉVOIR L'AVENIR ?

■ La
futurologie
s'est si
largement
trompée qu'elle
a perdu toute
crédibilité.

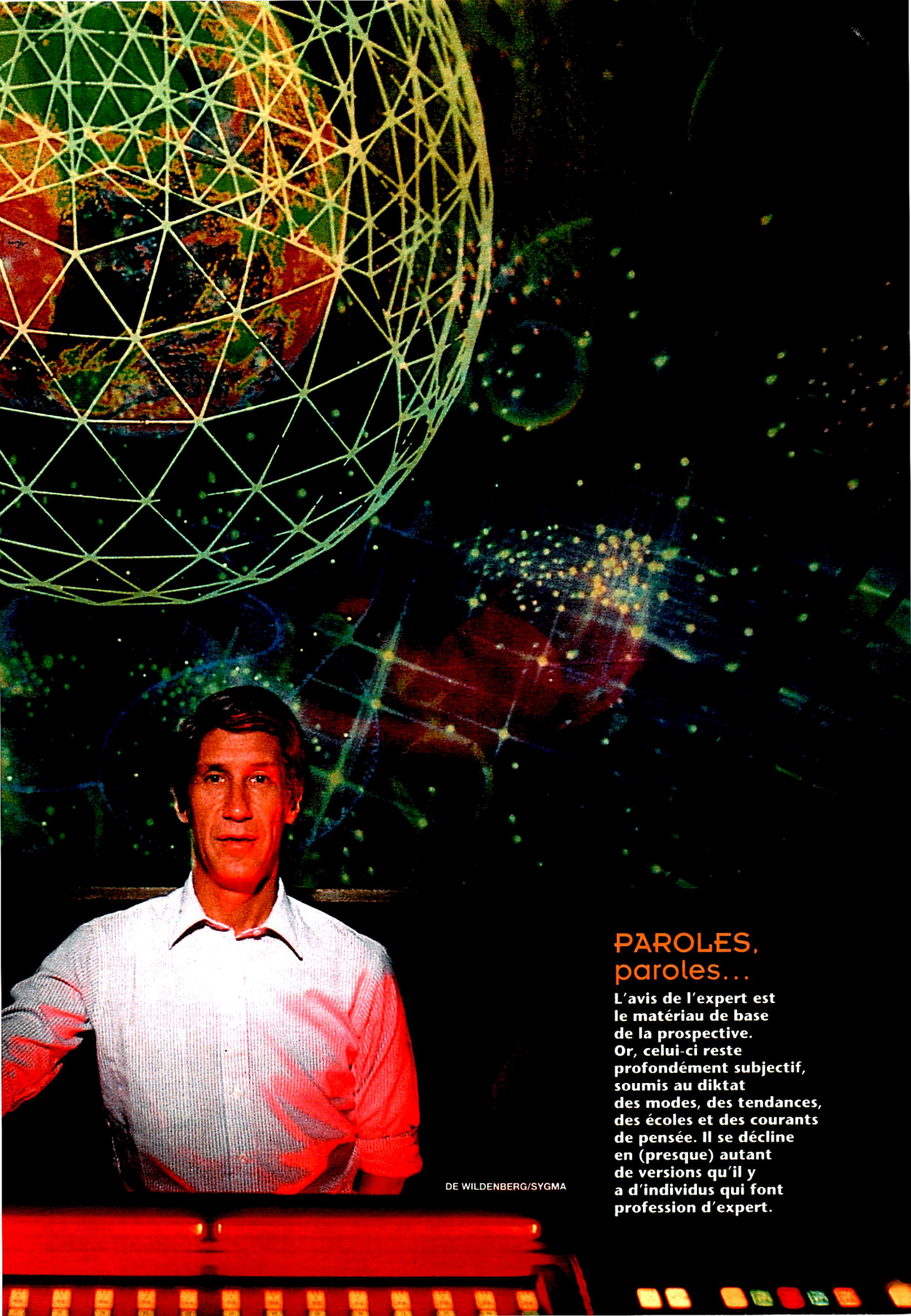
La prospective a un
objectif plus rigoureux :
explorer tous les scénarios
possibles, à l'aide des
données de la science. L'homme
reste libre de ses choix.
Pour le meilleur ou pour le pire.

PAR LEÏLA HADDAD

Demain est un autre jour. Libre à nous de le rêver et, nageant dans l'utopie, de l'imaginer côté jardin, à la manière d'auteurs comme Jules Verne et Isaac Asimov, ou côté cour, comme dans le sombre *1984* de Georges Orwell ou le réfrigérant *Meilleur des mondes* d'Aldous Huxley. Il est toujours possible de jouer à Nostradamus, de consulter l'oracle de Delphes, de plonger dans les entrailles d'hirondelle ou se perdre dans les arcanes du tarot. Les voies du futur sont multiples, et certaines sont

particulièrement impénétrables.

Dans un monde en proie à des changements de plus en plus rapides, imprévisibles et violents, le futur est devenu une chose trop sérieuse pour être confiée à la boule de cristal de Mme Irma – écartée après la Seconde Guerre mondiale au profit d'une nouvelle race de spécialistes du lendemain : les futurologues. Il n'est plus question de jouer aux devinettes : il s'agit de rationaliser la prévision du futur grâce à une batterie de techniques et de méthodes exploratoires, assorties d'un essorage ■ ■ ■



PAROLES, paroles...

L'avis de l'expert est le matériau de base de la prospective. Or, celui-ci reste profondément subjectif, soumis au diktat des modes, des tendances, des écoles et des courants de pensée. Il se décline en (presque) autant de versions qu'il y a d'individus qui font profession d'expert.

DE WILDENBERG/SYGMA

■ ■ ■ de neurones hautement qualifiés.

L'étude systématique du futur a démarré aux Etats-Unis, où elle n'a pas tardé à être institutionnalisée à l'initiative des militaires. Pratiquée dans de grands instituts comme la Rand Corporation, la futurologie a eu ses gourous (comme Herman Kahn), ses bibles sur l'an 2000 (voir l'encadré "Le bêtisier de la futurologie"), et connu des années de règne sans partage sur un avenir ligoté par l'ordinateur et estimé sans surprise. Jusqu'au krach pétrolier de 1973 et à la récession, non prévus dans les chroniques des avenirs annoncés...

En France, la futurologie laisse sceptique. On lui reproche de n'être qu'une extrapolation du passé et du présent, une simple projection des tendances, assortie d'une vision technolâtre, très post-industrielle, de l'avenir – voire, pour certains, de la pure science-fiction. En réaction à cette conception très déterministe de l'avenir, qui le réduit à une répétition du passé en nous privant de toute liberté, les philosophes Gaston Berger et Bertrand de Jouvenel créent, dans les années 50, la "prospective".

