

Le plaisir de savoir

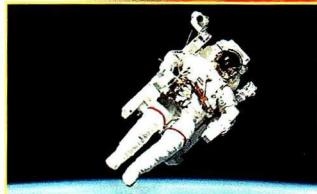
SCIENCE & VIE

MENSUEL • N° 963 • DECEMBRE 1997



NUTRITION

Le régime santé des Méditerranéens



ESPACE

Quelle place pour l'homme ?

RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE LE SOLEIL COUPABLE ?

ENQUÈTE EXCLUSIVE
ALGUE TUEUSE
Le scandale écologique et financier

T 2578 - 963 23,00 F





Si vous voulez mieux nous connaître, écrivez-nous : Jack Daniel's Distillery, Lynchburg, Tennessee 37352 USA.

NOS EMPLOYES SONT DES GAILLARDS taillés dans le même bois que celui qui donne au Jack Daniel's toute sa rondeur.

Car pour bien vieillir, notre whiskey doit couler goutte à goutte, tout doucement, à travers une épaisse couche de charbon de bois.

Ensuite, nos tonneliers doivent s'assurer qu'il acquiert tout son moelleux en soulevant les fûts un à un. Vous voyez, tout ce processus nécessite beaucoup de temps... mais aussi beaucoup de muscles.



JACK DANIEL'S TENNESSEE WHISKEY

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



Le succès du second tir de qualification du lanceur européen a balayé l'échec de juin 1996.

La réussite du second tir de qualification de la fusée Ariane 5, le 30 octobre dernier, doit être analysée à la lumière de l'échec du premier tir, le 4 juin 1996. Une nouvelle désillusion eût été catastrophique pour l'avenir même du projet.

Ariane 5 doit prendre le relais de l'actuelle Ariane 4. Celle-ci se caractérise notamment par sa capacité à effectuer des lancements doubles, c'est-à-dire à placer sur orbite deux satellites en un seul tir. Elle se caractérise également par un taux de fiabilité inégalé (98,5 % de lancements réussis), si on le compare à celui de ses concurrentes.

L'objectif est de poursuivre dans la même voie. Ariane 5 sera elle aussi capable de procéder à des lancements doubles, en emportant des satellites plus lourds. En effet, contrairement à ce qu'on avait pu croire un moment, les satellites commerciaux ont tendance à "grossir", les constructeurs et les utilisateurs cherchant à augmenter leurs capacités et leur durée de vie.

Pour se révéler aussi fiable que sa sœur aînée, Ariane 5 fait appel à des technologies éprouvées et à un concept simplifié. Les accélérateurs à poudre du premier étage sont directe-

ment dérivés des propulseurs des missiles de la force de dissuasion française, même s'ils sont beaucoup plus gros qu'eux. Le moteur cryotechnique (à hydrogène et oxygène liquides) est une extrapolation du moteur du troisième étage d'Ariane 4, avec une puissance dix fois supérieure.

Enfin, le nombre de propulseurs est réduit (quatre au lieu d'une dizaine). Tout doit donc concourir à la banalisation de la mise en œuvre. C'est d'ailleurs le paradoxe de l'échec de juin 1996 : la défaillance provenait du système qui

paraissait le plus éprouvé, le plus sûr : la centrale de guidage. Celle d'Ariane 4 donnait également toute satisfaction.

Le tir du 30 octobre a balayé les incertitudes. Il constitue la première étape du succès futur, la première marche vers la qualification opérationnelle et commerciale. Le nouveau lanceur européen pourrait même emporter des vaisseaux spatiaux habités, en dépit des réticences des Etats-Unis à voir l'Europe empiéter sur leur territoire. Pendant seize mois, les responsables du programme n'ont pas méénégagé leurs efforts. Tout a été revu et vérifié. Chacun savait que, pour ce second vol, Ariane 5 n'avait pas droit à l'échec... **S & V**

La revanche d'Ariane 5

AFP

SCIENCE & VIE

Le plaisir de savoir

n° 963 • décembre 1997

1, rue du Colonel-Pierre-Avia

75503 Paris Cedex 15

Tél. : 01 46 48 48 48

Fax : 01 46 48 48 67

E. Mail : svmens @ Dialup. FranceNet. fr

Recevez Science & Vie chez vous. Vos bulletins d'abonnement se trouvent pp. 53 et 189. Vous pouvez aussi vous abonner par minitel en tapant 3615 ABON. Organigramme p. 7.

Encart abonnement jeté dans Science & Vie.

Diffusion vente au numéro France métropolitaine.

Couverture : ESA, Minden Pictures
En fenêtre : Fotogram Stone, NASA, C. Rives/VISA.

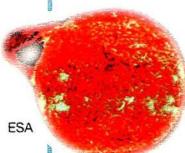
FORUM 6

A C T U A L I T É

- RECHERCHE 14
- ENVIRONNEMENT 32
- TECHNOLOGIE 44
- MÉDECINE 56
- FOCUS 64

L'affaire des grenouilles sans tête

E N C O U V E R T U R E



RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE
Le Soleil est-il coupable ? 73

- Quand le Soleil brille trop 74
- Quand passent les nuages 80

PHYSIQUE

Le seigneur des atomes ... 88

GÉOPHYSIQUE

Le cœur chaotique de la Terre 94

ARCHÉOLOGIE

Les adorateurs de Glozel . 102

E N Q U È T E

ALGUE TUEUSE

Le scandale écologique et financier 111

■ **Le roman noir de l'algue verte** 112

■ **Les bonnes affaires de la caulerpe** 122

C A H I E R P H O T O S

Le microscope de la vie . 126

N U T R I T I O N

Du vin, de l'huile d'olive et de la santé 132

H I S T O I R E S

Ils ont inventé le big bang 138

► **RÉTRO** 144
Il y a 25 ans

V O I L E

Le bateau qui vole ..146

A U T O M O B I L E

Comment dépolluer le diesel 150

High-tech 158
Livres 165
CD-Rom 169
Astronomie .. 176
Internet 178

F U T U R S

La guerre commerciale sera aussi écologique 180

Quelle place pour l'homme dans l'espace ? 186
► **C'EST DÉJÀ DEMAIN !** ... 190

SCIENCE & VIE
SÉLECTION

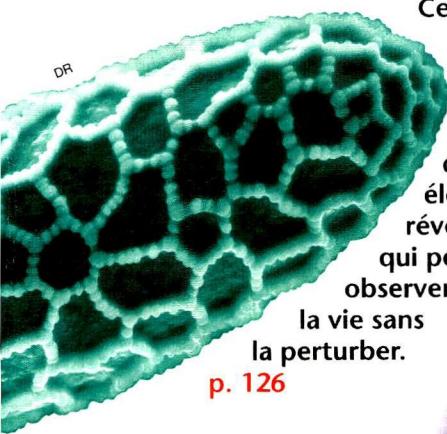




G. PLISSON

■ VOILIER

Le nouvel *Hydroptère* a pris la mer... Entièrement révisé, cet étonnant trimaran s'apprête à pulvériser tous les records. p. 146



p. 126

DR
Ce grain de pollen de lys apparaît dans ses moindres détails. Sous l'œil d'un microscope électronique révolutionnaire,

qui peut observer la vie sans la perturber.

■ ARCHÉOLOGIE

Le Dr Antonin Morlet fouilla passionnément le site de Glozel (Allier). Il croyait que ce site révélait l'invention de l'écriture par des hommes préhistoriques !

p. 102

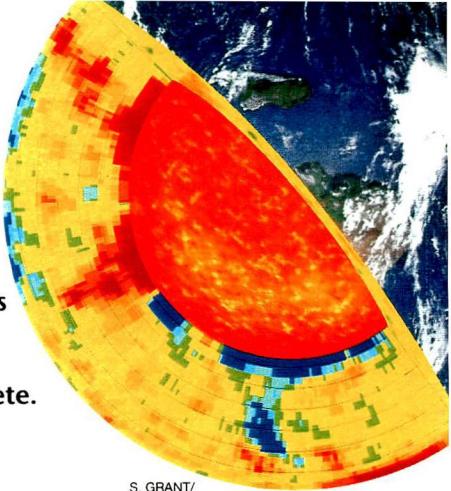


COLL. VIOLET

■ TERRE

On vient de comprendre le fonctionnement des courants et des avalanches qui agitent les entrailles de notre planète.

p. 94

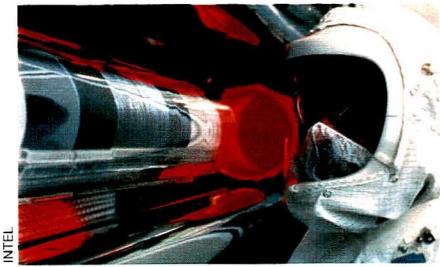


S. GRANT/
TEXAS UNIV./COSMOS

■ MICROSCOPE

DR
Ce grain de pollen de lys apparaît dans ses moindres détails. Sous l'œil d'un microscope électronique révolutionnaire,

qui peut observer la vie sans la perturber.



INTEL

■ INDUSTRIE

Des processus de fabrication utilisant moins de matières premières : l'"écologie industrielle" vise à préserver l'environnement. C'est aussi un gigantesque enjeu commercial. p. 180



■ CAULERPE

Pour combattre la caulerpe, on a dépensé des sommes astronomiques. Il semble bien aujourd'hui que cette algue tropicale n'est pas la tueuse qu'on dénonçait à grands cris. p. 111

DR



smart à Rome ①, 22 septembre 1997, 18h29.

Pour en savoir plus sur la smart et son univers, lisez le livre smart.
Nous vous l'envoyons gratuitement:

0801 803 803 (F), 078 1555 21 (B), 0844 848 400 (CH) ou www.smart.com

A color photograph of a woman with blonde hair, wearing a pink dress and a gold chain bag, pushing a dark-colored Smart car on a cobblestone street. She is looking back over her shoulder. In the background, there are other people, buildings with laundry hanging from windows, and a white umbrella. The scene is set in a European city.

reduce to the max. = réduire au maximum.

smart
reduce to the max.

Chats tristes...

■ « Dans l'écho "Et le chat n'aura plus d'angoisse" [Science & Vie n° 955, p. 36], vous citez la clomipramine comme anxiolytique. Il s'agit d'un antidépresseur majeur, commercialisé sous le nom d'Anafranil, écrit le Dr Hubert Huon, de Vannes (Morbihan). Non seulement cette molécule n'est pas



anxiolytique, mais elle peut réactiver une anxiété latente et déclencher des crises de panique. »

Pourtant, des vétérinaires en prescrivent à titre d'anxiolytique!

... et chats fous

■ « Pour quelle raison n'avons-nous jamais entendu parler de chiens ou de chats fous, atteints d'encéphalopathie spongiforme ? demande M. Charly Schumacher, de Liège (Belgique). Ils sont bien plus exposés que nous, par le biais des abats consommés. [...] »

Près de 80 chats en sont morts en Grande-Bretagne, où le nombre de bovins contaminés est aujourd'hui proche du million. Ailleurs en Europe, où le nombre de

bovins atteints est réduit (quelques centaines en Suisse, quelques dizaines en France), on n'a diagnostiqué que trois "chats fous". Depuis le premier cas britannique, (déclaré le 10 mai 1990), les abats de bovins devraient être exclus des aliments pour chiens et chats. Le prion n'est pas encore passé de la vache au chien, ni expérimentalement ni naturellement, malgré les fausses alertes lancées en Norvège en avril dernier.

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 décembre, posée par "Hoffert" :

Quel est le phénomène physique qui permet d'obtenir du pop-corn à partir d'un grain de maïs ?

Sous l'effet du chauffage à plus de 200 °C, il se produit une augmentation de la pression, qui fait éclater les grains et quintupler leur volume. Cette expansion n'est possible que parce que les variétés de maïs à pop-corn ont des grains spécifiques : ils sont petits, dotés d'une coque résistante qui conduit bien la chaleur et enveloppe un amidon vitreux. Celui-ci se fige quand, sous la pression de l'eau qui s'évapore, les grains éclatent.

Publié par
Excelsior Publications SA
Capital social : 11100000 F.
Durée : 99 ans.

1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15.
Tél. : 01 46 48 48 48. Fax. : 01 46 48 48 67.
Adresse télégraphique : Sienvie Paris.
Principaux associés : Yveline Dupuy, Paul Dupuy.

SCIENCE & VIE

DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : **Paul Dupuy**. Directeur général : **Jean-Pierre Beauvallet**. 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 d'**Elisabeth Latsague**. Rédacteurs en chef adjoints : **Jean-François Robredo**, **Didier Dubrana**, **Gérard Morice**. Secrétaire général de la rédaction : **Norbert Régina**. Secrétaires de rédaction : **Françoise Sergeant**, **Nadine Raguet**, **Agnès Marillier**, **Jean-Luc Glock**. Chefs de rubrique : **Isabelle Bourdial**, **Philippe Champon**, **Germain Chambost**, **Leila Haddad**. Rédacteurs : **Renaud de La Taille**, **Pierre Rossion**, **Marie-Laure Moinet**, **Henri-Pierre Penel**, **Alexandre Dorozynski**, **Hélène Guillermot**, **Roman Ikonicoff**, **Marie-Sophie Germain**. Conception graphique, direction artistique : **Gilles Moine**. Maquette : **Lionel Crooson**, **Valérie Samuel**. Service photo : **Anne Levy**. Documentation/Internet : **Marie-Anne Gufroy**, stagiaire : **Julie Neubrunn**. Renseignements lecteurs : **Monique Vogt**. Correspondante à New York : **Sheila Kraft**, 11211, South Military Trail, Baytown Beach, Florida, 33436 Etats-Unis, tél. : (00) 1 561 733 9207, fax : (00) 1 561 777 7965.

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Michel Brassinne, **Catherine Chauveau**, **Loïc Chauveau**, **Yves Delaye**, **Françoise Harrois-Monin**, **Philippe Henarejos**, **Frank Jubelin**, **Jean-Pierre Luminet**.

RELATIONS EXTÉRIEURES

Michèle Hilling, **Maud Bannier**.

MARKETING INTERNATIONAL, REVENTES

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

PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdéco, 23 rue Baudin, BP 311, 92303 Levallois-Perret Cedex, tél. : 01 41 34 82 08. Directrice commerciale : **Isabelle Finkelstein**. Directrice de la publicité : **Véronique Moulin**. Directeur de clientèle : **Laurent Auzie**. Chef de publicité : **Marie Renoir**. Assistante de publicité : **Sandrine Lenoir**.

À NOS LECTEURS

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

SERVICES COMMERCIAUX

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

ABONNEMENTS

Relations clientèles abonnés : service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 01 46 48 47 08 (à partir de 9 h). Tarifs d'abonnements sur simple demande téléphonique au 01 46 48 47 17. Aux Etats-Unis et au Canada : Periodica Inc. - C.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. Changez 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*.



Un Loren(t)z
peut
en cacher
un autre...

« Dans votre article sur les inventeurs de la radio [Science & Vie n° 57, p. 130], vous citez à juste titre le célèbre Ecossais James Clerk Maxwell, écrit M. Jacques Pinto, de Breuillet (Essonne). Marc Jouguet a par ailleurs écrit, dans le Champ électromagnétique (Armand Colin), qu'en 1867, Louis Lorentz, partant d'hypothèses toutes différentes de celles de Maxwell, dont il ignorait d'ailleurs les travaux, parvint aux mêmes équations. Qui était ce savant da-nois ? Ecrasé entre la gloire de Maxwell et son homophonie avec le Néerlandais Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928), prix Nobel de physique en 1902 pour sa théorie électronique, il a été oublié de tous les dictionnaires et, semble-t-il, de ses pairs. »

Pas de tous. *L'Encyclopœ-*

La fausse règle des 10 %

■ « Pourquoi nos gènes ne représentent-ils que 10 % de l'ADN de nos chromosomes ? Pourquoi la matière visible ne représente-t-elle que 10 % de l'Univers ? » interroge M. Bernard Gouin, de Toulon (Var).

Cette coïncidence ne reflète que l'état limité et imprécis de nos connaissances sur l'Univers et sur le génome humain. Ainsi, on estime que le génome contient environ 3 milliards de paires de bases et de 100000 à 200000 gènes. A raison de mille paires de bases en moyenne pour chaque gène (encore une approximation), ceux-ci occuperaient donc plutôt de 3 à 6 % du génome. Cette imprécision va en se réduisant : en 1981, on avait décrypté la séquence de seize gènes ; en 1997, de 16000 gènes. Dans la série des 10 %, on peut citer aussi l'idée reçue – et infondée – selon laquelle on n'utiliserait que 10 % de notre cerveau...

dia britannica évoque les travaux de Ludwig (Louis) Valentin Lorenz (1829-1891). En 1867, il introduit un concept, celui de "potentiels retardés", dont les équations prennent en compte la distance entre le champ électromagnétique et la source du rayonnement. Cela n'a pas suffi à faire passer son nom à la postérité. Car aujourd'hui, les équations de Maxwell-Lorentz font bien référence, comme l'indique l'or-

thographe, au savant néerlandais. Celui-ci a redéfini dans sa thèse de doctorat en 1875, la théorie électromagnétique de Maxwell expliquant mieux les phénomènes de réflexion et de réfraction de la lumière.