La prospective part du principe que l'avenir n'est écrit nulle part, mais reste à faire. N'étant plus une ligne prolongeant le passé, il devient multiple et indéterminé. En d'autres termes, nous avons devant nous un faisceau de futurs possibles, la réalisation de l'un ou de l'autre dépendant en grande partie de nos actes. L'homme devient libre de bâtir ses lendemains, à condition de se donner les moyens de choisir son avenir pour ne pas le subir. La prospective se propose ni plus ni moins que d'aider gouvernements et entreprises à

faire ce choix, grâce à une exploration des futurs possibles.

Dès lors, l'avenir n'est plus une fin en soi : l'important n'est plus ce que l'on peut prédire pour les dix, vingt, cinquante années à venir, mais comment ces anticipations peuvent servir à l'action, aider à l'élaboration d'une stratégie.

« Il est absurde de penser que l'on peut écrire le futur : on ne peut que faire état de préoccupations », explique Jacques Theys, directeur du Centre de prospective et de veille scientifique, commun aux ministères de l'Équipement et de l'Environnement. « La prospective est un débat qui vise à mettre sur le tapis des problèmes jusque-là occultés, afin que les pouvoirs publics

s'en préoccupent. En matière d'environnement, par exemple, il n'y a eu jusqu'à présent que des politiques de "rattrapage". Il est plus intéressant de se pencher sur les conséquences de la technologie sur l'environnement. »

DES IDÉES D'ÉCRIVAINS

Le concept est quelque peu brumeux, le jargon, ardu, et la démarche pour parvenir à l'élaboration d'un éventail de futurs à la fois possibles et plausibles, rien moins qu'évidente... La vision globale prônée par les tenants de la prospective oblige à tenir compte d'une multitude de facteurs et, surtout, des interactions de ces phénomènes.

Certaines des données traitées sont dites "dures". Par exemple, dans un domaine comme l'environnement : la démographie, les inerties (infrastructures, équipements, politiques...), etc. Elles constituent la part "prévisible" de l'avenir, grâce à des extrapolations, des prolongations de courbes et des modélisations.

Mais une autre partie du travail de prospective, beaucoup plus intuitive, fait appel aux pressentiments, aux suggestions, aux avis divers. « Les idées d'écrivains, de philosophes ou d'historiens sont prises en considération, explique

Jacques Theys. Cela n'a pas de sens de présenter la prospective comme rationnelle. Elle n'a rien à voir avec les sciences expérimentales. Nous utilisons des données scientifiques, mais notre ambition n'est pas de donner une image exacte de ce que sera l'environnement dans vingt ans. La prospective est un art. »

Michel Godet, professeur au Conservatoire national des arts et métiers et directeur

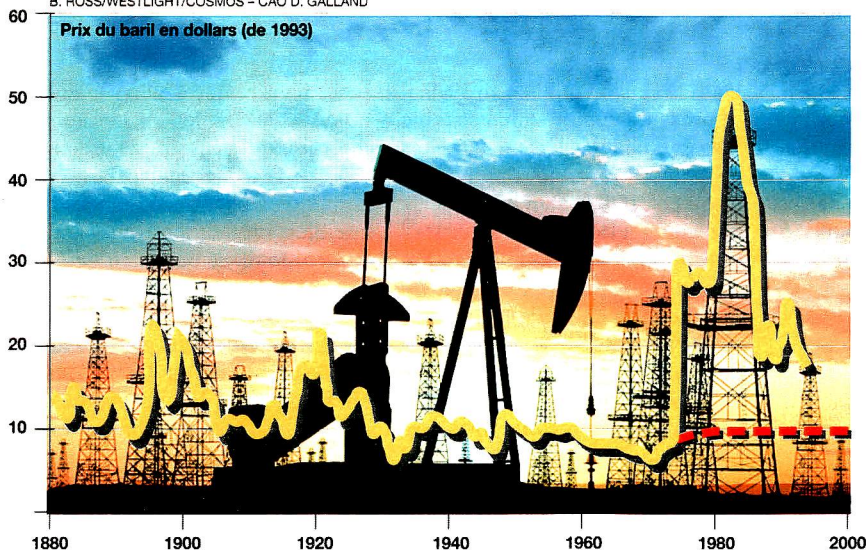
Inventions DÉTOURNÉES

Il arrive que le public se joue des prévisions en détournant complètement une invention. Ainsi, le téléphone était destiné à l'origine à un usage plus que restreint : écouter des concerts ou donner des ordres. D'autres innovations, promises à un brillant avenir, comme les vidéodisques, ont été boudées par le public.

Théâtrophone



J. L. CHARMET



Le PASSÉ n'annonce pas le FUTUR

Prévoir les ruptures est le souci majeur de tous les perspectivistes.

Or, rien n'est moins aisé si le futur est simplement extrapolé à partir du présent et du passé. Par exemple, rien dans l'évolution du prix du baril de pétrole depuis 1880 (courbe jaune) ne permettait de prévoir les krachs de 1973 et de 1979. La simple prolongation des courbes (courbe rouge) est un piège dans lequel sont tombés maints futurologues...

du Laboratoire d'investigation prospective et de stratégie (LIPS), a mis au point une boîte truffée d'outils conceptuels et méthodologiques à l'usage exclusif de la prospective : « Plus on est nombreux, mieux on réfléchit à l'avenir. Les méthodes de prospective sont d'abord des outils structurant une réflexion collective – indispensables pour ne pas virer au “Café du commerce”... »

180 MENUS AU RESTAURANT

L'une des méthodes utilisées pour bâtir des images du futur est celle des “scénarios”. N'en déplaise au public, friand de belles histoires de l'an 2000 mais fort peu disposé à compiler d'arides comptes rendus d'experts, le scénario selon Michel Godet a fort peu à voir avec un récit de fiction : « C'est une combinaison d'hypothèses, qui, pour être utile, doit respecter cinq conditions : pertinence, cohérence, vraisemblance, importance et transparence. Toute construction de l'avenir ne respectant pas ces critères n'est pas de la prospective. »

Mais, avant d'en arriver là, le chemin est long... Ainsi, pour faire des

prévisions sur l'énergie en 2010, il faut tenir compte d'une quantité astronomique de données, appartenant à des sphères aussi variées que la politique, l'économie, l'environnement, l'innovation technologique, les ressources naturelles...

Qu'il s'agisse du contexte économique mondial en 2010 ou de l'avenir de l'agroalimentaire français, chaque sujet peut se comparer à un jeu de Lego qu'il faut démonter pièce par pièce pour en dégager les pièces maîtresses, c'est-à-dire les faits porteurs d'avenir, dont les fluctuations vont profondément influencer le futur étudié. Ces éléments sont alors examinés sous toutes leurs configurations et dans tous les contextes possibles, pour en tirer une poignée d'hypothèses clés.