Rendons
à Tesla...

■ «Dans l'article "Mais qui donc a inventé la radio" [Science & Vie n° 957, p. 30], vous ne mentionnez pas la contribution de Nikola Tesla, écrit M. Radivoj Krstic, de Mont-sur-Lausanne (Suisse). Or, Nikola Tesla a inventé et breveté des alternateurs de haute fréquence qui, pendant des longues années, ont constitué la base des radio-émetteurs. Puis il a découvert et breveté le principe fondamental de la radio — la résonance des circuits électriques — et a été le premier à mettre en pratique l'utilisation d'une antenne réceptrice connectée à la Terre. Il a construit une série de dé-

tecteurs à haute sensibilité pour la réception des signaux radio. Déjà en 1898, Tesla émettait et recevait des signaux radio à 1 000 km... »

Nikola Tesla est en effet l'auteur de multiples inventions, dont le moteur électrique en 1891. D'origine croate, il arriva à New York en 1884 avec quatre sous en poche, ses poèmes et les plans d'une machine volante. Il travailla pour Thomas Edison et George Westinghouse, à qui il vendit ses brevets portant sur des dynamos à courant alternatif, des transformateurs et des moteurs. En 1898, il inventait un bateau téléguidé. En 1899, il montra qu'on peut utiliser la Terre comme conducteur, mais prétendit aussi avoir reçu des messages interplanétaires et inventé un rayon de la mort capable de détruire des avions à 400 km... Il a également donné son nom à l'unité de mesure d'induction et de densité de flux magnétique (symbole T).

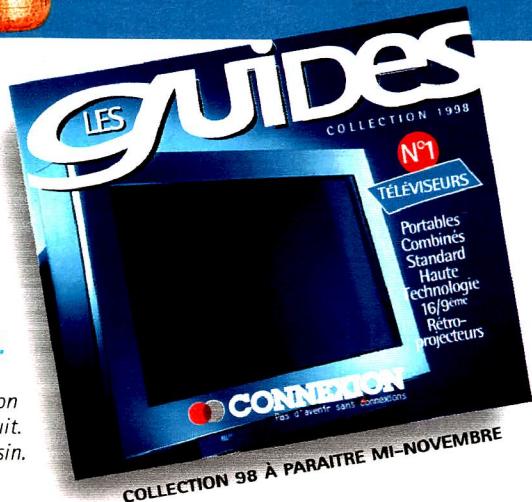
Dur
mais
juste!

EDUCO D.10 - Photo : René CABANIS / DES 3 STUDIO BORDEAUX

NOUVEAU GUIDE TV

Parmi les 868 télés
disponibles sur le marché
on en a zappé 794.
Ça vous aidera pour en choisir une.

Comme tous les guides Connexion
le nouveau guide TV est gratuit.
Demandez le en magasin.



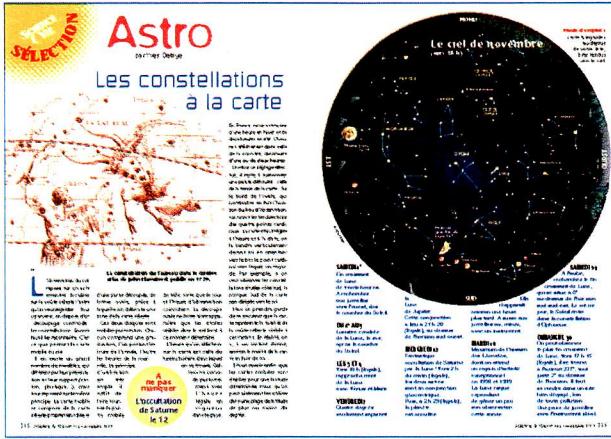
CONNEXION

Pas d'avenir sans connexions

La carte du ciel

■ « Pour quelle raison, sur votre sphère céleste mensuelle de l'hémisphère nord, situez-vous l'ouest à droite et l'est à gauche ? » demande M. Lucien Catrie, de Dunkerque (Nord).

Comme nous l'avons indiqué, il fallait regarder la carte en la tenant les bras tendus vers le ciel. Désor-



mais, la représentation du ciel sera plus conventionnelle, c'est-à-dire qu'on pourra la regarder à plat,

comme vous le constaterez dans ce numéro (voir p. 176). La rubrique est en outre enrichie.

Des amours de tortues

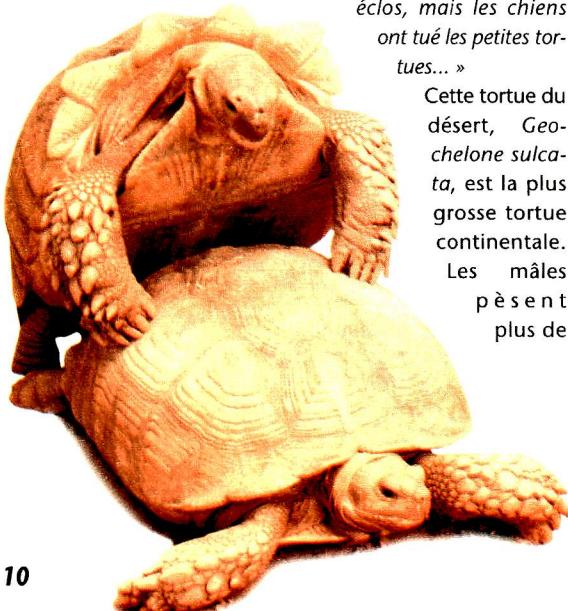
■ « Votre cahier photos, "Le Kama Sutra des animaux" [Science & Vie n° 958, p. 102] a réveillé en moi certains souvenirs d'observations vécues alors que, étant vétérinaire, chasseur et aussi chasseur d'images, je suivais de très près les ébats des animaux sauvages au Mali, au Burkina Faso, au Niger, écrit le Dr Keletigui Mariko, de

Niamey (Niger).

« Aujourd'hui, avec la sécheresse, la désertification, la démographie galopante et la dégradation de l'environnement, cette faune autrefois abondante disparaît. [...] Voici une photo de l'accouplement de deux tortues terrestres que j'élève depuis plusieurs années. Cette année, la femelle a pondu sept œufs, qui ont

éclos, mais les chiens ont tué les petites tortues... »

Cette tortue du désert, *Geochelone sulcata*, est la plus grosse tortue continentale. Les mâles pèsent plus de



E, UI et mg...

■ « Votre écho sur la vitamine E [Science & Vie n° 961, p. 48] fait état de doses quotidiennes de 100 à 800 UI [unités internationales]. Consommant personnellement cette vitamine dosée en milligrammes (mg), j'aime-rais connaître le rapport entre UI et mg », demande M. Robert Tardrew, de Châteaumeillant (Cher).

L'unité internationale (appellation bannie sur les étiquettes des produits mais toujours employée) correspond à l'activité biologique de 0,67 mg d'α-tocophérol (α-T). Les apports nutritionnels quotidiens recommandés en France sont de 10 à 12 mg d'α-TE (E pour "équivalent"). Les capsules de l'étude SUVIMAX, qui étudie l'impact d'une supplémentation en vitamines et en minéraux antioxydants à des doses "nutritionnelles", contiennent 30 mg de vitamine E.

Pour Meir Stampfler, professeur d'épidémiologie et de nutrition à l'université Harvard (Massachusetts), ces doses suffisent à éviter une carence, mais non à empêcher l'oxydation néfaste des particules qui transportent le cholestérol, les LDL. Selon Stampfler, cette dernière fonction exige un apport quotidien minimal de 100 mg d'α-TE sur une longue période. ■

VERTUEUSE VITAMINE E
On ne connaît pas encore toutes les vertus de la vitamine E. Liposoluble, abondante dans les graines de céréales, dans certaines huiles végétales ou dans les légumes verts, la vitamine E est un antioxydant puissant. Elle semble protéger l'athérosclérose.



[http://www.
creditlyonnais.
com/interactif](http://www.creditlyonnais.com/interactif)

Pour découvrir une banque interactive, rendez-vous à cette adresse.

Elle n'est sur aucun plan, dans aucun guide touristique, et pourtant c'est à cette adresse que se situe la banque la plus proche de chez vous. A partir de décembre 1997, vous pourrez gérer votre compte depuis votre micro-ordinateur grâce à **CREDIT LYONNAIS Interactif** option Multimedia. Ce contrat vous permet d'effectuer plusieurs opérations bancaires (consultation des comptes dépôt et épargne, détail des opérations des 30 derniers jours, encours et détail des factures carte bleue à débit différé,

virements entre vos comptes ou en faveur de tiers, téléchargement des opérations Crédit Lyonnais dans votre logiciel de gestion de finances personnelles). Aujourd'hui, le logiciel Microsoft® Money 98 vous est fourni avec le service **CREDIT LYONNAIS Interactif**. En 1998, d'autres applications vous seront proposées : gestion du crédit permanent, simulation de prêts, etc. Pour en savoir plus : <http://www.creditlyonnais.com/interactif>.

Votre banque vous doit des comptes.



CREDIT LYONNAIS

Internet : <http://www.creditlyonnais.com>

A quoi reconnaît-on un nomad Bouygues Telecom ?

Elle rit plus souvent que les autres

Et pour cause : avec Nomad, elle dispose d'un téléphone mobile si économique ! **Tout simplement parce qu'elle ne paie que quand elle l'utilise.** Elle est libre de recharger quand elle veut sa réserve de communications valable trois mois. Et en plus, Nomad la prévient automatiquement dès que sa réserve risque de s'épuiser.

Elle téléphone à la carte

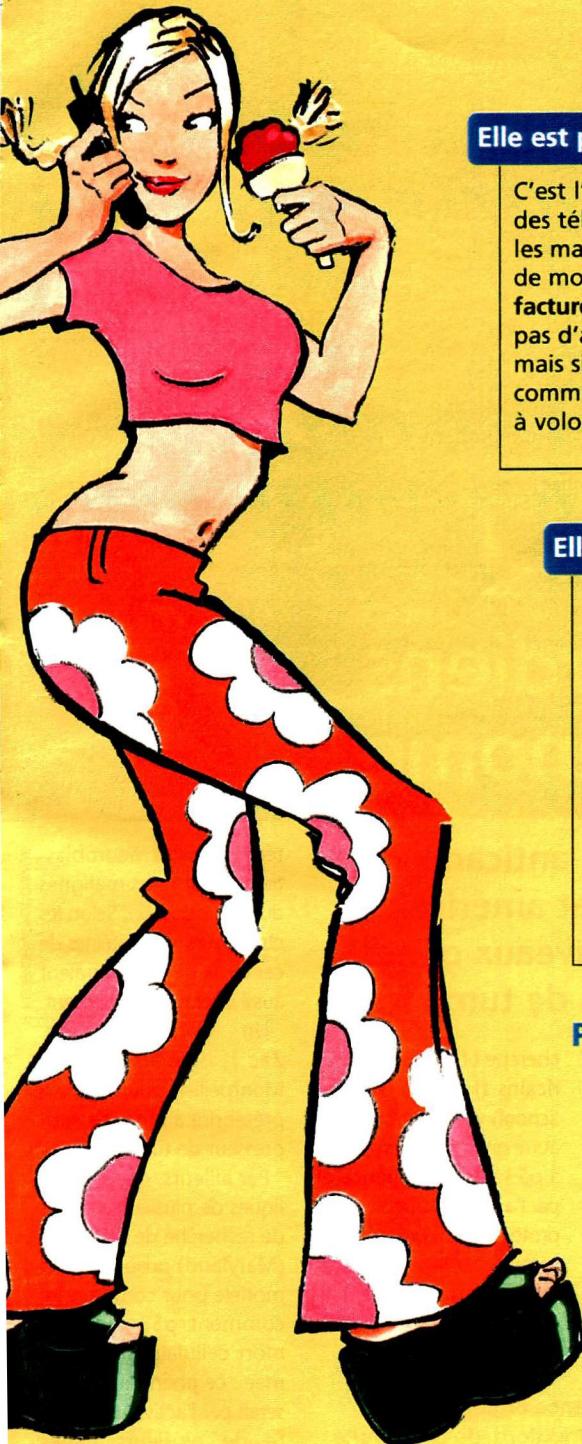
Sa réserve de communications est rechargeable quand elle le souhaite, 24 h/24. Un coup de fil, le numéro de sa carte bancaire, et le tour est joué : le plein est refait. Et elle sait exactement de quelle réserve de communications elle dispose.

Elle n'a pas d'attaché-case

Elle n'a rien d'un jeune cadre dynamique, pendu à son mobile entre son ordinateur portable et son fax. Tout ce qu'elle veut, c'est un téléphone très abordable, qui tient dans sa poche sans déranger son porte-monnaie. Un téléphone de qualité, qui s'achète sans paperasserie ennuyeuse, qui marche tout de suite.

Sans abonnement

Vous ne payez que quand vous



Elle est plus cool

C'est l'anti-stress du monde des téléphones mobiles. Finies les mauvaises surprises en fin de mois. Avec Nomad, pas de facture à payer chaque mois, pas d'abonnement à souscrire, mais simplement une réserve de communications renouvelable à volonté.

Elle en a pour son argent

Appelez tout de suite. Tout est déjà prêt dans le coffret Nomad : le téléphone Siemens d'une excellente définition, le répondeur intégré et la télémessagerie, la ligne et le numéro de téléphone, plus la réserve de communications pré-chargée ! Une fois le coffret acheté, pas de frais fixes. Le prix de la communication est lui aussi révolutionnaire : 1,90 F TTC la minute en heures normales et 3,80 F TTC en heures de pointe (de 16h30 à 21h30, du lundi au vendredi). Qui dit mieux ?

Pour connaître le point de vente
Bouygues Telecom
le plus proche :

PRIX APPEL LOCAL
N° Azur 0801 630 900

appelez !

nomad
Bouygues Telecom

par Isabelle Bourdial

C'est l'alteration du gène p73 qui favoriseraient la prolifération des cellules malignes (ci-contre) des cancers du tissu nerveux.

Les gardiens du génome

On connaît p53, le "gène anticancer".

Des chercheurs français et américains viennent d'identifier deux nouveaux gènes susceptibles d'être des tueurs de tumeurs.

Le gène p53 est considéré comme le gardien du patrimoine génétique. En réponse aux lésions de l'ADN causées par l'environnement (stress génotoxique), la protéine de ce gène suppresseur de tumeur arrête la croissan-

ce d'une cellule cancéreuse, lui impose de corriger ses erreurs ou, à défaut, déclenche son suicide. Les altérations de p53 sont impliquées dans plus de la moitié des cancers.

Une équipe de chercheurs français (Sanofi Re-

cherche et CNRS) et américains (Harvard Medical School) vient de trouver un autre gène, p73, semblable à p53 par sa séquence et par l'activité probable de sa protéine. P73, qui n'est pas stimulé par le stress génotoxique, semble souvent al-

téré dans les neuroblastomes (tumeurs malignes du tissu nerveux). Selon les chercheurs, les protéines de ces deux gènes pourraient aussi interagir directement.

Un troisième gène, Zac 1, isolé au CNRS de Montpellier, pourrait aussi prétendre au titre de suppresseur de tumeur.

Par ailleurs, des scientifiques de plusieurs centres de recherche de Baltimore (Maryland) proposent un modèle pour comprendre comment p53 induit la mort cellulaire programmée : ce phénomène passerait par l'activation directe de plusieurs gènes entraînant la fabrication d'oxydants. Ceux-ci détruisent les mitochondries (organites fournissant l'énergie de la cellule). G. M.

GUERRE ET ÉPÉE

- La date de l'apparition de la guerre, en tant que violence organisée et socialisée, demeure un sujet controversé. Selon Sue Bridgford, de l'université de Sheffield (Grande-Bretagne), c'est à la fin de l'Age du bronze (début du premier millénaire avant notre ère) que sont nées les premières armes conçues pour la guerre. Les épées de cette époque ne seraient pas de simples symboles de pouvoir. Certaines traces de choc que présentent leurs lames résulteraient de combats, et non pas seulement de bris rituels.

C. C.

NAVIGATEUR CÉRÉBRAL

● Que se passe-t-il dans le cerveau d'un automobiliste qui planifie son trajet ? Eleonor Maguire, de l'University College de Londres, a soumis onze chauffeurs de taxi londoniens à des tests neurologiques. Elle a mesuré leur activité cérébrale tandis qu'ils s'efforçaient de reconstituer mentalement un trajet. Conclusion : si l'exercice sollicite de nombreux sites, c'est l'hippocampe droit qui se charge de reconstituer le tableau global du parcours. R. I.

ARCHÉOLOGIE

Laboratoire de poche

Avec ce mini-spectromètre, plus besoin de déplacer les œuvres d'art fragiles pour les analyser. Haut de 18 cm et pesant à peine 1 kg, cet appareil, conçu par une équipe de l'institut Max-Planck, à Munich, est un véritable laboratoire portable. Destiné à examiner les rayonnements cosmiques à bord du satellite allemand Abixas (son lancement est prévu pour 1999), il est aussi doté d'un détecteur de rayons X qui élargit son domaine d'application.

En attendant d'être envoyé dans l'espace, l'appa-



Le spectromètre a découvert des particules d'or dans ce linceul égyptien.

reil est utilisé par des archéologues et des historiens de l'art. Il a déjà permis de déterminer la composition chimique des couleurs des fresques de la Chapelle Six-

tine et de détecter des particules d'or dans la peinture d'un linceul égyptien vieux de 1 600 ans. J. N.

AGRO-INDUSTRIE

Pomme de terre transgénique au jardin

Alors qu'on parle beaucoup en

France du maïs et du soja transgéniques importés des Etats-Unis – le maïs transgénique y occupe déjà 20 % de

la surface cultivée en cette espèce, les Américains se jettent sur les pommes de terre New-

utilisée comme insecticide biologique.

L'utilisation des NewLeaf (variétés Russet Burbank, Atlantic, Superior...) diminue le coût en insecticide de 75 F par hectare et augmente le revenu de 210 F par hectare, simplement grâce à l'amélioration de l'allure des tubercules récoltés. La Food and Drug Administration n'exige aucun étiquetage particulier, car les semences sont jugées "équivalentes" aux semences classiques. En ira-t-il de même pour les pommes de terre transgéniques de demain, enrichies en amidon et absorbant de ce fait moins d'huile de friture ?

M.-L. M.



En 1997, la variété transgénique Russet Burbank a été récoltée sur 12 000 ha. Aujourd'hui, elle résiste au doryphore; demain, elle sera également invulnérable à certains virus.

Leaf de la société Monsanto : des variétés transgéniques, rendues résistantes au doryphore par l'introduction d'un gène de *Bacillus thuringiensis* (Bt), bactérie du sol

A VISAGE DÉCOUVERT

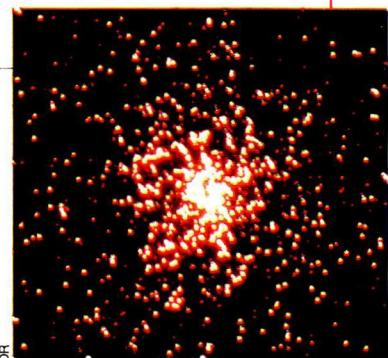
● A Konso (Ethiopie), *Australopithecus boisei* a entièrement dévoilé son visage à Gen Suwa (université de Tokyo) et à ses collègues japonais, éthiopiens et américains. C'est la première fois qu'on trouve un crâne d'hominidé solidaire d'une mâchoire. Découverte d'autant plus étonnante qu'elle survient sur un site connu pour ses fossiles d'*Homo erectus* et pour ses outils lithiques acheuléens. L'aire de répartition des fossiles d'*Australopithecus boisei* – de l'Afrique du Sud au Kenya – s'élargit donc vers le Nord-Est. La coexistence en Afrique, voire le voisinage de diverses espèces d'hominidés, il y a environ 1,5 million d'années, est plus que jamais au cœur du débat sur l'origine de homme. C. C.



ASTRONOMIE

LES ÉTOILES RAJEUNISSENT

■ Les données du satellite européen *Hipparcos* (voir *Science & Vie* n° 958, p. 60) ont permis d'affiner la valeur de l'âge de l'Univers. Issue de l'analyse des plus vieilles étoiles du cosmos, situées dans les amas globulaires en orbite autour de la Voie lactée, la nouvelle estimation fournit un âge d'environ 11,5 milliards d'années (au lieu de 13 milliards précédemment). Révision à la baisse qui rapproche ce résultat de ceux obtenus par des mesures de luminosité, qui donnaient une fourchette de 8 à 11 milliards d'années. J.-F. R.



Les premières étoiles sont nées dans des amas globulaires comme celui-ci.

JUSTICE

Empreinte génétique : pas toujours fiable

L e procès d'un viol leur présumé à Delhi (Inde) soulève une controverse sur la fiabilité des tests d'ADN. Deux instituts avaient procédé chacun à une série d'examens sur le fœtus avorté de l'une des victimes. Les pre-

miers furent positifs, mais les seconds négatifs.

Cette divergence n'étonne pas Jean-François Prud'homme, un généticien de l'Association française contre la myo-

pathie (AFM), à Evry (Essonne) : « La fiabilité de ces tests dépend du degré d'observation de l'ADN. La longueur des séquences étudiées n'est pas toujours la même : elle varie selon la méthode employée. Plus le segment étudié est court, plus fine, et plus complexe, sera l'analyse. »

Lors d'une procédure judiciaire, il arrive (rarement) que l'une des parties remette en cause un test. On doit alors refaire l'examen, en utilisant des méthodes plus poussées que la fois précédente. Si le résultat se révèle identique à celui du premier test, il devient irréfutable. J. D.

Tout test présente un risque d'erreur, si minime qu'il soit.

P. MENZEL/COSMOS

Marnier Tonic, avec citron.



MARNIER TONIC

3 CL. GRAND MARNIER®

1 RONDELLE DE CITRON, TONIC.

DANS UN TUMBLER REMPLI DE GLACE,

VERSER LE GRAND MARNIER®,

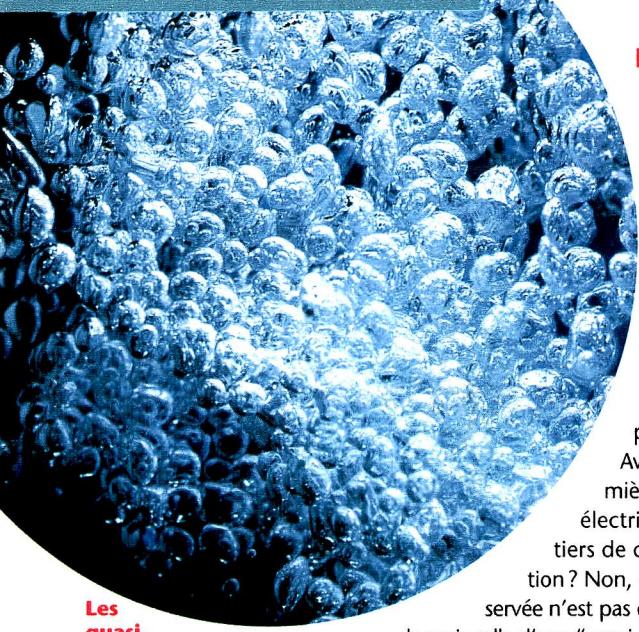
AJOUTER LE CITRON ET FINIR AU TONIC.

Grand Marnier®



IMAGE FORGE

CONSOMMEZ AVEC MODERATION : L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTE.



Les quasi-particules sont des "trous" dans le flot d'électrons, comparables aux bulles dans un courant d'eau.

NEUROPSYCHOLOGIE

Votre tête me revient

Notre cerveau possède-t-il une zone spécifiquement consacrée à la reconnaissance des visages ? C'est ce que pensaient les neurologistes, qui se fondaient, notamment, sur le cas de patients devenus incapables de reconnaître leurs proches à la suite d'une lésion cérébrale.

Mais des chercheurs de l'université Yale, à New Haven (Connecticut), ont observé, par imagerie RMN, le cerveau de volontaires à qui ils présentaient des images d'objets ou d'animaux. Or, quand on a demandé à ces cobayes de préciser la "sous-catégorie" de la chose représentée (la marque pour une voiture, l'espèce pour un oiseau, etc.), il est apparu que la région du cer-

veau sollicitée était celle qui est également impliquée dans la reconnaissance des visages.

Hypothèse des cher-

PHYSIQUE DES PARTICULES

La charge de l'électron coupée en trois

La charge électrique de l'électron est considérée comme "la" charge universelle, aussi indivisible et élémentaire que l'électron lui-même. Pourtant, des physiciens du CNRS et du CEA et, indépendamment, une équipe de l'Institut Weizmann (Tel-Aviv, Israël) viennent pour la première fois de mesurer une charge électrique fractionnaire, égale à un tiers de celle de l'électron. Contradiction ? Non, car la charge fractionnaire observée n'est pas celle d'une particule individuelle mais celle d'une "quasi-particule", issue du mouvement collectif d'un groupe d'électrons !

Dans des conditions particulières (champ magnétique très élevé et température très basse), les électrons

se disposent de telle sorte que le courant passe, non pas par des électrons individuels mais par des "trous d'électrons" – qu'on peut comparer à des bulles d'air dans un liquide – dont la charge est fractionnaire. Cet effet a été découvert il y a quinze ans, mais c'est la première fois qu'on a pu mesurer cette charge.

H. G.

LONGUE VIE À LA REINE

● Deux zoologues suisses ont découvert que les insectes à vie sociale tels que les abeilles – et particulièrement leurs reines – ont une espérance de vie jusqu'à cent fois supérieure à celle des insectes solitaires.

ASTRONOMIE

LE GÉANT DU TEXAS

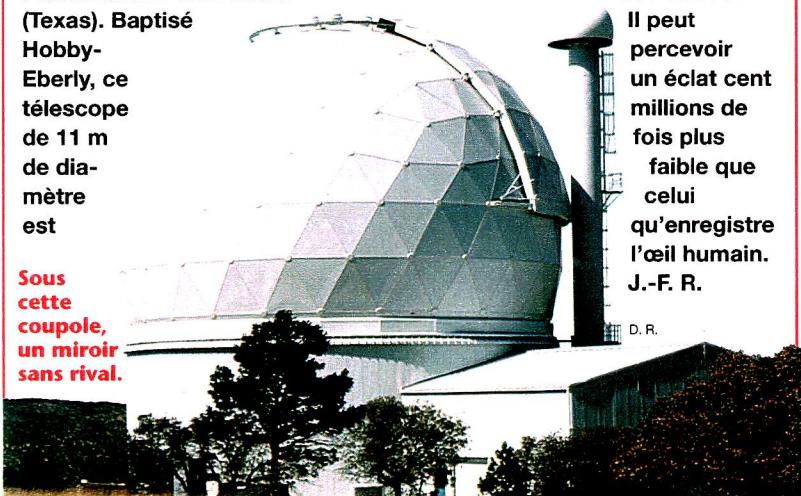
■ Le plus grand miroir de l'Univers vient d'être inauguré à l'observatoire McDonald (Texas). Baptisé Hobby-Eberly, ce télescope de 11 m de diamètre est

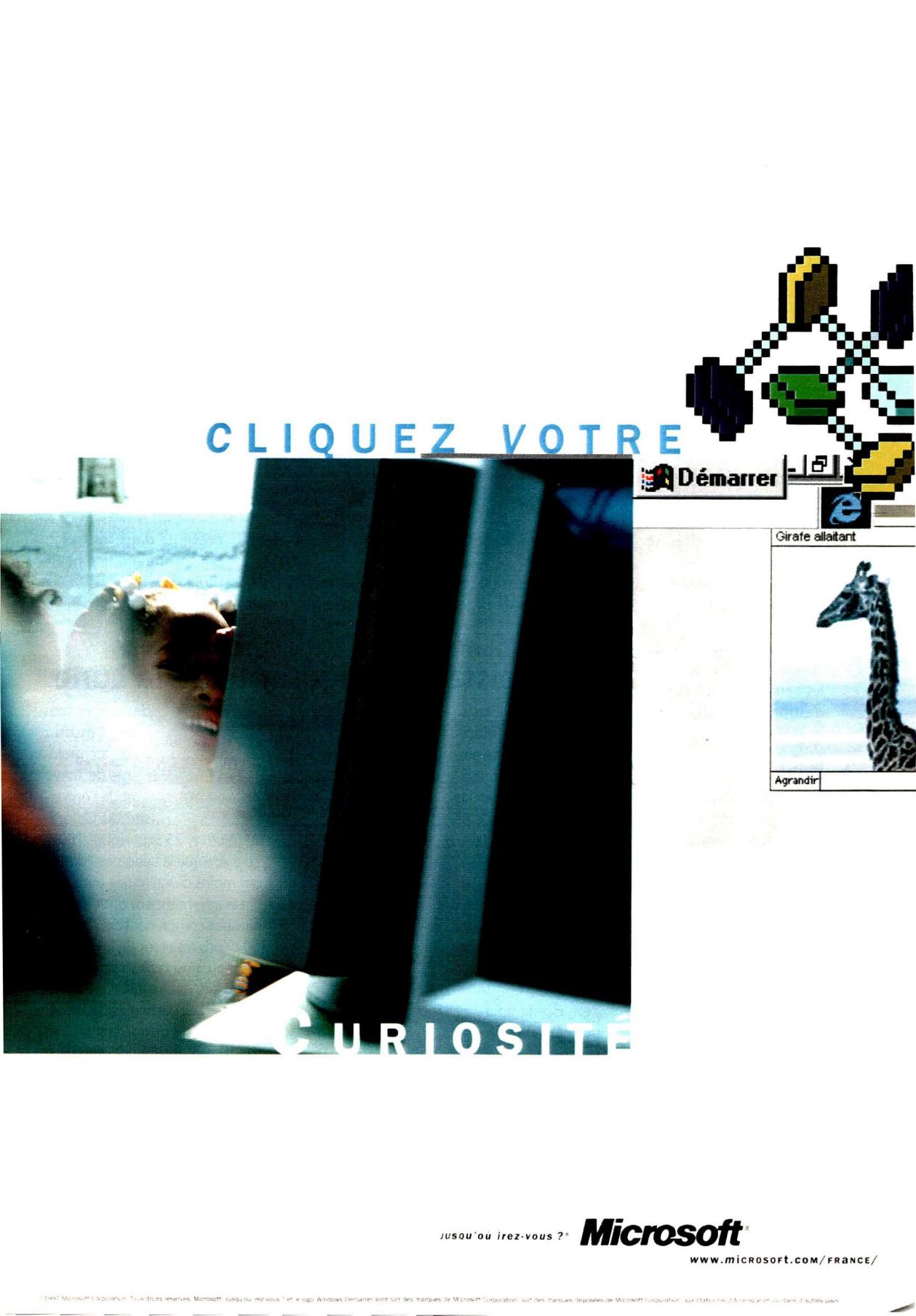
Sous cette coupole, un miroir sans rival.

spécialisé dans l'analyse spectroscopique de la lumière des astres.

Il peut percevoir un éclat cent millions de fois plus faible que celui qu'enregistre l'œil humain.

J.-F. R.





CLIQUEZ VOTRE

Démarrer



Girafe allaitant



Agrandir

CURIOSITÉ

JUSQU'OU irez-vous ? Microsoft®

www.microsoft.com/france/

ZOOLOGIE

Salive anti-carie

Comment s'y prennent les chauves-souris frugivores pour ne pas avoir de caries ? Chez tous les autres mammifères, un régime sucré altère immuablement l'émail des dents. L'anatomiste Elizabeth Dumont (université de l'Ohio, Etats-Unis) pense en avoir découvert la raison : la salive des chauves-souris frugivores se modifie pendant leur repas, de façon à neutraliser l'acidité de la nourriture.

Plus surprenant encore, le pH (taux d'acidité) de la salive reste bas pendant les heures qui suivent l-ingestion du fruit, alors

qu'il devrait redevenir normal une fois la nourriture dans l'estomac. Ces chauves-souris se servent de leur salive pendant la diges-

tion probablement pour extraire les rares nutriments

Malgré une alimentation riche en sucre, les chauves-souris frugivores n'ont pas de caries : leur salive neutralise l'acidité.

présents dans les fruits, qui constituent une nourriture pauvre.
M.-S. G.



NOBEL

● Le prix Nobel de physique a été attribué au Français Claude Cohen-Tannoudji (voir plus loin notre article) et aux Américains Steven Chu et William Phillips pour leurs travaux sur le refroidissement et la capture des atomes par la lumière laser. Le prix Nobel de chimie revient à l'Américain Paul Boyer, au Britannique John Walker et au Danois Jens Skou pour avoir éclairci les mécanismes enzymatiques de la synthèse de l'ATP, molécule qui transporte l'énergie au sein des cellules.