Ces hypothèses sont ensuite combinées entre elles. Pour reprendre une image de Fabrice Roubelat, chercheur au LIPS et à EDF : à partir d'une carte de restaurant proposant trois entrées, quatre plats, trois desserts et cinq boissons, on peut concocter $3 \times 4 \times 3 \times 5 = 180$ menus possibles. Ainsi, si le travail initial a fait ressortir quatre variables, pré-

sentant chacune trois configurations possibles (les hypothèses de base), on a $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$ possibilités de combinaisons, donc de scénarios.

Après ce gigantesque défrichage, qui met à contribution des équipes comprenant parfois plusieurs dizaines d'experts, il reste à choisir les scénarios sur lesquels on va travailler. La solution défendue par Michel Godet consiste à associer aux scénarios des probabilités. On prend chacune des hypothèses clés, et on demande aux experts de s'exprimer sur leur probabilité d'occurrence :

probable, très probable, peu probable, etc. Chacun de ces jugements est ensuite quantifié ; par exemple, en présentant à chaque expert une échelle graduée de 1 à 5 ou de 1 à 10, où il est prié de cocher la case correspondant à son avis.

On combine ensuite ces hypothèses deux à deux à l'intérieur d'une grille : si l'hypothèse 1 se réa-

Des hypothèses clés combinées entre elles

lise, quelle est la probabilité pour que 2 se vérifie ? Si l'hypothèse 4 ne se réalise pas, que devient l'hypothèse 6 ? etc. On obtient finalement une série de scénarios auxquels sont associées des probabilités, corrigées de telle sorte qu'elles respectent les lois mathématiques du genre. Les experts n'ont plus qu'à choisir parmi ces futurs.

« Les probabilités servent de garde-fou intellectuel, en nous évitant de passer à côté de bonnes

■ ■ ■ idées que nous n'avons pas su voir ou qui ont été rejetées comme hautement improbables, explique Michel Godet. Mais il y a un autre critère de sélection des scénarios, celui de l'"importance" : un scénario même peu probable peut

« L'amnésie de nos sociétés hystériques... »

être important, et il faut aussi en tenir compte... »

Ouf ! Il y a presque autant de manières d'aborder la prospective que de spécialistes.

2100, *Récit du prochain siècle* est l'un des plus gros travaux de prospective qui aient jamais vu le jour.

Dans la version publiée en 1990, il se présente comme une véritable saga entraînant le lecteur, à travers les tribulations de l'humanité, jusqu'en 2100. Rien n'est laissé de côté dans cette fresque futuriste : politique, économie, vie quotidienne, cultures, etc. Les innovations technologiques, en particulier, constituent un pôle important de ce travail.

Pour réaliser ce pavé, Thierry Gaudin, alors directeur du Centre de prospective et d'études du ministère de la Recherche, a lancé en 1979 une vaste consultation qui a duré plusieurs années, recueillant les réponses de plus de 1 500 experts à la question : « A quelles nouveautés faut-il s'attendre dans votre domaine ? » L'ensemble a été mis en forme lors de séminaires et de colloques, avant de livrer son es-

sence dans ce que Thierry Gaudin qualifie de "fable" : « Un genre littéraire qui s'inspire de la science et de la technologie. Il est évident que, à partir des données recueillies, on peut écrire une tout autre histoire. Le but de 2100 est de briser le silence de ceux qui refusent d'envisager le siècle prochain : ce n'est pas parce que nous n'avons pas de certitudes qu'il ne faut pas en parler. Avoir une vision du siècle à venir sert de balise dans une société désorientée. »

NOUVELLE FLORAISON DE PROMESSES

En prospective, la notion de temps est très fluctuante. Thierry Gaudin justifie sa vision à long terme par le fait que « les effets de la plupart des grandes décisions concernant l'urbanisme, l'agriculture, l'environnement, l'aménagement du territoire, l'éducation, l'espace ou les télécommunications se feront sentir dans plus d'un siècle ». Il n'y a pas à proprement parler de limite théorique au-delà de laquelle l'exercice deviendrait hautement périlleux. « Tout dépend du domaine étudié, explique Fabrice Roubelat. Par exemple, dix ans correspond à du très long terme en informatique, domaine soumis à des changements très rapides, tandis que cette limite peut passer à quarante années pour le nucléaire. »

Talon d'Achille de la prospective et de la futurologie, leur matériau de base, profondément subjectif : l'avis de l'expert. Ce brave homme n'est pas à l'abri des idéologies, modes, croyances et grands mythes de son époque, qui peuvent considérablement influencer sa vision des choses. Un simple aperçu des récits d'anticipation suffit d'ailleurs à se rendre compte de l'infinie variété des avènements promis à l'humanité, depuis les visions électriques de la Belle Époque jusqu'à la technologie triomphante et aux utopies des années 60 et 70. Les futurs passés ont vécu...

Après quelques années de

LES NOUVEAUX ORACLES DE DELPHI

■ La méthode Delphi (en référence à l'oracle de Delphes) est l'une des plus anciennes méthodes appliquées à la prospective. C'est aussi la plus simple. Elle consiste à poser à un panel d'experts (au moins cent personnes, présentant l'éventail de compétences le plus diversifié possible) une question exigeant une réponse quantifiée (date, probabilité, grandeur quelconque). Par exemple : « Selon vous, en quelle année la fusion thermonucléaire sera-t-elle contrôlée ? »