ASTRONOMIE

La naissance fulgurante de la Lune

Il y a 4,5 milliards d'années, alors que notre planète en était à ses premiers balbutiements, un "astéroïde" de la taille de Mars est venu la percuter. La collision provoqua la formation d'un disque de poussières qui se mit en orbite autour de la Terre. Ce disque instable s'est accréti pour donner naissance à la Lune.

Combien de temps la Terre a-t-elle conservé cet anneau à la mode de Saturne ? On imaginait des milliers, voire des millions d'années. Une nouvelle simulation numérique effectuée par

Des simulations informatiques retracent l'histoire de la Terre suggèrent que la Lune s'est formée en une année seulement.

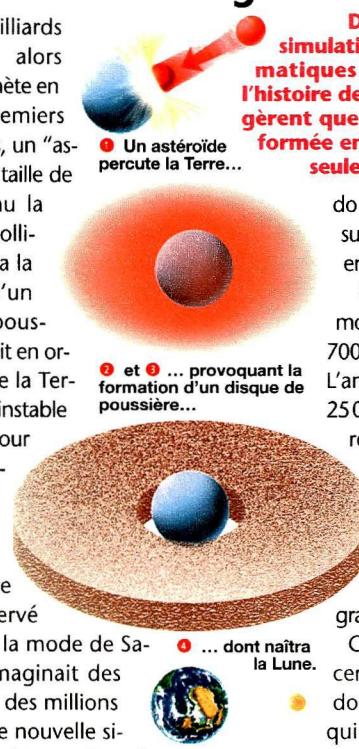
des astronomes de l'Institut de technologie de Tokyo et de l'université du Colorado (Nature, 25 septembre 1997)

suggère que la Lune s'est formée en moins d'une année terrestre !

Les informaticiens ont testé des modèles comprenant de 1 000 à 2 700 débris résultant de la collision. L'anneau ainsi créé s'est installé à 25 000 km, quatre fois le rayon terrestre. Les particules de l'extérieur du disque ont rapidement formé des grumeaux de plus en plus gros, celles de la partie interne étant perturbées par l'influence gravitationnelle de la Terre.

Curiosité informatique : dans certains cas, les simulations ont donné naissance à deux Lunes, qui ont pu durer un certain temps.

J.-F. R.





Votre banque accessible d'où vous voulez, quand vous voulez.

Parce que vos journées sont trop courtes et trop chargées, la Société Générale est à votre disposition 7 jours sur 7 et 24 heures sur 24. Grâce à Vocalia, les principales informations sur votre compte sont disponibles par téléphone à tout moment, de France métropolitaine

comme de **V O C A L I A** l'étranger*.

Et surtout, nos téléconseillers sont disponibles pour répondre à vos questions et effectuer la plupart de vos opérations bancaires tous les jours, sauf le dimanche, dès 8h00 et jusqu'à 22h00 (de 9h15 à 17h00 le lundi et le samedi). Vocalia 08 36 68 70 70.



CONJUGUONS NOS TALENTS.

* Vocalia est accessible sans abonnement de France métropolitaine et de l'étranger (à partir d'un pays ayant signé un accord de partenariat avec France Télécom : Union Européenne, Japon, Etats-Unis... Tarification d'un appel international ordinaire). Seule la communication téléphonique vous est facturée sur la base de 2,25 F la minute (tarif TTC en vigueur au 01/10/97) quels que soient l'heure et le lieu de votre appel.

ARCHÉOLOGIE

Parlez-vous le vieil olmèque ?

La poursuite du déchiffrement de la stèle 1 de la Mojarral, dans l'Etat de Veracruz (Mexique), conforte les premières hypothèses sur la langue olmèque, émises il y a quelques années par deux anthropologues nord-américains, John Justeson et Terrence Kaufman.

Découverte en 1986, cette stèle est le premier texte olmèque connu assez long et assez bien conservé pour permettre une analyse linguistique. Datée de 156, elle a été gravée à la fin de l'époque olmèque, lorsque émergeait la culture maya.

L'écriture olmèque transcrirait l'idiome mixe-zoque – l'une des grandes familles de langues de l'Amérique

centrale – selon un système logosyllabique : à un signe correspond une syllabe. Les Olmèques, connus pour leurs énormes têtes sculptées et leurs délicates sculptures en pierres dures, seraient les inventeurs de ce système, adopté ensuite par les Mayas. C. C.



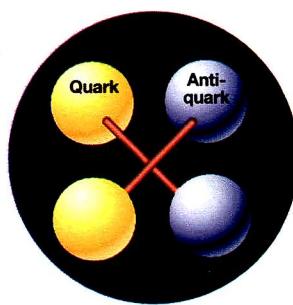
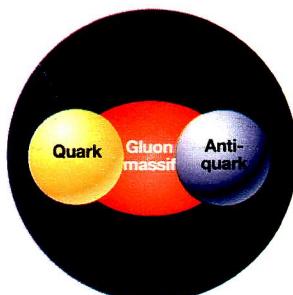
La mystérieuse écriture (à droite) livre son secret.
V. GRAHAM

PHYSIQUE

Particules jamais vues

Les gluons sont des particules qui lient les quarks à l'intérieur des protons et des neutrons. Si l'on compare les quarks à des briques, les gluons représentent le ciment qui les soude. Mais il arrive que le ciment se prenne pour une brique, c'est-à-dire que le gluon acquière le statut d'une particule de matière – dotée d'une masse.

Deux expériences mettant en jeu des collisions de particules dans des accélérateurs, l'une au CERN (laboratoire européen de physique des particules, à Genève), l'autre au Laboratoire national de Brookhaven (Etats-Unis), ont produit d'étranges particules hybrides qui pourraient être composées d'un quark, d'un antiquark et d'un gluon massif. Du jamais vu, même si la théorie des quarks pré-



Les traces observées dans plusieurs accélérateurs sont-elles les restes de ces particules "exotiques" ?

voyait ces "mésions exotiques" (c'est leur nom).

Comme ces particules ne vivent que 10^{-23} s (un cent millième de milliardième de milliardième de seconde), on les reconnaît aux particules secondaires en lesquelles elles se désintègrent. La discussion reste ouverte, car ces débris pourraient également être ceux d'un autre genre de méson, presque aussi exotique, constitué de deux paires quark-antiquark.

A. MEYER

ASTRONOMIE

PREMIÈRE PHOTO D'UNE ÉTOILE À NEUTRONS

■ Les plus petites étoiles de l'Univers sont aussi des

monstres cosmiques qui flirtent avec l'illégalité

physique.

Le télescope spatial *Hubble* vient d'enregistrer, pour la première fois, la faible luminosité de l'une de ces étoiles à neutrons (flèche), qui concentre la masse d'un soleil sur seulement 28 km de diamètre. J.-F. R.

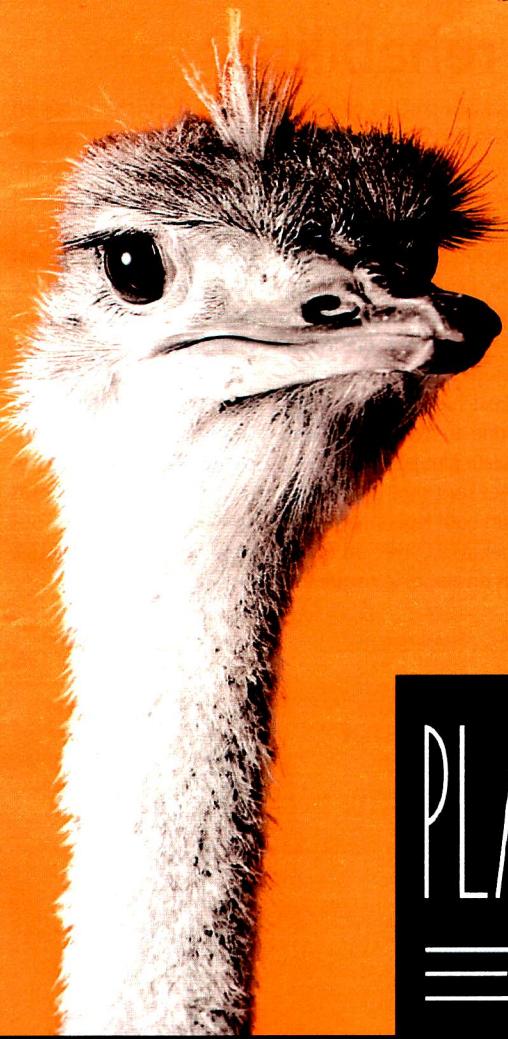


La masse du Soleil dans une étoile de 28 km de diamètre.

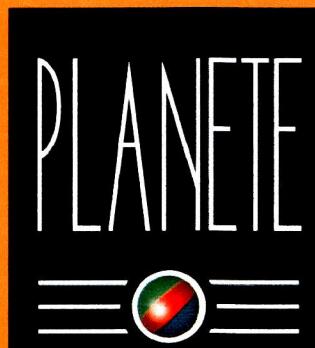
DES ASTRES...

● Chaque jour, 27 000 Français consultent un astrologue (lu dans le numéro spécial du Point "Un jour en France").

Être Planète



ou ne pas être ?



Le monde a tant de choses à raconter, qu'une chaîne de télévision y consacre l'ensemble de ses programmes. Avec des films et des documentaires d'une rare rigueur éditoriale, Planète accompagne les curieux de tout dans leur quête de découverte, et d'émotion. Depuis 10 ans, ce sont ainsi plus de 8000 documentaires que Planète a choisi de vous présenter. L'histoire, les phénomènes de société, les sciences, la nature, les civilisations sont d'inépuisables richesses qui chaque jour nous révèlent, si l'on y prête attention, ce que le monde a de contradictoire, de dur et de magique.

AIMANTS GÉANTS SUR MARS

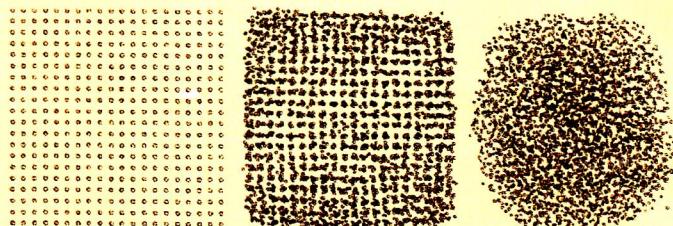
● Première découverte du satellite *Mars Global Surveyor* : la planète rouge présenterait des anomalies magnétiques. Au cours de ses orbites, la sonde a en effet détecté des zones bien délimitées (d'un diamètre pouvant atteindre 160 km), situées sous la surface, qui réagissent comme de gigantesques aimants. Ces restes



de dispersés d'un ancien champ magnétique, qui étonnent les astronomes, pertureraient tout explorateur qui voudrait se guider sur Mars à l'aide d'une boussole. J.-F. R.

THERMODYNAMIQUE

NICKEL EN FUSION



■ Ces 400 atomes de nickel sont surpris au moment précis où ils passent de l'ordre solide à la confusion liquide, à 2000 °C. Il s'agit d'une simulation très réaliste, l'ordinateur calculant individuellement la position et la vitesse de tous les atomes. H. G.

AGROALIMENTAIRE

L'ensilage réhabilité ?

Les fromages d'alpage ont plus de goût que ceux de la plaine. Cette notion de bon sens est validée par l'INRA : les profils aromatiques du foin d'une prairie d'altitude des Alpes du Nord ou d'une prairie naturelle d'Auvergne (flore diversifiée) sont plus riches en molécules odoriférantes que ceux du foin d'une prairie cultivée (flore monospécifique).

Plus surprenants sont les premiers résultats de l'étude en cours à l'INRA de Clermont-Ferrand (1).

Elle a comparé les effets du mode de conservation du fourrage consommé par les vaches (foin ou ensilage) sur les caractéristiques organoleptiques du Saint-Nectaire. L'ensilage, mode de conservation humide du fourrage, n'est pas aussi préjudiciable qu'on le dit : s'il est bien préparé, il ne donne au fromage qu'une couleur plus jaune (les carotènes sont moins détruits) et un goût légèrement plus amer. Mais, avec un mauvais ensilage, le risque est

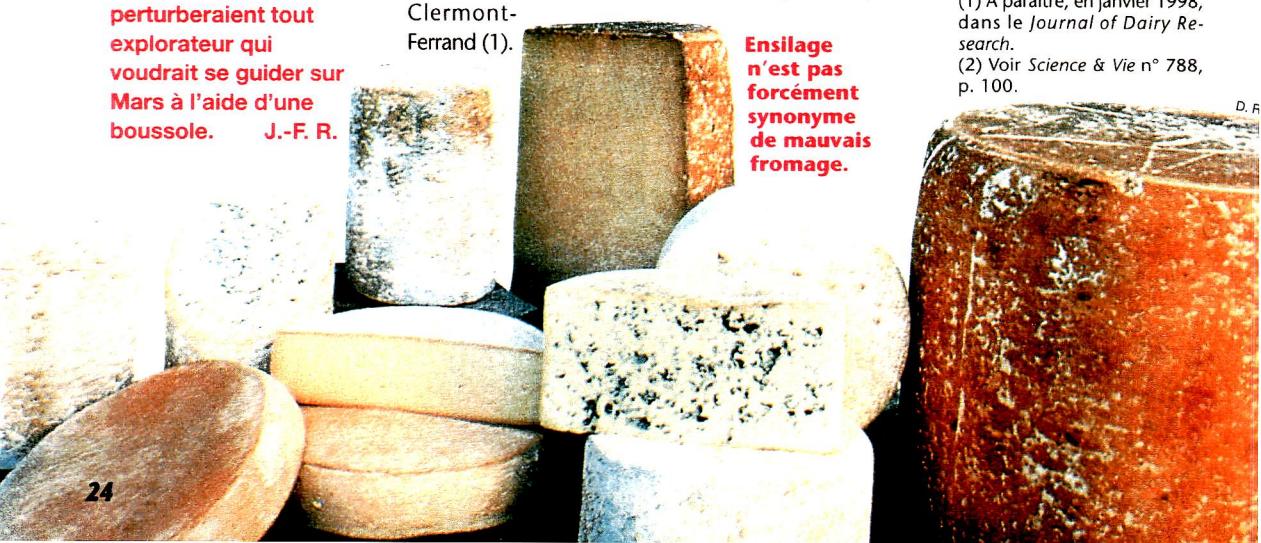
grand d'enrichir le lait en spores butyriques, qui, en germant, créent ou accentuent les trous, mais surtout développent des mauvais goûts (2). L'ensilage est donc interdit en France pour le gruyère, le comté ou l'emmenthal grand cru.

Résultat accessoire plus attendu : les vaches Montbéliarde et Tarentaise ont permis de produire un fromage plus ferme et plus savoureux que celui des Holstein. M.-L. M.

(1) A paraître, en janvier 1998, dans le *Journal of Dairy Research*.

(2) Voir *Science & Vie* n° 788, p. 100.

Ensilage
n'est pas
forcément
synonyme
de mauvais
fromage.



Donnez du chien à tous vos documents !

TRUCS ET ASTUCES POUR RÉUSSIR TOUS VOS DOCUMENTS



**Prix public de l'ouvrage
79 Frs
TTC***

Nouvelle collection "En un clin d'œil"

Mieux travailler c'est pas sorcier, avec la toute nouvelle collection "En un clin d'œil" de Microsoft Press. Vous êtes débutant, utilisateur averti ou même expert en informatique ? Ces ouvrages vous donnent toutes les ficelles des professionnels pour réaliser les documents les plus pertinents... Didactiques, clairs, très simples à compulsler, ces guides pratiques d'environ 300 pages vous aident à tirer le meilleur parti des Assistants Microsoft inclus dans vos logiciels. Quel que soit votre objectif, allez droit à l'essentiel et gagnez du temps.



Découvrez ces 5 ouvrages en vente chez votre libraire ou revendeur habituel :

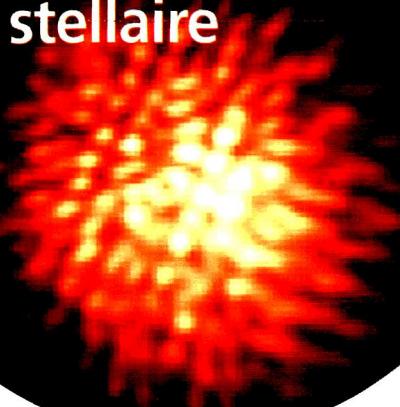
- **Microsoft® Word En un clin d'œil** : Lettres, CV plus efficaces
- **Microsoft® Excel En un clin d'œil** : Tableaux ou graphiques optimisés
- **Microsoft® Access En un clin d'œil** : Formulaires parfaitement structurés
- **Microsoft® PowerPoint En un clin d'œil** : Présentations captivantes
- **Microsoft Internet En un clin d'œil** : Une parfaite maîtrise du Web

*dont TVA 5,5%

Pour plus d'information : <http://www.microsoft.com/france/mspress/>

ASTRONOMIE

Un monstre stellaire



370 fois plus grosse que notre Soleil : telle est la taille de l'étoile *R Doradus*, découverte par une équipe internationale d'astronomes, grâce au télescope NTT de La Silla, au Chili. Située dans la constellation

de la Dorade, visible uniquement de l'hémisphère sud, cette géante rouge détrône ainsi Béتلgeuse, dans la constellation d'Orion, l'astre jusqu'à présent le plus brillant et le plus grand.

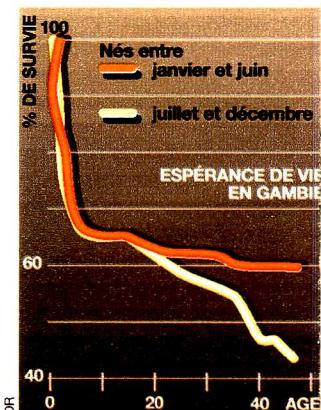
R Doradus, qui se trouve dans la proche banlieue de la Terre (à quelque 200 an-

nées-lumière seulement) était cataloguée comme une étoile variable d'une période de 338 jours. Bien qu'elle ait la même masse que le Soleil, *R Doradus* est 180 fois plus brillante. Placée au centre de notre système solaire, elle engloberait toutes les planètes jusqu'à Mars dans une atmosphère ténue mais mortelle. C'est d'ailleurs une évolution semblable qui est prévue pour notre étoile dans... 4,5 milliards d'années.

En attendant, la course aux mesures des diamètres stellaires va se poursuivre. C'est encore, en effet, un exploit de l'astronomie moderne, qui doit lutter contre les turbulences de l'atmosphère pour effectuer des mesures angulaires sur des objets fort petits parce que très éloignés. J.-F. R.

MAUVAISE SAISON POUR NAÎTRE

● Si l'on doit naître dans une zone rurale de Gambie – et plus généralement en Afrique subsaharienne –, mieux vaut le faire pendant la saison des récoltes (de janvier à juin) qu'en période de disette. Le plus étonnant, c'est que ce constat ne concerne pas seulement la survie des nouveau-nés. Une équipe du Dunn Nutrition Unit (Cambridge, Grande-Bretagne) a établi qu'à l'âge de 15 ans les personnes nées pendant la disette



avaient une probabilité de mourir quatre fois plus grande que les autres.

A 25 ans, ces risques sont multipliés par dix. Les chercheurs ont collecté des informations sur plus de mille personnes nées depuis 1949 dans trois villages de Gambie. On savait que la famine est l'un des grands fléaux de l'Afrique subsaharienne, mais les chercheurs ont eu

le mérite de quantifier en termes de risque ses conséquences à long terme. R. I.

PALÉOBIOLOGIE

Le passé était dans l'œuf

A peine plus grosses que des têtes d'épinette, les sphères fossiles de couches géologiques datant du cambrien (570 à 500 millions d'années) avaient jusqu'à présent été négligées par les paléontologues. Il s'agirait pourtant des œufs d'organismes essentiels. Ils datent en effet d'une période marquée par un extraordinaire foisonnement d'espèces dont on n'avait jusque là identifié que des formes adultes.

Les dizaines de spécimens décelés sur des sites chinois et sibériens par Stefan Bengtson (Muséum d'histoire naturelle de Stockholm) et Yue Zhao (Acadé-

mie des sciences géologiques de Pékin) seraient donc des œufs – contenant des embryons à divers stades – et des êtres éclos d'invertébrés marins.

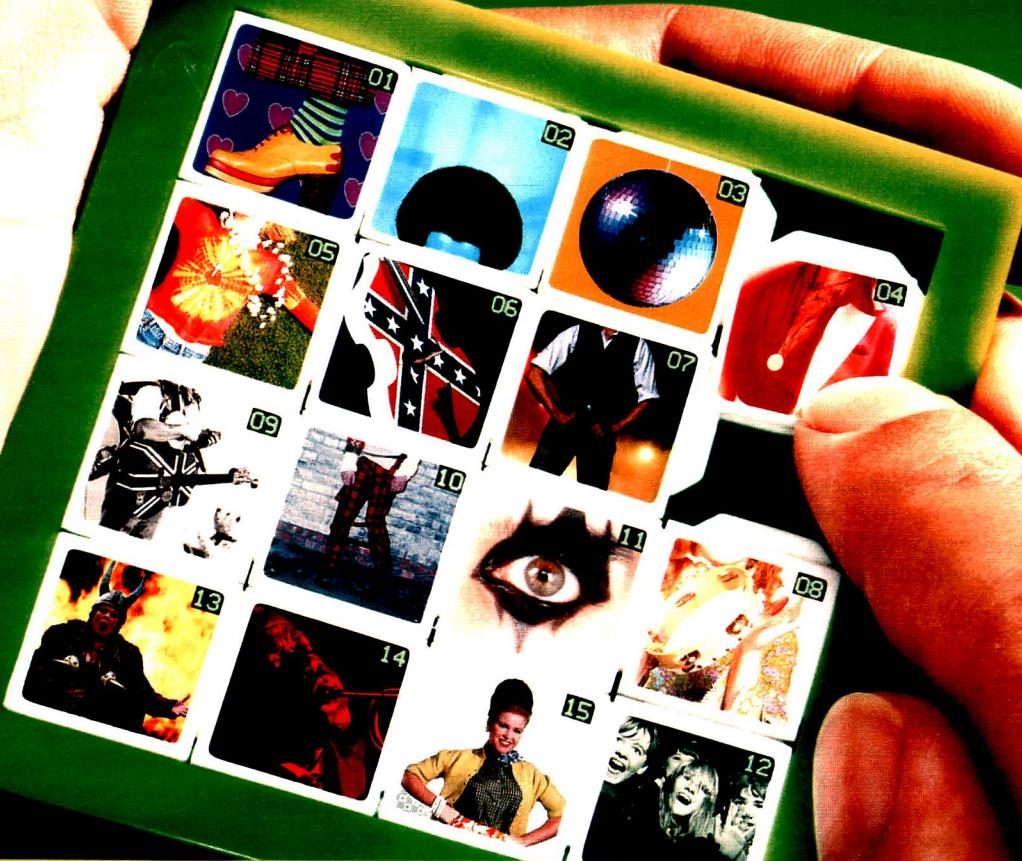
On pourrait dès lors suivre les phases de développement des individus de plusieurs espèces (ontogenèse), étude particulièrement importante pour la connaissance de

l'organisation et de l'évolution du vivant (phylogénie). Elle permettrait de reconstituer cette évolution durant le demi-milliard d'années qui sépare la date de diversification des métazoaires (êtres pluricellulaires), calculée par les biologistes moléculaires, de celle de l'apparition de ces organismes dans les archives fossiles du cambrien.

C. C.

Un demi-milliard d'années d'évolution sont contenues dans ces œufs microscopiques.





Organisez enfin
vos morceaux préférés
comme vous l'entendez.

Avec le MiniDisc, successeur de la cassette, enregistrez et ré-enregistrez à l'infini avec la qualité du son numérique. Accédez directement à vos titres préférés, changez-en l'ordre comme vous le souhaitez, effacez, ré-enregistrez,... Bref, grâce au MiniDisc, faire sa propre compilation devient un jeu d'enfant.

Le MiniDisc enregistrable par Sony.



AGROALIMENTAIRE

Colza à l'épreuve du feu

Les cultures de colza transgénique sont pour les industriels un substitut à l'huile de palmiste (amande du fruit du palmier) importée d'Indonésie, dont le cours s'emballe depuis les incendies catastrophiques de fin septembre 1997.

A l'état naturel, le colza ne contient pas d'acide laurique, un acide gras saturé qui entre dans la composition des graisses de friture et dans les détergents. Le colza laurique (*Laurate canola*) mis au point par la société Calgene (aujourd'hui Monsanto) a hérité son gène d'une plante californien-

ne, *Umbellularia californica*. Aux Etats-Unis, on cultive déjà sur plus de 50 000 hectares ce colza à haute teneur en acide laurique.

Cette OPA sur un marché tropical ne fournit-elle pas un contre-exemple à l'argument des grandes sociétés impliquées dans les biotechnologies : venir en aide au tiers monde ? M.-L. M.

Certains colzas transgéniques donneront une huile aussi riche en acide laurique que l'huile de palmiste ou de coco.



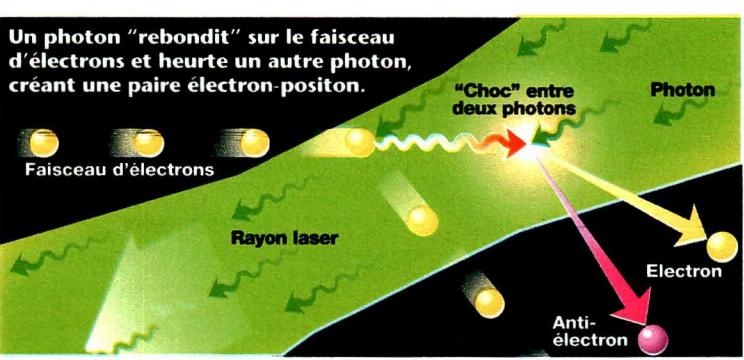
PHYSIQUE QUANTIQUE

$$mc^2 = E$$

■ Jusqu'à présent, la fameuse formule d'Einstein liant la matière à l'énergie ($E = mc^2$) n'avait été mise en pratique que partiellement. On savait extraire de l'énergie à partir de la matière, au moyen de la fission nucléaire, par exemple. On était en revanche incapable de créer de la matière à partir d'énergie pure (comme celle d'un rayonnement lumineux). C'est aujourd'hui chose faite. Des physiciens de l'université Stanford (à Palo Alto, Californie)

et des universités du Tennessee, de Princeton et de Rochester (Etats-Unis), conduits par Adrian Melissinos, ont fait surgir une paire électron-positon (anti-électron) d'un faisceau laser très puissant. L'expérience montre qu'un champ électromagnétique (autre manière de qualifier les rayonnements) intense est capable d'extraire de la matière du vide. Ce résultat illustrerait notamment certains phénomènes qui se produisent à la surface des étoiles à neutrons. R. I.

Un photon "rebondit" sur le faisceau d'électrons et heurte un autre photon, créant une paire électron-positon.



LA BLATTE QUI VENAIT DU FROID

● Les chercheurs de l'université Queen's, à Kingston (Canada), ont découvert deux antigels naturels à base de larves d'insecte. L'un a été isolé sur une variété commune de blatte (*Tenebrio molitor*), l'autre sur le ver de l'épicéa (*Choristoneura fumiferana*). Ces antigels seraient plus efficaces que ceux qu'on extrait des poissons, découverts dans les années 60, puisqu'ils abaissent la température de formation de la glace respectivement de 5,5 °C et de 4 °C, au lieu de 1,5 °C pour les anciens produits. Selon Daniel Doucet, membre de l'équipe de Kingston, ce phénomène est dû au fait que ces larves doivent survivre à une température d'environ -30 °C. Ces produits pourraient être utiles pour la conservation des organes destinés à la transplantation. J. D.

● Avec la participation de Roman Ikonenoff. Ont collaboré à cette rubrique : Catherine Chauveau, Julien Dyan, Marie-Sophie Germain, Hélène Guillermot, Géraldine Magnan, Marie-Laure Moinet, Julie Neubrunn, Jean-François Robredo.



Sony présente le premier appareil qui prend des photos sur disquette.

Le nouveau Digital Mavica de Sony est le premier et seul appareil photo numérique qui permet de stocker des fichiers images au standard JPEG sur des disquettes de 3,5 pouces. Il suffit de glisser la disquette dans le lecteur

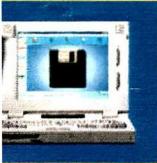
de votre ordinateur et vos photos seront utilisables immédiatement.

Illustrez vos documents, brochures, site Internet ou joignez vos images à des messages e-mail... Tout cela n'est désormais qu'un jeu d'enfant !

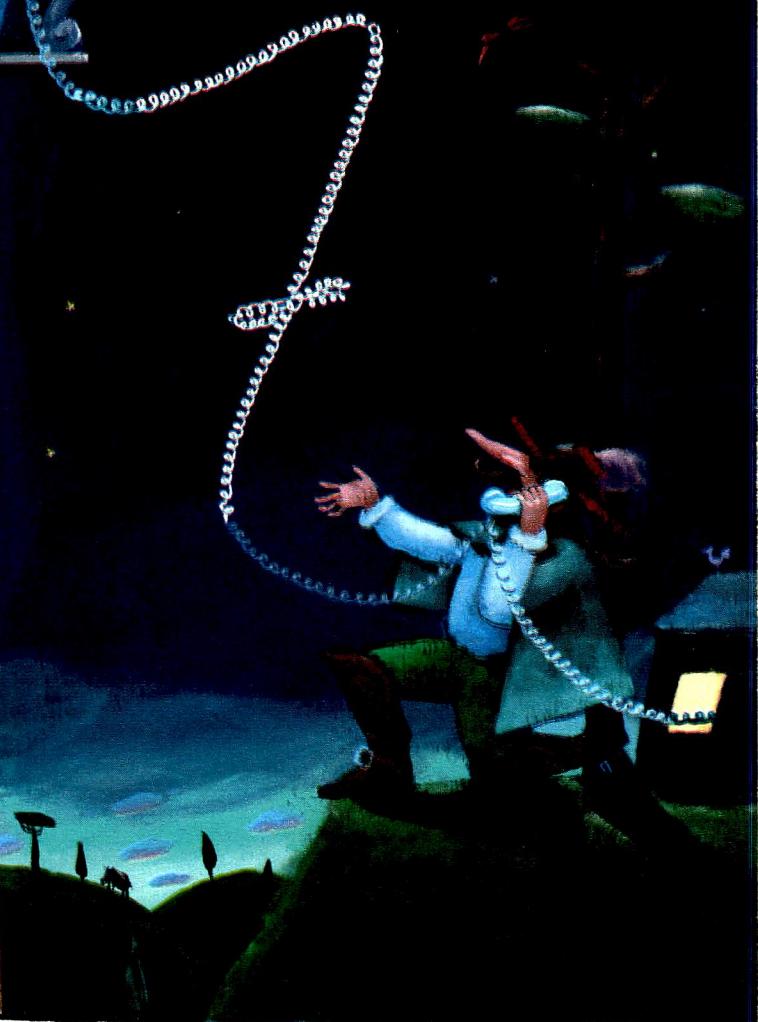
Pour plus de détails sur l'univers de l'imagerie numérique,
demandez notre disquette de démonstration:

www.sony.fr ou 0803 843 843 (1,09 FTTC/mn).

Digital Mavica.
Photographiez !
Stockez !
Présentez !
Partagez !



ICL Numéros à appeler sont allemands



AVEC LE 7 DE CEGETEL DECOUVREZ UN NOUVEAU MOYEN DE COMMUNICATION SIMPLE ET MOINS CHER : LE TÉLÉPHONE.

Ô tant de bonheur m'envahit quand Cegetel je découvris.
Un nouveau moyen de communiquer choisit le 7 pour chiffre clef.

Quelle simplicité, je n'en crus pas mon écuyer !

Pour 10 F par mois, je m'abonnais au 7 de Cegetel,
de 10% à 53% de réduction, grâce à cela, j'obtenais sur mes appels*.

Ravi je fus de conserver, mon numéro, mon combiné.

Devant chaque numéro, le 0 j'enlevais,
par le 7 simplement je le remplaçais.

Je n'avais rien d'autre à changer, j'en fus plus que comblé.

Des services royaux, j'en tire mon chapeau !

Tant de services me furent offerts, je crus rêver les yeux ouverts.

24h /24 et 7j /7 durant, par monts ou par vents,

un service clientèle me renseignait allègrement ;

Une facture détaillée je désirais avoir sur le champ,

on me la communiquait bien sûr gratuitement.

Grâce au programme de fidélisation de Cegetel,

je décrochais maints cadeaux et de gratuites minutes d'appel.

Ô quelle merveille, ce 7 de Cegetel !

Appel gratuit pour plus de renseignements : 0 800 01 01 98,
de 8 heures à 22 heures, 7 jours sur 7. Précisez votre code PI02.

Téléphoner moins cher, quelle affaire !

Roxane, j'appelais à ma guise, en maints coups de fil elle fut conquise.