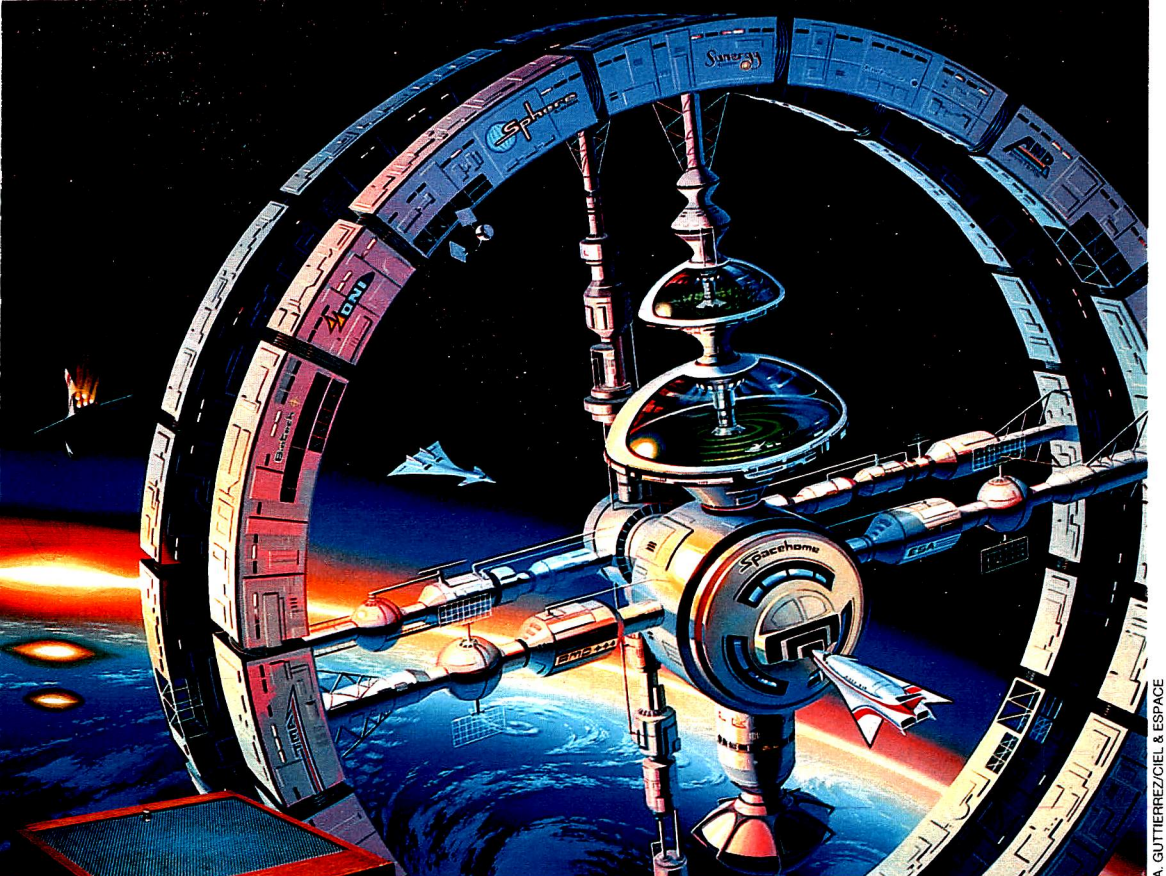
« Delphi n'est pas un sondage d'opinion, explique Fabrice Roubelat, chercheur à EDF et au LIPS. On ne cherche pas à avoir un échantillon représentatif de la population des experts. Néan-

moins, on recherche l'hétérogénéité des réponses et des milieux. Par exemple, pour une étude réalisée six mois avant la chute du mur de Berlin et portant sur la sécurité en Europe à l'horizon 2010, l'enquête a concerné des journalistes, des militaires, des politiques, des universitaires. » Avis aux amateurs, les candidatures ne sont pas les bienvenus.

Le Delphi est une méthode de recherche du consensus. A travers les réponses obtenues, les promoteurs de l'étude vont tenter de définir une valeur médiane, une date moyenne dans le cas évoqué, qui soit plus ou moins consensuelle. Il peut y avoir plusieurs médianes possibles en fonction des

acteurs, un groupe plutôt scientifique penchant pour telle date, et les industriels pour telle autre. En définitive, le Delphi permet de dégager des horizons, avec plus ou moins de justification.

C'est une procédure longue, qui demande plusieurs mois et produit beaucoup de déchets, les experts ne répondant pas toujours. De plus, « elle ne tient pas compte de l'interdépendance des questions, des divers facteurs qui peuvent entrer en ligne de compte, explique Fabrice Roubelat. On continue à faire du Delphi comme on continue à faire des sondages. C'est un bon indicateur sur ce que pensent les experts et ne demande pas de gros moyens ».



A. GUTTIERREZ/CIEL & ESPACE

L'ERREUR est EXPERTE

Au milieu des années 70, le premier micro-ordinateur d'Apple (ci-contre) n'avait, selon les dirigeants d'IBM, aucun avenir. A l'inverse, depuis la même époque, on nous promet la construction de "villes" dans l'espace.

vaches maigres, durant lesquelles l'anticipation s'est repliée dans les organismes d'Etat et les cabinets de consultants, on assiste à une nouvelle floraison de promesses d'avenir dans les librairies et dans les kiosques. Internet, mondialisa-

tion, banlieues chaudes et nationalisme obligent !

« Nous vivons dans des futurocraties », affirme François-Bernard Huyghes, spécialiste en médiologie et auteur d'un truculent bétisier de la prévision (assorti d'une analyse

du phénomène). « On nous commande au nom d'une connaissance supposée du futur. L'affirmation de certitudes douteuses sert à asseoir un pouvoir. D'autant plus qu'il n'y a pas de sanction : les soviétologues, qui se sont trompés à 99 %, sont toujours considérés comme des experts ! L'amnésie de nos sociétés hystériques et médiatiques est frappante. »

La part de flair nécessaire à l'exploration du futur oblige à sortir des sentiers battus et à ramer, si besoin est, à contre-courant. Pas facile. « C'est toujours l'événement auquel on n'a pas pensé qui se produit, ironise François-Bernard Huyghes. Celui qui aurait prédit qu'en 1996 nous serions préoccupés par des épidémies, par l'intégrisme, par la pauvreté et les guerres se serait fait taxer d'incurable réactionnaire, in-

LE BÉTISIER DE LA FUTUROLOGIE

■ En 1972, l'un des pères de la futurologie à l'américaine, Herman Kahn, dressait, avec Anthony J. Wiener, la liste des cent innovations qui nous pendaient au nez d'ici à la fin du siècle. Un best-seller intitulé *L'An 2000, la bible des trente prochaines années*. Voici un échantillon-

nage de ces perles :

- Importante diminution des imperfections congénitales et héréditaires.
- Contrôle limité du temps et/ou du climat.
- Emploi effectif de la communication électronique.
- Hibernation des êtres humains pour de

longues périodes (des mois, des années).

- Installations habitées et peut-être même colonies sous la mer.
- Plates-formes volantes individuelles.
- Rêve stimulé et peut-être programmé.
- Lunes artificielles et autres méthodes pour éclairer de grandes étendues de nuit.

■ ■ ■ capable de comprendre qu'on allait vivre dans des stations orbitales ! »
« Le sérieux n'est pas là où on pense le trouver, confirme Thierry Gaudin... Il équivaut au conformisme. »

Autre erreur très fréquemment reprochée aux futurologues, la pro-

scientifique (effet de serre, production de CO₂, ozone...), il y a les ruptures, les changements brutaux, que la prospective tente de cerner mais qui ne sont inscrits nulle part, ni dans le passé ni dans le présent. Un exemple frappant, celui du savoir scientifique : on ne peut connaître à l'avance ce que l'on va découvrir. Autrement dit, la prospective de la connaissance est impossible...