Des économies sur toutes mes communications, je constatais,
où qu'elle fut, partout en France, d'un prix unique*, je bénéficiais
et de sa douce voix, plus souvent, je profitais.

La "remise 7 en plus"** de Cegetel baissait le prix au fil de mes appels ;
plus j'appelais, moins je payais, amour et or je conservais.

* Pour les appels en France Métropolitaine en dehors du département,
hors abonnement, hors tarification locale, zones de proximité et numéros spéciaux.

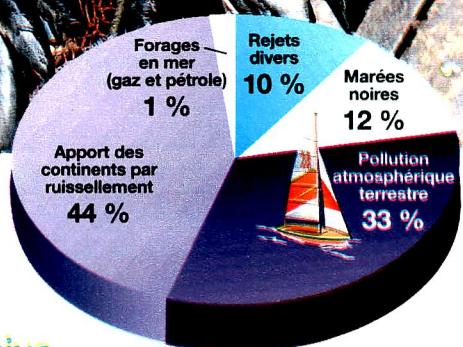
** Pour un minimum de facturation de 150 F, hors abonnement et limitée
à 785 F par bimestre.

Conditions tarifaires au 5/11/97.



par Didier Grand

R. KENDICK/AURORA - A. MEYER/SOURCE : UNEP 1990



Peut-on sauver la mer ?

Pollution industrielle et pêche intensive saccagent mers et océans. On commence à se mobiliser pour arrêter le massacre.

Surpêche, destruction des écosystèmes côtiers, déversement d'eaux usées et polluées, largage d'huiles, de gazole, de déchets radioactifs ou chimiques continuent de détériorer les mers et les océans.

La superficie de la mer d'Aral a été réduite de moitié par le détournement de fleuves pour irriguer des champs de coton. La mer Noire est également en piteux état : 20 de ses 26 es-

pèces de poissons commercialisés ont disparu depuis 1970. La couche d'eau oxygénée n'y mesure plus que quelques dizaines de mètres. Anchois et sardines réchappées des filets sont affamés par *Mnemiopsis leidyi*, une méduse du golfe du Mexique introduite accidentellement lors du nettoyage des soutes de cargos pétroliers. Dans la mer Jaune, le taux de métaux lourds est l'un des plus élevés du monde.

Quant à la Baltique, elle est désertée par le hareng et le saumon : les pays riverains doivent débourser 23 milliards de dollars (138 milliards de francs environ) pour la sauver.

Pour ce qui est de la pêche, tous les gouvernements savent qu'il faut réduire les captures – surtout celles des poissons juvéniles. Mais les flottes nationales rivalisent pour atteindre au plus vite les quotas alloués. Les merlus

La surpêche et la pollution industrielle (ci-dessus, répartition des diverses sources de pollution des mers) détruisent le milieu marin.

pêchés par l'Espagne et par le Portugal se font rares et petits... Les stocks de morues de la mer du Nord et de l'Atlantique nord sont toujours en déclin. Les jeunes harengs, quand ils ne sont pas jetés à la mer, sont transformés en farines destinées aux porcs et à la volaille. 30 millions de tonnes de poissons (le tiers des captures mondiales),

jugés impropre à la commercialisation, sont ainsi détruits.

La surpuissance des flottilles de pêche (elles pourraient pécher jusqu'à 40 % de plus) entraîne un manque à gagner de 6 à 10 millions de tonnes de poisson. Seules les captures dans l'océan Indien augmentent encore.

La FAO (organisation pour l'alimentation et l'agriculture, dépendant de l'Organisation des Nations unies) a institué, en 1995, un code de conduite pour une pêche responsable. On a commencé à procéder aux inventaires des stocks, et on mesurera à partir de l'an prochain les seuils de biomasse critiques pour leur renouvellement. Une entreprise scientifique ambitieuse, face au manque de "transparence" de la filière pêche et aux aléas du climat... M.-L. M.

AGRICULTURE

Des maraîchers raisonnables

L'agriculture intensive a vécu. Cent quarante-trois producteurs du Val-de-Saire (Manche), qui commercialisent 40 % de la production légumière de Basse-Normandie, ont pris conscience de l'impasse où les a conduits leur hyperspecialisation.

En effet, les monocultures légumières intensives ont rendus certains parasites résistants ; les sols, compactés, asphyxient les racines et sont infestés de vers nématodes ; les eaux sont chargées en nitrates, en phosphates, en pesticides...

Dans le Val-de-Saire, le virage a été pris en octobre 1995. Stimulés par une subvention de 2 600 F par hectare pendant cinq ans, les producteurs se sont en-



CTIF/SILEBAN

143 producteurs normands se sont engagés à freiner la monoculture intensive (ici, des salades).

gagés à introduire des céréales dans le tiers de leurs parcelles (en rotation sur trois ans), à réduire de

20 % les doses d'engrais et à les fractionner, à rationaliser les traitements phytosanitaires, etc.

L'obligation d'analyser les sols avant leur fertilisation a déjà fait chuter l'apport moyen en azote de 200 à 70 unités par hectare. Equipé d'un fax, l'agriculteur est prévenu chaque jour de l'opportunité ou non de traiter ou d'irriguer. Pilotée par une station régionale expérimentale (le Sileban), cette expérience estampillée "Produire autrement" est un gage de restauration du bocage.

M.-L. M.

TÉLÉCOMMUNICATIONS

HARO SUR LES ANTENNES !

■ La radiotéléphonie mobile à la norme GSM repose sur la répartition d'antennes-relais et sur l'allocation d'une fréquence différente à chaque zone. Ce qui constitue un véritable casse-tête, car, pour des raisons de coût et de respect de l'environnement, il faut déployer le minimum d'antennes et de fréquences. Pour tenter de le résoudre, le projet européen ARNO (Algorithms for Radio Network Optimization) utilise des logiciels de simulation et de nouvelles méthodes informatiques (dites

heuristiques) issues d'algorithmes employés... en génétique ! Le consortium ARNO réunit cinq partenaires : le CNET (Centre national d'étude des télécommunications) de Belfort, le laboratoire de génie informatique et d'ingénierie de production de l'Ecole des mines d'Alès, la société nantaise d'informatique ECTIA, le groupe allemand de calcul intensif GMD et l'université britannique de Cardiff. L'étude, qui devrait aboutir dans un an environ, permettra d'optimiser le réseau GSM français. H.-P. P.

Où implanter les relais du réseau GSM de radiotéléphonie ?



ŒUFS ÉCOLOS

● Les magasins Marks and Spencer ont décidé de ne distribuer que des œufs de poules élevées sur parcours libre.

POLLUTION

Chine : la croissance qui tu



J. AARONSON/ASPEN/COSMOS

Tout en s'extasiant devant l'essor économique de la Chine – « le développement le plus remarquable de notre temps » –, la Banque mondiale s'alarme de la pollution dans ce pays, où les niveaux de dioxyde de soufre (SO_2) et de particules sont parmi les plus élevés du monde.

Conséquence : les maladies pulmonaires tuent proportionnellement cinq fois plus de personnes en Chine qu'aux Etats-Unis. Dans son rapport "Chine 2020", la Banque mondiale calcule que 289 000 décès par an seraient évités si les Chinois respectaient les normes internationales.

Autre retombée : les pluies acides, qui ont endommagé, par exemple, le quart des récoltes de la région de Chongqing en 1993. Le coût total de la dégradation de l'environnement est évalué à environ 8 % du PIB chinois.

Principaux agents de cette pollution : les centrales au charbon (80 % de l'énergie produite) et

C'est un boulevard de Pékin ! La Chine s'industrialise à grande vitesse. Conséquence : une pollution alarmante.

les voitures. Le parc automobile s'accroît de 10 % par an, alors que chaque voiture rejette de 40 à 60 fois plus d'hydrocarbures qu'une auto américaine !

A ce rythme, en 2020,

la pollution tuera 600 000 Chinois par an, avertit la Banque mondiale, qui préconise des mesures en faveur d'un développement plus "propre".

H. G.



E. HESSE

EXPO D'ANIMAUX

- Le célèbre naturaliste Robert Hainard expose ses œuvres animalières du 5 décembre au 17 janvier. Né en 1906, il a réalisé en soixante-dix ans d'observations 35 000 dessins et, à partir de ceux-ci, des gravures et des sculptures. Société nationale de protection de la nature, 9, rue Cels, 75014 Paris.

Tél. : 01 43 20 15 39.

ENERGIE

LE RETOUR DU GAZOGÈNE

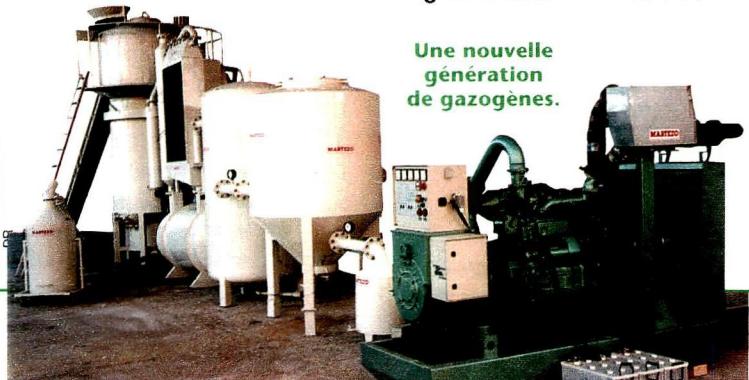
Martezo, une société de Poitiers (Vienne), a remis le gazogène au goût du jour. Destiné à l'alimentation de groupes électrogènes, son générateur de gaz est alimenté par du bois contenant au maximum 20 % d'humidité. Deux de ces nouveaux générateurs fonctionnent déjà dans la région bordelaise :

l'un dans une scierie, l'autre chez un fabricant de meubles.

Deux industries où les copeaux abondent, constituant une source d'énergie à bon marché. Ce générateur a prouvé tant sa fiabilité que sa rentabilité. Outre un groupe électrogène, il peut alimenter n'importe quel moteur diesel – modifié pour fonctionner au gaz de bois.

H.-P. P.

Une nouvelle génération de gazogènes.





X-free fait pétiller toutes vos envies de ski !

Avec X-free toutes les glisses ont meilleur goût !

Son profil en Y vous permet de savourer les joies du **carving***.

Sa spatule est plus large pour skier dans la **poudre**

jusqu'à plus soif ! Sa légèreté et sa longueur réduite
vous garantissent un cocktail inédit de sensations !

Et sa **structure Monocoque** assouvit
votre soif d'accrochage !

*pratique du ski en conduite de virages coupés.

Salomon et votre école de ski
vous offrent une séance
de "ski découverte"**.

X-free
SALOMON®

<http://www.salmonsports.com>

* Offre réservée aux détenteurs de skis X-Free (achat ou location) dans la limite des places disponibles.

Ecoles de ski participant à l'opération ski découverte :
ESF Val d'Isère - ARC Aventures - ESF Courchevel - ESF Val Thorens -
ESF St Lary Soulan - ESF Les 2 Alpes - ESF Valmorel.

Inscription auprès des écoles de ski concernées sur présentation d'un bulletin validé par votre magasin de sport.



LA PHOBIE DES MICROBES

● Aux Etats-Unis, dans les magasins de produits biologiques Bread and Circus, on trouve ce spray étonnant, destiné à éliminer en trente secondes les salmonelles, la bactérie *Escherichia coli* et autres microbes. A base d'acides de fruits, d'extraits de noix de coco et de produits naturels, il ne contient évidemment pas de chlore...



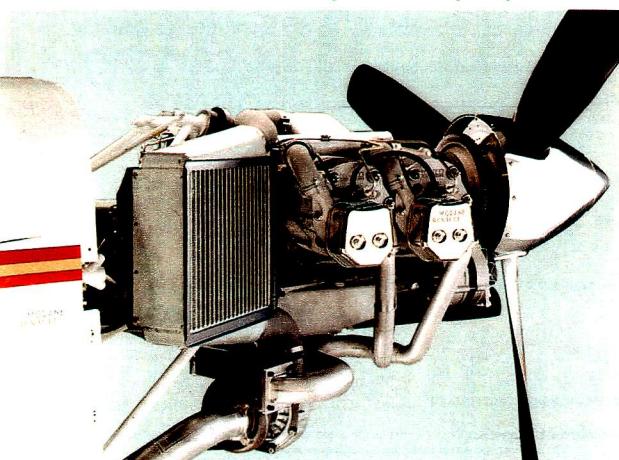
LOISIRS

Avions anti-gaspi

Le moteur Morane-Renault 250 va révolutionner le marché de l'aviation légère, ont affirmé au dernier salon du Bourget les sociétés Socata, Aérospatiale et Renault

Sport. Les moteurs n'ont pas subi de modifications depuis cinquante ans. Ils sont bruyants et consomment d'énormes quantités d'un carburant bourré de plomb.

Selon ses concepteurs, ce moteur d'avion de tourisme est moins polluant et plus performant.



Le MR 250 aura une consommation inférieure de 30 à 40 %, et il brûlera un kérósène moins polluant et bien meilleur marché. Ses concepteurs sont parvenus à réduire le bruit de moitié et à faciliter les opérations d'entretien. Quant aux performances, elles sont bien meilleures : l'appareil équipé de ce moteur atteindra une altitude de 8 000 m, au lieu de 2 600 actuellement. Enfin, le MR 250 est interchangeable et peut équiper tous les avions en service.

La société Socata vise un marché de 7 000 avions de tourisme, qui pourrait bien la sauver. Elle vient en effet de traverser d'énormes difficultés, qui l'ont obligée à licencier une partie de son personnel.

L. C.

ENERGIE

Centrale nucléaire flottante

La Russie étudie un nouveau concept de centrale nucléaire itinérante et flottante, relate l'hebdomadaire américain *New Scientist*. Objectif : fournir de l'énergie aux régions reculées de Sibérie. Dotée de réacteurs analogues à ceux des sous-marins nucléaires les plus récents, la centrale serait remorquée jusqu'à Mourmansk quand il faudrait la réparer ou l'alimenter en combustible.

La Russie pourrait également louer ou vendre ces centrales flottantes à des pays asiatiques tels que la Chine, l'Inde, l'Indonésie, qui ont des îles et des côtes isolées ou difficilement accessibles. Des négociations sont déjà en cours, a révélé un responsable de Moscou.

Les voisins de la Russie s'inquiètent : Mourmansk est très proche de la Finlande et de la Norvège. Exprimant sans doute un sentiment partagé, le ministre de la Défense norvégien a déclaré que les Russes feraien mieux d'améliorer la sécurité dans les centrales déjà en service... H. G.

DÉRAPAGE CANIN

● A Paris, les chiens laissent chaque jour 10 tonnes d'excréments sur les trottoirs, provoquant la glissade et l'hospitalisation de 600 personnes par an !

Microsoft

Jusqu'où irez-vous? www.microsoft.com/france/noel

Cette année,
dans mon entreprise

tout le monde aura le droit à une bonne prime...



Microsoft
Office 97

...Grâce à Microsoft® Office 97. Cette année, vous aussi faites équiper de manière très officielle tous les postes de votre entreprise avec Microsoft® Office 97. Pour chaque produit complet ou Mise à Jour Microsoft® Office 97 acheté + 100 F TTC (participation aux frais d'envoi et de gestion par prime demandée), Microsoft® vous propose en prime un CD-ROM au choix : Microsoft® Bibliorum Larousse (6 dictionnaires Larousse sur un seul CD-ROM), Norton AntiVirus 2.0 de Symantec (la solution Antivirus de référence) ou le CD-ROM d'autoformation de Microsoft® Press "Démarrer avec Microsoft® Office 97". Résultat : tous vos collaborateurs auront le droit à une prime et votre entreprise va encore y gagner en productivité !

Offre Promotionnelle PME PMI



* THE SALES MACHINE - Photographe : Eric Butero



Du 15 octobre au 31 décembre 1997. Vous aussi profitez-en !

Tous les revendeurs sur le 36 16 MICROSOFT (1,29Fttc la minute) ou www.microsoft.com/france/noel

BICYCLETTE

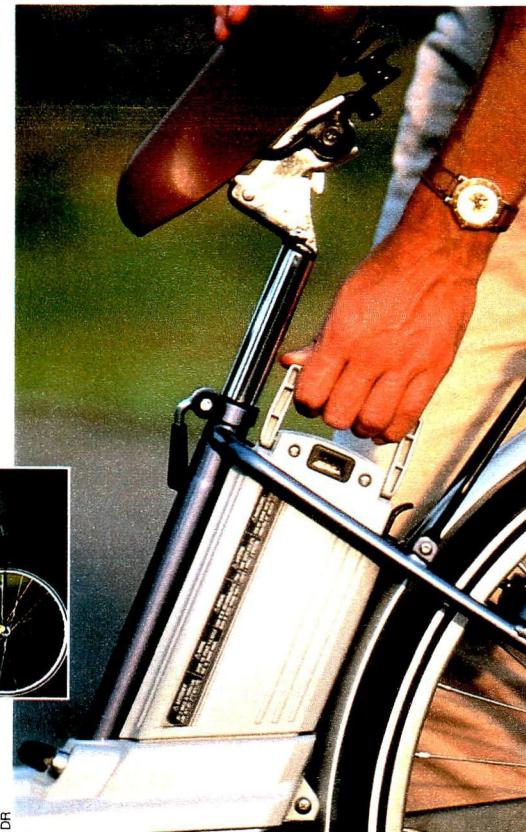
L'assistant pédaleur

Le vélo à "pédalage assisté" a fait son apparition au Mondial du deux roues. Cette machine est équipée d'un moteur électrique qui entraîne la roue arrière quand on pédale. Baptisé Power Assist System (PAS), ce système divise l'effort par deux (c'est-à-dire que le rapport entre l'effort humain et la puissance fournie par la batterie est de 1 pour 1).

Dans les montées, le



PAS apporte une aide maximale au cycliste, tandis que l'assistance décroît progressivement en descente, pour disparaître aux vitesses supérieures à



Deux modèles sont équipés du "pédalage assisté" : le PAS XPC 26 de Yamaha (ci-dessus, 7 590 F) et l'AX-ION de MBK (ci-contre, environ 10 000 F).

24 km/h.

Le vélo est équipé d'un ordinateur qui reçoit les données d'un système de capteurs du couple et de la vitesse de rotation du pédalier. Il détermine alors la quantité d'électrici-

té qu'il doit fournir à la batterie (de type nickel-cadmium, recyclable, amovible et rechargeable de 500 à 550 fois). Résultat : une seule batterie permet de parcourir de 15 000 à 20 000 km ! H. L.

LE PRIX DU VERT

● Deux promoteurs immobiliers avaient fait abattre cinq arbres sans autorisation, dans le VII^e arrondissement de Paris. La 31^e chambre correctionnelle vient de les condamner à 40 000 F d'amende.

DÉCHETS

Le long voyage des poubelles

Les ordures ménagères collectées dans les poubelles effectuent un trajet moyen de 26 km avant d'arriver au centre de tri sélectif ou à l'usine d'incinération, a calculé l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME).

Les 22,5 millions de tonnes de déchets français parcourront donc 770 millions de kilomètres par an (dont 96 % par camion), dépensant ainsi 5 % de l'énergie consommée par les transports en France.

Et ces chiffres vont exploser dans les prochaines années. La "loi déchets" de 1992, qui impose la fermeture des décharges en 2002, a pour conséquence de multiplier les transferts d'ordures. Or, cet aspect du problème a été complètement oublié dans les plans départementaux censés coordonner l'élimination des déchets. Il faudra revoir la copie... L. C.

ETHIQUE

LE BIEN-ÊTRE DES ANIMAUX

■ Les animaux bénéficient désormais du statut d'"êtres sensibles" et non plus de marchandises. On devrait donc,

à l'avenir, traiter différemment les animaux vivants et les carcasses dans les transports sur de longues distances.

Microsoft

Jusqu'où irez-vous? www.microsoft.com/france/noel

Du 15 octobre au 31 décembre 1997,

il y aura de

grosses

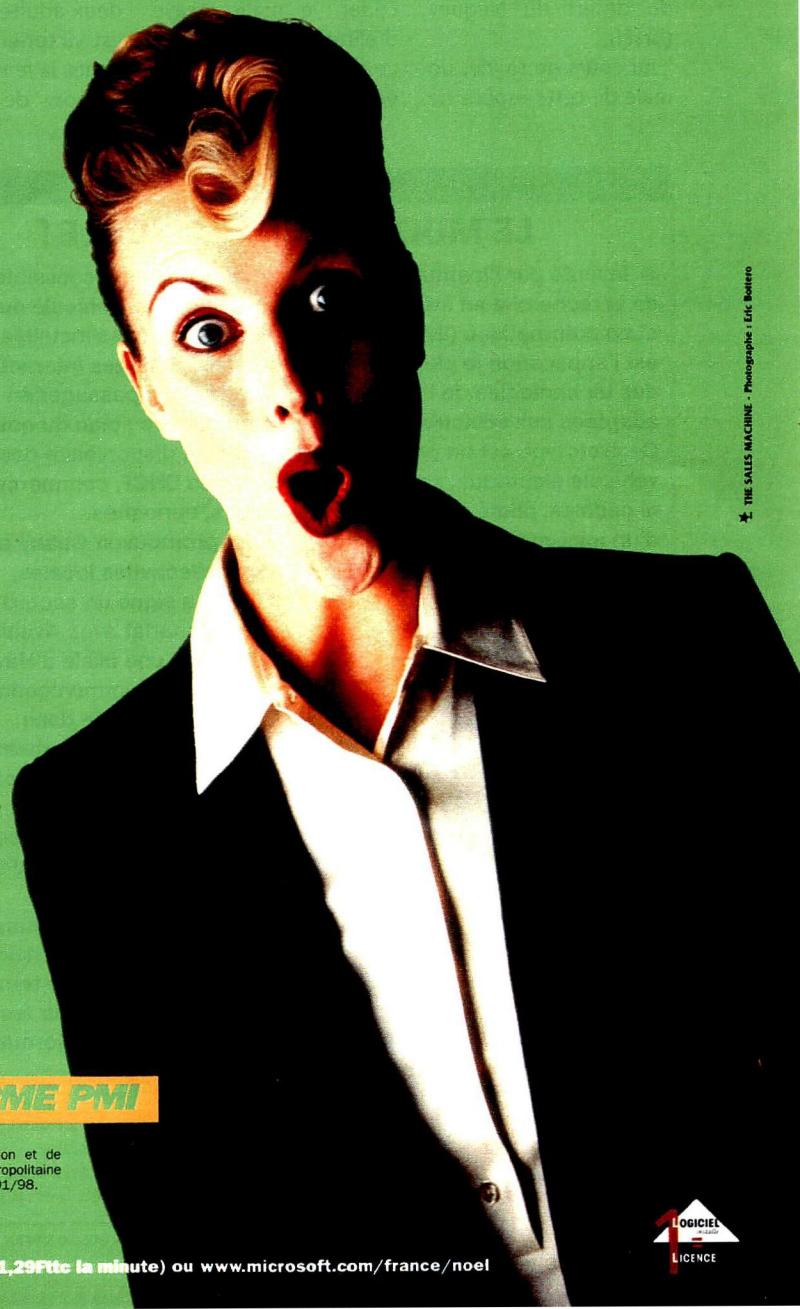
primes

dans toutes les boîtes...



...de Microsoft® Windows® 95.

Pour chaque mise à jour Microsoft® Windows® 95 achetée au grand jour, Microsoft® vous offre en prime trois CD-ROMs : **Microsoft® Internet Explorer, Microsoft® Plus** pour Windows® 95 et le CD-ROM d'autoformation "Démarer avec Microsoft® Windows® 95" édité par Microsoft® Press. On vous réserve même une offre spéciale d'abonnement à MSN*, le service Internet de Microsoft®. Alors, si vous voulez améliorer la réactivité de votre entreprise, c'est le moment d'équiper vos postes non connectés avec le système d'exploitation Microsoft® Windows® 95. **Du 15 octobre au 31 décembre. Vous aussi, profitez-en !**



Offre Promotionnelle PME PMI

* 1 mois d'abonnement gratuit à MSN, frais de communication et de connexion restant à votre charge. Offre valable en France métropolitaine exclusivement pour tout nouvel abonnement souscrit avant le 31/01/98.

Tous les revendeurs sur le 36 16 MICROSOFT (1,29Fttc la minute) ou www.microsoft.com/france/noel



ETHOLOGIE

Araignée infanticide

Chez *Stegodyphus lineatus*, une petite araignée du bassin méditerranéen, l'infanticide est coutumier. C'est ce que vient de montrer une équipe de chercheurs israéliens et allemands qui a étudié une population du désert du Néguev (Israël).

Au cours de sa vie, un mâle de cette espèce ne

croise qu'une ou deux femelles. Pour assurer sa descendance, il tente de se reproduire lors de chaque rencontre. Or, une fois sur deux, la femelle a déjà des petits et refuse l'accouplement. Pour la contraindre à lui céder, le mâle essaye d'éliminer la première couvée. Il s'ensuit une échauffourée entre les



J. SCHNEIDER/MITHANI CENTER
FOR DESERT ECOLOGY

Une araignée femelle *S. lineatus* et ses petits.

deux adultes. Si le mâle est victorieux et tue les petits, la femelle esseulée accepte de recevoir la

semence du meurtrier.

On connaît ce type de stratégie reproductrice chez quelques espèces de mammifères et d'oiseaux ; mais c'est la première fois qu'elle est mise en évidence chez des invertébrés.

G. M.

TRANSPORTS

LE MULTIMÉDIA, ÇA ROULE !

■ Inventé par l'Institut national de la recherche en informatique et en automatique (INRIA), Cabby est l'application la plus avancée des technologies de l'information adaptées aux véhicules urbains. Ce prototype est un petit véhicule électrique, sans volant ni pédales, piloté à l'aide d'un mini-manche. Sa conduite, assistée par ordinateur, est à la portée de tous.

Une aide

multimédia est accessible sur le terminal du véhicule ou depuis des bornes fixes installées dans la rue. Ses pages interactives informeront le passager en permanence : plan du quartier, guidage, disponibilité des taxis, horaires SNCF, commerces, loisirs, curiosités... Pour promouvoir Cabby auprès des collectivités locales, l'INRIA a signé un accord de partenariat avec Avenir France, une filiale d'Havas Media Communication spécialisée dans

le mobilier urbain. Avenir France espère rentabiliser son investissement grâce à la diffusion payante de messages publicitaires sur le terminal ou sur les bornes d'information.

H.-P. P.

Le prototype Cabby dans une rue de Versailles.



A. EIDELMAN/INRIA

LES PUCES DES ARBRES

● En Seine-Saint-Denis, 13 500 arbres vont être équipés de puces électroniques, afin de suivre leur santé et de mieux gérer le patrimoine arboricole.

LA FIN DE LA RAGE

● La rage vulpine, qui a longtemps servi de prétexte pour massacer les renards, a disparu du territoire français depuis janvier 1997.

● Ont collaboré à cette rubrique : Loïc Chauveau, Hélène Guillemot, Hélène Levezel, Géraldine Magnan, Marie-Laure Moinet, Henri-Pierre Penel.

Microsoft

Jusqu'où irez-vous?™ www.microsoft.com/france/noel



**Les avantages
en nature,
c'est
*bon***
pour les finances
de mon entreprise...



...Surtout quand c'est Microsoft® qui les offre. Et dans ce domaine, Microsoft® fait vraiment bien les choses ! Pour chaque mise à jour **Microsoft® Windows® NT Workstation 4.0** loyalement achetée, Microsoft® vous offre en prime le navigateur **Microsoft® Internet Explorer**, **Norton AntiVirus 2.0 de Symantec** (la solution AntiVirus de référence) et le livre "**Microsoft® Windows® NT Workstation en un clin d'oeil**". Franchement, vous connaissez beaucoup de systèmes d'exploitation qui vous offrent autant d'avantages ? Alors, profitez vite de l'offre promotionnelle pour mettre à jour vos postes bureautiques Windows® 3.1 vers le système d'exploitation 32 bits spécialement conçu pour l'entreprise.

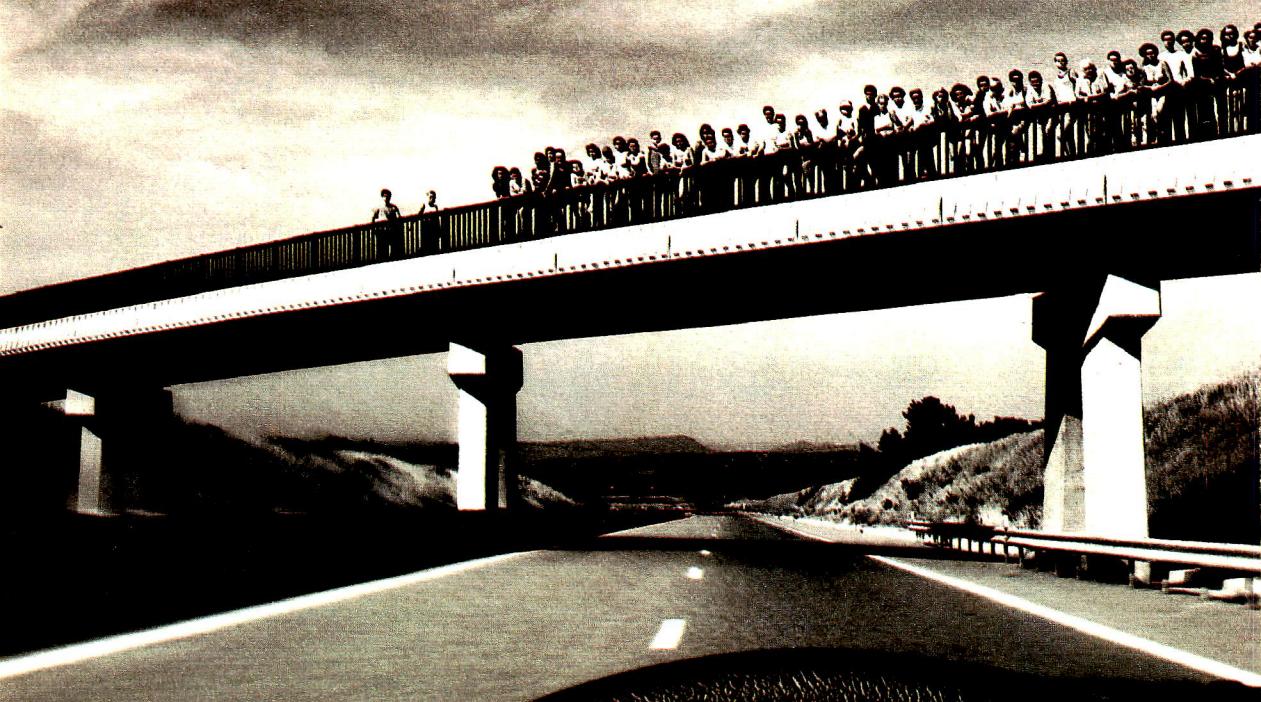
Offre Promotionnelle PME PMI



Du 15 octobre au 31 décembre 1997, vous aussi profitez-en !

Tous les revendeurs sur le 36 16 MICROSOFT (1,29Fttc la minute) ou www.microsoft.com/france/noel

Faites-leur plaisir, ralentissez.





Tout le monde est venu admirer

votre nouvelle CITROËN XSARA,

ses lignes innovantes,

son design élégant.

Malheureusement,

à cette distance,

il leur est impossible de l'apprécier

dans ses moindres détails,

avec en série :

le volant réglable en hauteur,

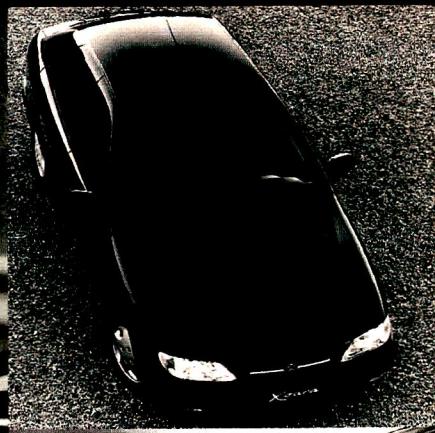
l'airbag conducteur CITROËN,

la direction assistée...

Le problème de ralentir

à chaque pont, c'est que

vous n'arriverez jamais à l'heure.