De même, il est très difficile de prévoir l'usage qui sera fait d'une innovation ou d'une technologie. « Nous faisons ce que nous voulons de l'avenir, explique François-Bernard Huyghes. Ce que vous et moi trafiquons avec notre minitel ou notre téléphone n'était pas du tout prévu au départ : selon Bell, son inventeur, le téléphone devait servir à donner des ordres ou à écouter des concerts. Quant au minitel, ce

n'était qu'une banque de données. »

« On a toujours tendance à surestimer le changement technique, analyse Michel Godet. Mais ce n'est pas parce qu'une chose est technologiquement possible qu'elle est économiquement rentable... ou socialement souhaitable. Les hommes sont à la recherche d'un lien social, et on peut crever de solitude avec cent chaînes de télé ! Dans l'enseignement, rien ne remplacera le contact maître-élève, et je ne crois pas au développement du télétravail. »

LE PHILOSOPHE VIOLONISTE

Nous savons faire des voitures électriques, mais nous continuons à nous asphyxier. Nous savons produire de l'énergie propre, et nous persistons à construire des centrales. Alors, pourquoi continuer à consulter la pythie... sinon pour s'entendre chanter les lendemains ?

« Les discours sur le futur ne prédisent ni plus ni moins que la fin de l'histoire, la fin des troubles, des incertitudes, constate François-Bernard Huyghes. C'est ce que j'appelle "le rêve du philosophe violoniste" : l'idée qu'on va arriver à un état de spiritualité, dégagés des contingences matérielles grâce au progrès. L'ensemble, bien sûr, est trempé dans un doigt de mystique, l'image du corps unique, du grand cerveau, etc. Dans notre adhésion à cela, il y a un peu de lâcheté, un soulagement certain. C'est tout de même étonnant de voir le mélange des genres, un zeste de zen et une louche d'ordinateur. »

Faites nous rêver, c'est tout ce qu'on demande... ■

Pour en savoir plus :

- Michel Godet, *De l'anticipation à l'action*, Dunod ; *l'Avenir autrement*, Armand Colin.
- 2100, *Récit du prochain siècle*, collectif, Payot.
- Thierry Gaudin, *2100, Odyssée de l'espace*, Payot.
- *L'Environnement magazine*, numéro spécial anniversaire "150 ans", décembre 1995.
- François-Bernard Huyghes, *les Experts ou l'Art de se tromper*, de Jules Verne à Bill Gates, Plon.
- Bernard Cazes, *l'Histoire des futurs*, Seghers.

Un zeste de zen et une louche d'ordinateur

longation des courbes : si l'on avait prolongé la courbe de production du crottin de cheval, nous en serions submergés à l'heure actuelle !

A côté des inerties, des tendances lourdes, des données qui se prêtent à la projection comme la démographie, des prévisions à caractère

Ainsi PARLAIT André MALRAUX...

Outre les données "dures", telles que les courbes et les prolongations de tendance, la prospective prend aussi en considération des prémonitions, des hypothèses, des idées nées dans l'esprit de philosophes, d'historiens ou d'écrivains. Quant à savoir si le XXI^e siècle sera religieux ou spirituel – selon les versions du célèbre mot d'André Malraux –, la prospective serait bien en peine de le dire...



D. PETERSON/FOTOGRAF

**Profitez
de notre offre fabuleuse
pour vous abonner à
SCIENCE & VIE**

**12 mensuels de
SCIENCE & VIE**

= 226 francs

+

**le téléphone GSM Motorola 7500
pour 1 franc ***

=

227 francs

les frais de dossier
et de connexion
vous sont offerts.*

**Votre économie :
1039 francs TTC !**

**SCIENCE
& VIE**



SEXUALITÉ
La biologie de la
beauté



ENQUÊTE
Que faire des
déchets nucléaires

OVNIS

PHOTO NON CONTRACTUELLE

BULLETIN D'ABONNEMENT A SCIENCE & VIE

à compléter et à renvoyer dans une enveloppe affranchie à **SCIENCE & VIE** - Service Abonnements - 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris cédex 15

COCHEZ
SVP
LA FORMULE
QUE VOUS
CHOISISSEZ



Je m'abonne pendant 1 an à **SCIENCE & VIE** pour 226 francs + 1 franc et je recevrai
12 mensuels + le téléphone portable GSM Motorola 7500*, sans frais de dossier ni de connexion.
Le tout pour une valeur de 1266 francs TTC.

● Je règle seulement 227 francs pour l'ensemble et j'économise au total 1039 francs TTC.



Je m'abonne uniquement à **SCIENCE & VIE**, pour 1 an, soit **12 mensuels**, pour 226 francs
et je réalise une économie immédiate de 50 francs par rapport au prix de vente en kiosque
des magazines (276 francs). Je ne souhaite pas recevoir ce téléphone GSM.

● Ci-joint mon règlement de 226 francs.

* L'envoi du téléphone portable et la gratuité des frais de connexion sont subordonnés à l'ouverture de votre ligne téléphonique auprès de SFR ou Itinéris. Notre offre vous permet d'accéder, au choix, à l'une de ces formules d'abonnement : «Proximité», «Professionnelle» et «Première» pour SFR ; «Référence» et «Intensif» pour Itinéris. Non cumulable avec une souscription SFR et Itinéris déjà contractée, elle est uniquement réservée pour un premier abonnement à SCIENCE & VIE, à la France continentale et valable jusqu'au 30/11/1996. Les documents complets nécessaires à l'obtention de votre ligne SFR ou Itinéris (au choix) vous seront adressés sous réserve d'acceptation de votre dossier par la Société A.L. Communication. Votre téléphone vous parviendra alors sous huitaine après l'accord donné par celle-ci. Votre abonnement au réseau SFR ou Itinéris porte sur une durée minimale de 12 mois à raison d'un règlement par prélèvement mensuel correspondant à la formule que vous aurez demandée, tarifs opérateur en vigueur. Les frais de communication téléphonique seront à votre charge. La responsabilité du Groupe Excelsior sur cette offre promotionnelle est contractuellement limitée à la fourniture de l'abonnement au magazine concerné.

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

● Le coût total de votre abonnement peut être affecté au budget formation ou frais généraux de votre entreprise.

● Le règlement de l'une ou l'autre des formules est à adresser à EXCELSIOR PUBLICATIONS

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. Vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autre société ou association. 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.

RC Paris B 381 281 492

ON N'ARRÊTE PAS UN RÊVE QUI MARCHE

■ A l'initiative de *Science & Vie*, une chaîne de compétences et d'amitié a permis à l'un de nos lecteurs de réaliser le prototype d'une voiture urbaine futuriste.

PAR NICOLAS MITRIC ET PHILIPPE MURAT

Souvenez-vous. Il y a deux ans, les lauréats du concours organisé par *Science & Vie* et par le Mondial de l'Automobile sur le thème "Imaginez la voiture de vos rêves..." présentent les maquettes des véhicules issus de leur imagination. Réalisées par les bureaux de design de grands constructeurs français, leurs créations sont exposées au Mondial du 6 au 16 octobre 1994. L'histoire aurait pu simplement s'arrêter là.

Mais, on n'arrête pas un rêve qui marche. Aujourd'hui, l'un des trois lauréat, Claude Yviquel, a réussi, grâce à une extraordinaire chaîne bénévole dont *Science & Vie* est à l'origine, à concrétiser le prototype

de sa voiture. L' "Osmose" pourrait bien être l'un des véhicules urbain du futur.

Ce véhicule a été conçu à partir d'une constatation simple de Claude Yviquel : « Les trois quarts du temps, les trois quarts des gens utilisent les trois quarts de leur voiture pour rien ». Alors, pourquoi ne pas concevoir un véhicule plus petit, et surtout plus étroit ? Biplace, pesant 450 kg, la voiture doit avoir des accélérations foudroyantes pour la sécurité du conducteur et du passager. Son rapport poids/puissance doit être en conséquence (moteur thermique de 500 cm³, 45 ch, alimenté au SP95 ou au GPL, ou encore grâce à des batteries délivrant

8 kW sous 120 v). L'idée était également de proposer au public une voiture d'aspect ludique. Ce point de vue est au diapason de l'évolution prise par les grands constructeurs avec leurs TPV (Très Petites Voitures) : Tulip, Smart ou Zoom.

Une rencontre avec Paolo Coelho détermine notre inventeur à passer du rêve à la réalisation : « Accomplissez votre légende personnelle », lui déclare l'écrivain. Plus concrètement, l'originalité du design de l'Osmose intéresse Mr Brès, gérant de la société Design France Associés qui propose de réaliser le projet "Bulcrab". Ce véhicule de voirie sera construit par la société Sotiag pour le compte de la mairie d'Amplepuis (Rhône), qui en finance la réalisation. « Ce véhicule doit sortir des sentiers battus », exigent Paul Lardet, PDG de Sotiag, et son collaborateur François Verdier. Un prototype est construit (photo page de droite). La réalisation du Bulcrab sert de banc d'essais pour évaluer certains aspects techniques et conceptuels de l'Osmose. Mais comment, sans moyens financiers, parvenir à réaliser un prototype ? La chance sourit alors à Claude Yviquel. Romain Ottogalli, élève ingénieur à l'ENSHMG (Ecole nationale supérieure d'hydraulique et de mécanique de Grenoble), peaufine les aspects techniques dans son rapport de fin d'études pour passer à la réalisation d'un prototype en vraie grandeur. Un châssis est réalisé avec l'aide de Sophie David et de Ghilen Croissant, assistants ingénieurs, et d'un compagnon chaudronnier. Le projet connaît un second souffle.

Comme par miracle, les

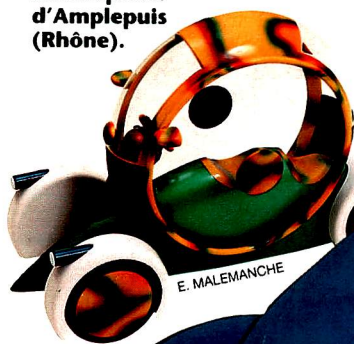
La solidarité des COMPAGNONS

Les compagnons du Devoir d'Épône (Yvelines) ont réalisé la carrosserie de l'Osmose. Ce projet est en accord avec leur philosophie de la perfection.



Deux ans de GESTATION

La maquette de l'Osmose (ci-dessous) a abouti, deux ans plus tard, au prototype exposé au Mondial de l'Automobile 1996 (ci-contre, une modélisation). Directement inspiré de l'Osmose, le "Bulcrab, ci-dessous, est un véhicule de voirie utilisé par la municipalité d'Amplepuis (Rhône).



Nicolas Mitric/Abel Orain pour ARKEOD



C. Yviquel

soutiens techniques se multiplient. Au début de l'année, les compagnons du Devoir proposent à Claude Yviquel de réaliser la carrosserie et l'habillage intérieur du véhicule. Une philosophie de la perfection qui s'accorde avec le projet Osmose. La société Kef-MMPI, dirigée par Allan Lay, sous-traitant de Matra, met en place toutes les liaisons au sol et la motricité de l'engin. Enfin, dernier acte de cette longue chaîne bénévole, pour mieux faire connaître le prototype au Mondial, la société ARKEOD réalise le logo, le dossier de presse et une bande dessinée dont l'Osmose est l'héroïne. Un CD-Rom est réalisé par la société Pro CD Multimédia.

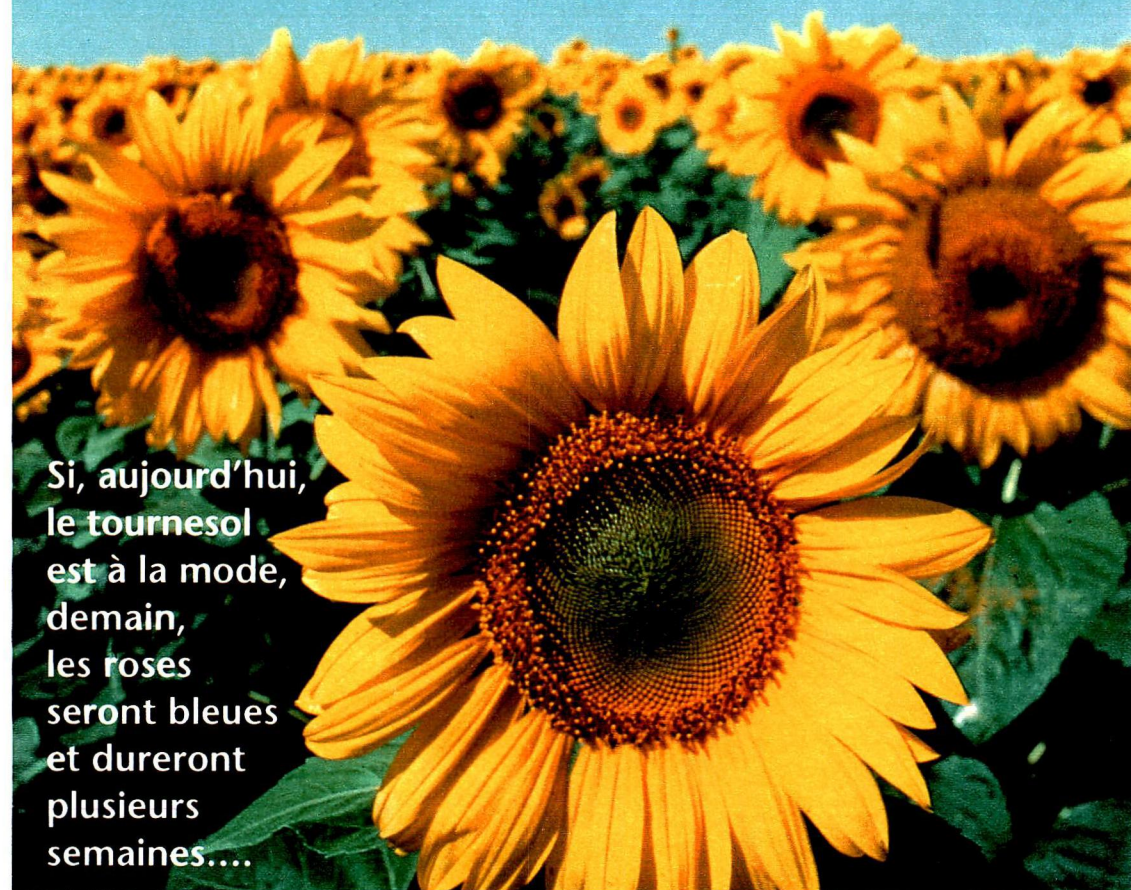
Tout est désormais fin prêt pour l'industrialisation. Qui osera se lancer dans l'aventure commencée par *Science & Vie* ?

C'EST DÉJÀ DEMAIN!

FLEURS

Le bouquet
caméléon

Si, aujourd'hui,
le tournesol
est à la mode,
demain,
les roses
seront bleues
et dureront
plusieurs
semaines....



L. SIMPSON/PHR

Les fleurs constituent un marché florissant : près de 100 millions de fleurs coupées (1) ont été vendues en France en 1995, pour une valeur de 6,5 milliards de francs.

Mais la demande des consommateurs change : les préoccupations écologiques et le besoin de nature des citadins se traduisent par un regain d'intérêt pour les

fleurs simples. Ainsi, il y a quelques années, personne n'aurait parié sur le retour du tournesol, pourtant aujourd'hui à la mode. Selon la même logique écologique et « dans la mesure où l'on pourra contrôler leur floraison et améliorer leur tenue en vase, peut-être trouvera-t-on demain des rosacées (amandiers, pêchers) chez les fleuristes », estime-t-on au

laboratoire d'amélioration des plantes florales de l'Institut national de recherche agronomique (INRA) de Fréjus.

Les chercheurs ont à leur disposition plusieurs outils pour accéder aux nouvelles exigences des consommateurs. « Les transgénoses [croisements géniques entre espèces], encore assez rares aujourd'hui,

sont très prometteuses, notamment chez les principales espèces florales », explique-t-on à l'INRA. On peut espérer obtenir ainsi des roses bleues, des chrysanthèmes rouges, et des fleurs qui durent plusieurs semaines, comme c'est déjà le cas des œillets. En revanche, les travaux menés sur les parfums sont toujours empiriques, par

manque de connaissances.

Les chercheurs tentent constamment d'améliorer la conservation des fleurs coupées (en maîtrisant la contamination bactérienne et fongique, etc.). Enfin, les agronomes cherchent à faciliter la culture d'espèces exotiques, extrêmement sensibles à la qualité du substrat.

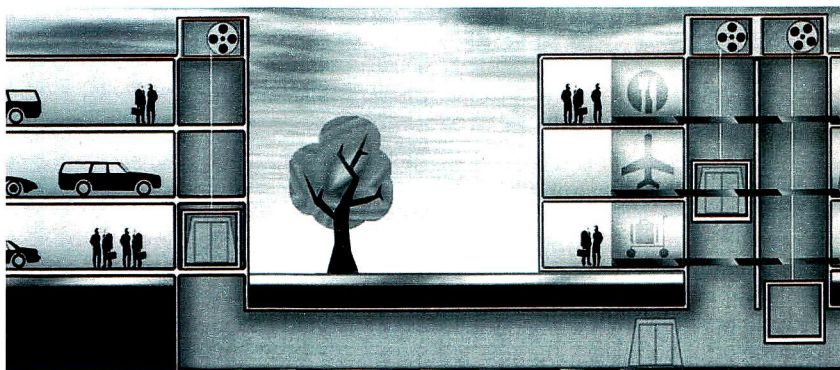
(1) Entités à la pièce, en botte ou en bouquet.

« Mot de passe incorrect... »

● **Tel est pris qui croyait prendre : Bill Gates a eu l'occasion de méditer cet adage... De retour de Chine après trois semaines d'absence, le patron de Microsoft s'est aperçu qu'il avait oublié le mot de passe indispensable pour accéder à son ordinateur ! L'anecdote est cocasse mais soulève un problème bien réel. Dans le cyberspace, où la crainte des "pirates" informatiques est légitime, la sécurité est une nécessité qui tourne à l'obsession. Comment se prémunir contre ces "hackers" sans avoir à mémoriser une centaine de codes ? Un grand patron américain avoue ainsi 88 combinaisons personnelles... Pris à son propre piège, Bill Gates va, sans nul doute, s'engager à nouveau sur la Route du futur et lancer sur le marché un système de sécurité plus en adéquation avec l'esprit humain...**

TECHNOLOGIE

Ascenseurs vagabonds



Les ascenseurs prennent le large : finis les mornes déplacements verticaux dans les cages d'escalier. La société Otis, numéro un mondial du marché de l'ascenseur, vient de créer Odyssey, un système informatique capable de gérer le mouvement de cabines à l'horizontale comme à la

verticale. Dans des mégapoles peuplées de bâtiments de plus en plus hauts et larges, l'ascenseur traditionnel est en effet insuffisant. Conçu pour les prochaines générations de bâtiments, le système Odyssey permettra d'organiser le trafic des "cabines de transport" (transistor, en

Les ascenseurs de demain prendront la tangente.

anglais). Une pression sur un bouton, et l'on pourra quitter son bureau situé au 153^e étage pour se retrouver dans la galerie commerciale située au deuxième sous-sol, et à plusieurs centaines de mètres à l'est. F. Z.

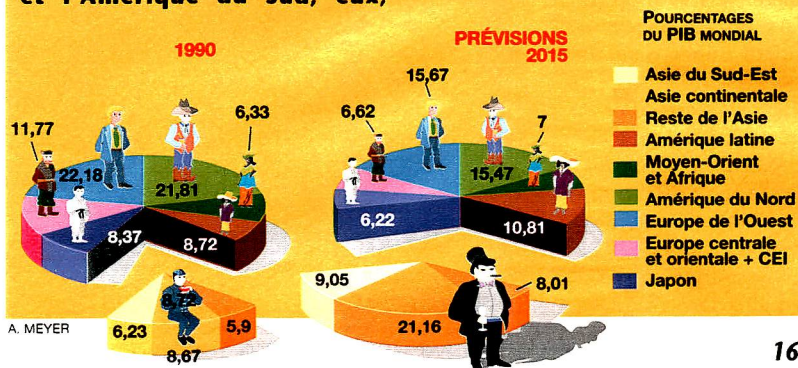
ECONOMIE

LES DRAGONS CRACHENT DE L'OR

■ **Le poids des pays asiatiques dans le produit intérieur brut (PIB) (1) mondial devrait doubler d'ici à vingt ans. Traduction : le trésor apporté par les "dragons" au coffre-fort de la planète sera deux fois plus gros en 2015 qu'il ne l'est aujourd'hui. En revanche, dans les pays industrialisés, la quantité de richesses produites devrait proportionnellement reculer. L'Afrique, le Moyen-Orient et l'Amérique du Sud, eux,**

contribueront un peu plus à enrichir la planète; mais rien de comparable à la percée des "dragons". L'accroissement du PIB n'est pas le seul fait des entreprises asiatiques : il est également dû à l'activité de sociétés étrangères (américaines, européennes, etc.) en Asie.

(1) Somme des valeurs ajoutées réalisées annuellement par les entreprises d'un pays, quelle que soit leur nationalité.



MÉDECINE

Des vaccins dans les narines

Des vaccins à base de plantes, qui s'avalent ou s'inhalent, pourraient marquer la fin des douloureuses piqûres. Et, surtout, faciliter les programmes de vaccination, notamment dans les pays du tiers monde.

De nombreux laboratoires tentent de manipuler génétiquement des plantes afin de leur faire fabriquer des épitopes, composants pro-

téiques de virus qui entraînent notre corps à réagir contre ces virus. Les vaccins ainsi obtenus seront ensuite rendus assimilables par voie orale ou nasale.

Le Scripps Institute (Californie) a déjà fabriqué un spray nasal efficace contre l'hépatite... de la souris. Et, au Scottish Crop Research Institute de Dundee (Ecosse), on a pro-

duit des plantes exprimant les épitopes du virus de la poliomyélite et ceux des bactéries *Chlamydiae*, responsables d'infections génitales. Des tests sur des animaux (souris, brebis...) vont être entrepris. M.-L. M.



J. KING-
HOLMES/PL-
COSMOS

Des vaccins extraits de plantes, à avaler ou à inhaler, pourraient remplacer les piqûres.

ARCHITECTURE

Victoria & Albert Museum : shocking!

Toute en verre et de guingois : ainsi sera l'annexe du musée Victoria & Albert de Londres. Les Britanniques risquent d'en avaler leur chapeau melon!

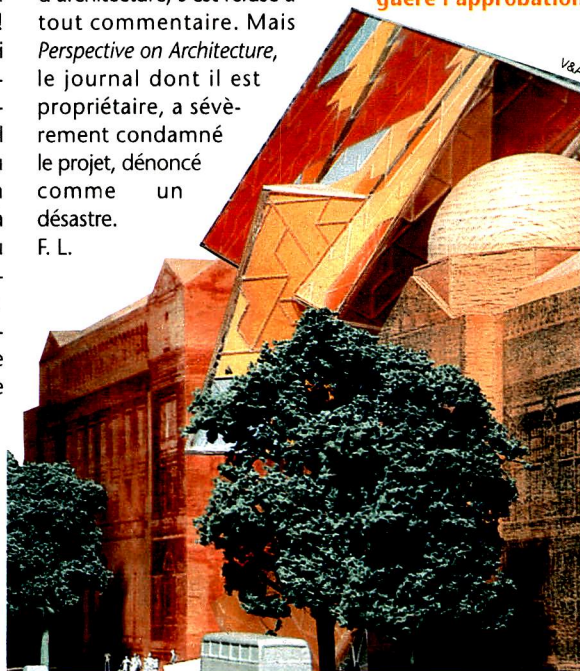
Cette nouvelle aile, qui comporte une galerie multimédia, devrait être inaugurée en 2001. Pour Daniel Libeskind, l'architecte du projet, cette extension « donne un nouveau sens à la grande tradition du musée, au-delà de la relation passive entre le public et les arts ». Plus simplement, il se propose de faire de cette annexe « une porte ouverte sur le XXI^e siècle ».

La révélation du projet a provoqué un tollé général en Grande-Bretagne, aussi bien dans le monde des médias que chez les citoyens britanniques : en juin dernier, 57 %

d'entre eux se déclaraient "contre" cette annexe futuriste...

Le prince de Galles, féru d'architecture, s'est refusé à tout commentaire. Mais *Perspective on Architecture*, le journal dont il est propriétaire, a sévèrement condamné le projet, dénoncé comme un désastre. F. L.

Le projet d'extension du plus célèbre des musées londoniens ne suscite guère l'approbation.



Un espion dans la nursery

● Inquiets pour leur progéniture, les Anglo-Saxons installent des dispositifs de télésurveillance chez eux afin de surveiller les faits et gestes des nannies – elles-mêmes chargées de surveiller les chérubins. En Grande-Bretagne et aux Etats-Unis, des caméras miniatures, à peine plus grosses qu'une pièce de 1 F, sont vendues dissimulées dans des pendules, des miroirs ou des ours en peluche! Les nurses s'offusquent, mais le marché des nannycams semble prospère...

● Avec la participation de **Sonia Feertchak**. Ont collaboré à cette rubrique : **Fabrice Laurent, Marie-Laure Moinet, Frédéric Zinck.**

Essentiel
RTL



Découvrir,

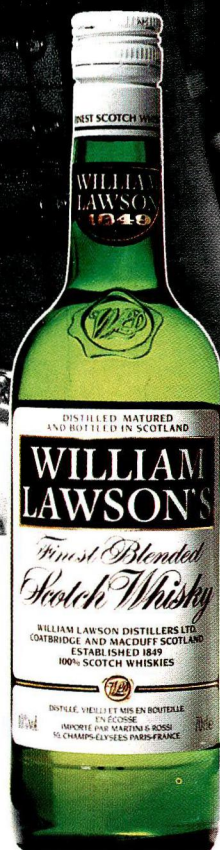
c'est essentiel



Ecossais assurément.

*William Lawson est l'une des dernières
distilleries d'Ecosse à pratiquer
l'art du double vieillissement:
alors que la plupart des Blends
sont mis en bouteille dès le mariage
des whiskies de malt et de grains,
le William Lawson's bénéficie d'un
2^e vieillissement en fût de chêne.*

william LAWSON'S



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