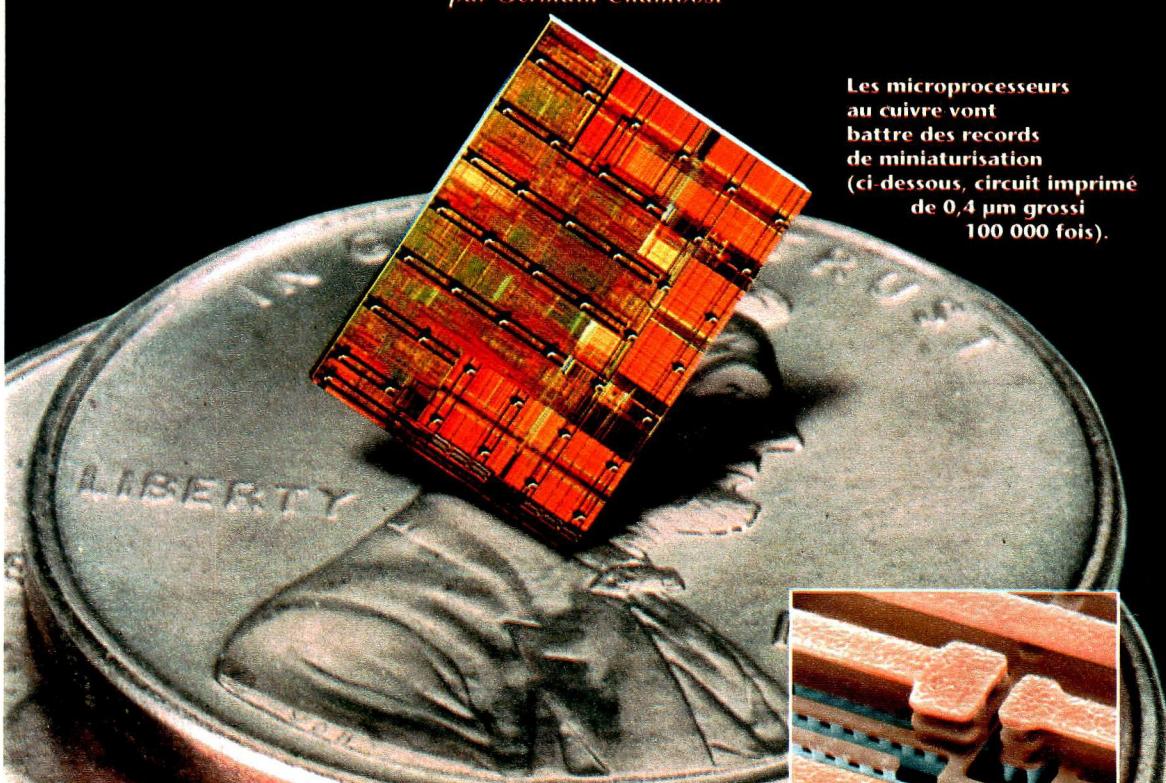


CITROËN XSARA
PLUTOT SORTIE DE VOS REVES
QUE D'UNE USINE.

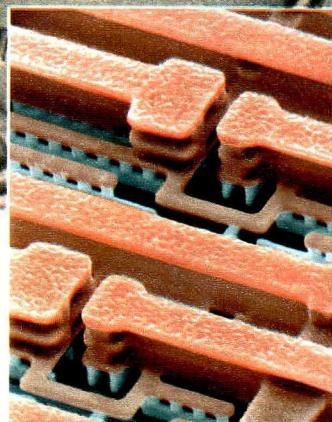
CITROËN préfère TOTAL

ACTUALITÉ TECHNOLOGIE

par Germain Chambost



Les microprocesseurs au cuivre vont battre des records de miniaturisation (ci-dessous, circuit imprimé de 0,4 µm grossi 100 000 fois).



Les puces se mettent au cuivre

Révolution en informatique : le cuivre

va remplacer l'aluminium sur les circuits imprimés. Objectif : progresser encore dans la miniaturisation.

Du cuivre déposé en couche mince sur un support de silicium pour fabriquer des composants électroniques : les chercheurs d'IBM ont réussi à remplacer l'aluminium, qui était jusqu'à présent le seul conducteur électrique employé sur les circuits imprimés.

Techniquement, l'aluminium donnait satisfaction. Cependant, ses performances plafonnaient, ce qui freinait la miniaturisation des transistors. Aujourd'hui, ces derniers sont larges d'un quart de micromètre ($0,25 \mu\text{m}$, soit $0,25$ millionième de mètre). Sur ces transistors,

la taille des pistes métalliques en aluminium suffit à guider les signaux électriques. Mais, demain, il faudra réduire encore la finesse de gravure des pistes, et les propriétés électriques de l'aluminium seront alors inadaptées.

En revanche, le cuivre, meilleur conducteur, ouvre

d'intéressantes perspectives. IBM affirme ainsi qu'à finesse de gravure égale les performances sont améliorées de 30 à 40 %. Le cuivre permet aussi de diminuer la consommation électrique des composants, atout important dans la fabrication d'appareils portatifs tels que les téléphones ou les agendas électroniques. Il est enfin meilleur marché que l'aluminium : IBM estime que le prix de revient

des puces pourrait être réduit d'au moins 20 %.

Chez Intel, numéro un mondial des composants, on tente de minimiser l'impact de l'annonce d'IBM, en expliquant qu'on ne trouvera pas de sitôt ces nouvelles puces dans les micro-ordinateurs grand public. Mais Intel, tout comme son concurrent AMD, travaille également sur la filière cuivre... Les deux sociétés espèrent voir leurs recherches aboutir dans quelques mois – un an au plus.

D. D.

3615 SCV

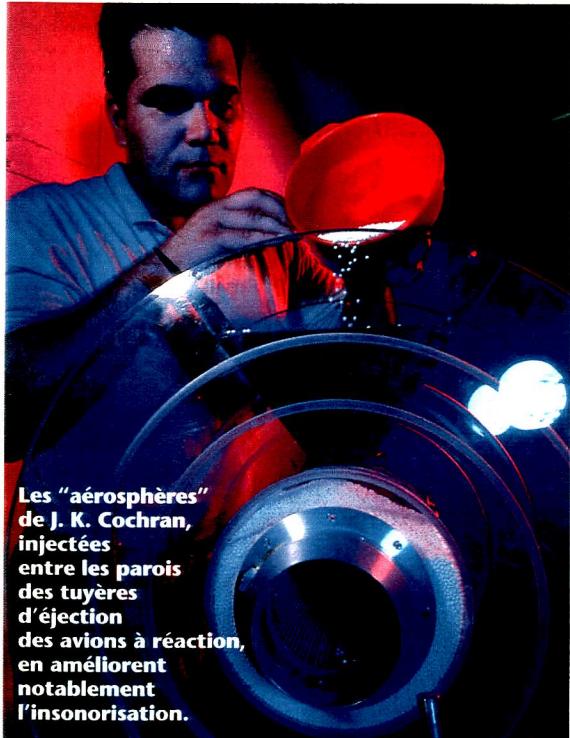
Questions/réponses
à la rédaction
(sous 24 ou 48 heures
selon complexité).

ACOUSTIQUE

Perles anti-bruit

De petites perles creuses en céramique de 1 à 5 mm de diamètre, percées en surface de trous minuscules, constituent l'un des meilleurs atténuateurs de bruit qui existent. Ces "aérosphères", du nom que leur a donné leur inventeur, Joe K. Cochran, de l'Institut de technologie de Géorgie (Etats-Unis), se révèlent d'une souplesse d'emploi incomparable.

A l'inverse des produits isolants habituels, généralement pré-formés, elles peuvent être glissées n'importe où : entre des parois, dans la structure



GEORGIA TECH

de véhicules terrestres ou d'avions, dans celle d'appareils ménagers, autour des tuyères d'éjec-

tion des moteurs à réaction, dans des couvertures en tissu, etc.

Les essais ont montré que la présence de trous en surface améliore considérablement la capacité d'absorption des perles. Autre avantage important : la céramique leur permet de résister à une température de plusieurs centaines de degrés.

ESPACE

MAIN ARTIFICIELLE SUR ORBITE

■ Les futurs astronautes n'auront sans doute plus besoin de sortir du vaisseau spatial – manœuvre toujours hasardeuse – pour effectuer des réparations ou pour se livrer à des manipulations complexes. Sous contrat de la NASA, la société

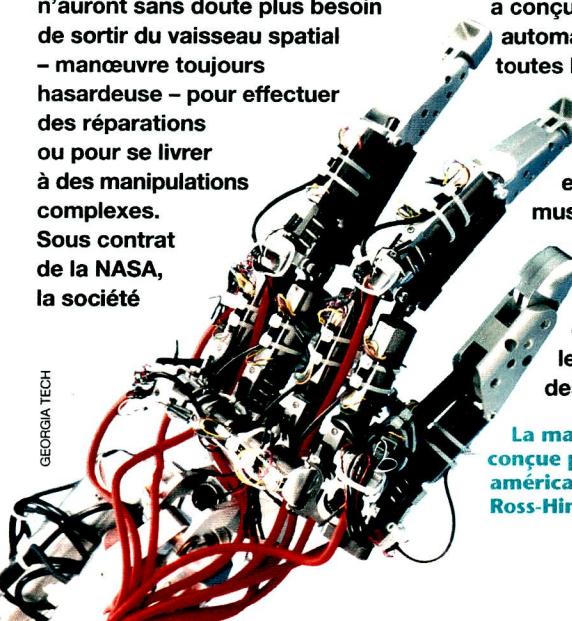
américaine Ross-Hime Designs a conçu une "main" automatique qui possède toutes les capacités

de la main humaine.

Les "phalanges" et le poignet sont mus par des mini-moteurs électriques qui reproduisent exactement les mouvements des muscles.

La main de l'espace, conçue par la société américaine Ross-Hime Designs.

GEORGIA TECH



INTERNET FRANCOPHONE

● Lycos et Excite sont deux nouveaux "moteurs" de recherche en français disponibles sur Internet. Ils complètent les "francophones" déjà connus, Yahoo et Nomade. Excite fait appel à l'association de plusieurs concepts (idée, secteur, etc.).

COMMUNICATIONS

ALLÔ SUR L'EAU

■ Grâce à son antenne multidirectionnelle asservie, le Boatfone, un téléphone satellite, fournit aux navigateurs une couverture téléphonique mondiale. Le Boatfone,

dont l'antenne est, selon son constructeur, la plus petite qui soit disponible sur le marché, a été conçu par la société américaine O'Gara en vue d'une utilisation sur des embarcations de taille réduite - bateaux de course ou de pêche. L'appareil téléphonique lui-même, très compact, ne pèse que 1,3 kg.

Antenne multidirectionnelle et combiné ultracompact, tels sont les atouts du Boatfone, le téléphone maritime de la société américaine O'Gara.



EQUIPEMENTS SPORTIFS

Tribunes volantes

Pour s'adapter aux manifestations sportives qu'il accueillera, le Grand Stade de France, à Saint-Denis (banlieue parisienne), doit être doté de tribunes aisé-

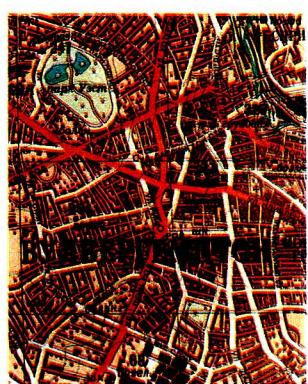
ment modifiables. Pour transformer le stade de football en terrain d'athlétisme, il faudra déplacer dix tribunes, d'un poids total de 6 000 tonnes !

Ce sera

chose possible, sinon aisée, grâce à la "technologie Bertin", mise au point voilà une trentaine d'années : des modules à coussin d'air, gonflés à l'air comprimé, seront glissés entre les masses à déplacer et le terrain, faisant "flotter" les tribunes à quelques millimètres au-dessus du sol. Dans ces conditions, une masse de 1 tonne peut être déplacée à la main...



Les tribunes du Grand Stade de France seront déplacées sur des coussins d'air.



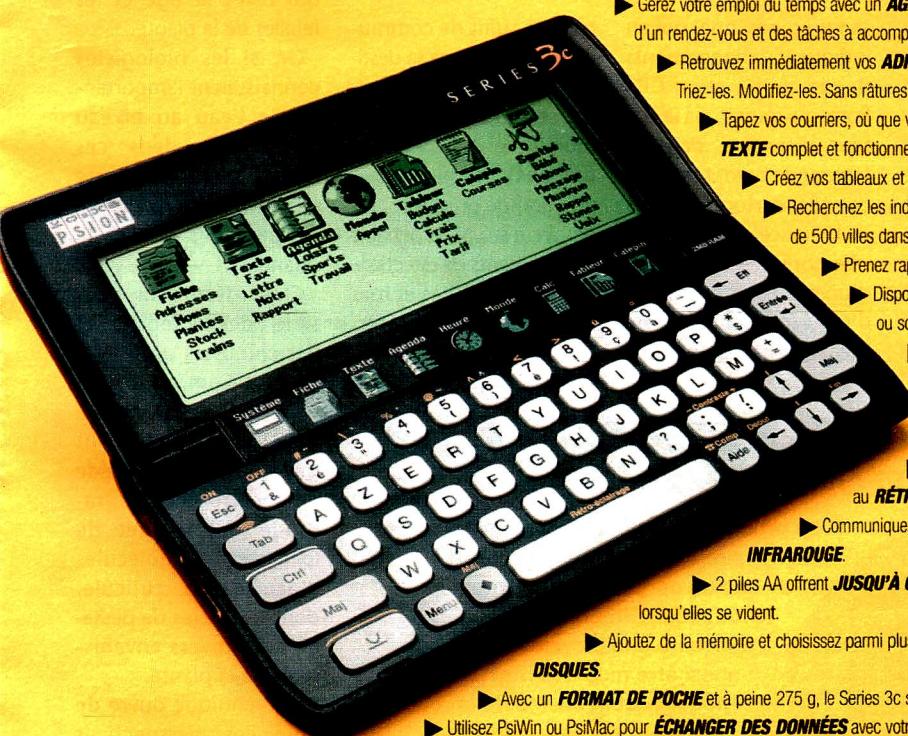
LES IMAGES DE LA GUERRE FROIDE

■ Au fur et à mesure que s'ouvrent les archives, on découvre à quel point l'ex-URSS avait minutieusement préparé une éventuelle invasion de l'Europe de l'Ouest. L'Armée rouge et le KGB disposaient de documents extrêmement détaillés sur les divers pays occidentaux. Des archivistes britanniques se sont étonnés du luxe de précisions géographiques qui figurent sur des cartes du comté des West Midlands – par exemple, ce plan de Wolverhampton, près de Birmingham. Le collationnement de ces détails a dû exiger une somme de travail énorme...

DÉPASSÉ



SANS LIMITES



- Gérez votre emploi du temps avec un **AGENDA** qui vous prévient de l'approche d'un rendez-vous et des tâches à accomplir.
- Retrouvez immédiatement vos **ADRESSES**, numéros de téléphone, contacts, etc. Triez-les. Modifiez-les. Sans ratures.
- Tapez vos courriers, où que vous soyez, sur un vrai **TRAITEMENT DE TEXTE** complet et fonctionnel.
- Créez vos tableaux et vos graphes avec le **TABLEUR**.
- Recherchez les indicatifs téléphoniques et fuseaux horaires de plus de 500 villes dans le **MONDE**.
- Prenez rapidement des notes sur le **CALEPIN**.
- Disposez d'une **CALCULATRICE** classique ou scientifique.
- Passez le temps et testez votre chance avec un **JEU** de réussite.
- Enregistrez, écoutez vos **MESSAGES** et transformez-les en alarmes personnalisées.
- Illuminez l'écran dans l'obscurité grâce au **RÉTRO-ÉCLAIRAGE**.
- Communiquez avec imprimantes et autres Psion par **INFRAROUGE**.
- 2 piles AA offrent **JUSQU'À 60 HEURES D'UTILISATION** et vous alertent lorsqu'elles se vident.
- Ajoutez de la mémoire et choisissez parmi plus de 3000 logiciels grâce aux **LECTEURS DE DISQUES**.
- Avec un **FORMAT DE POCHE** et à peine 275 g, le Series 3c s'emmène partout.
- Utilisez PsiWin ou PsiMac pour **ÉCHANGER DES DONNÉES** avec votre PC ou votre Mac.
- Des possibilités sans limites. A partir de **2990 F TTC**.

PSION
SERIES 3c

Avec vous. Partout.
<http://www.psion-fr.com>

PRINCIPAUX POINTS DE VENTE : Auchan, Boulanger, Boutiques Aéroports de Paris, FNAC, Galeries Lafayette, Hypermédia, Métro, Surcouf, certains magasins BHV et Printemps et les Centres Agréés Psion.

* Version 2 Mo uniquement.

DOCUMENTATION GRATUITE AU 01 53 41 12 36



DR

AUTOMOBILE

Laissez-vous guider...

Tous les modèles de la gamme Mercedes vendus en France peuvent désormais être équipés du système de navigation Alpine. Celui-ci fonctionne grâce aux données de quatre précieux auxiliaires : le GPS, qui transmet par satellite la position du véhicule ; un odomètre, qui mesure sa vites-

se ; un gyroscope, qui en indique les changements de direction ; et un CD-Rom, qui fournit, via le lecteur incorporé dans le tableau de bord, toutes les données cartographiques de la France.

Le conducteur dispose d'une télécommande et d'un écran de contrôle avec haut-parleur incorpo-

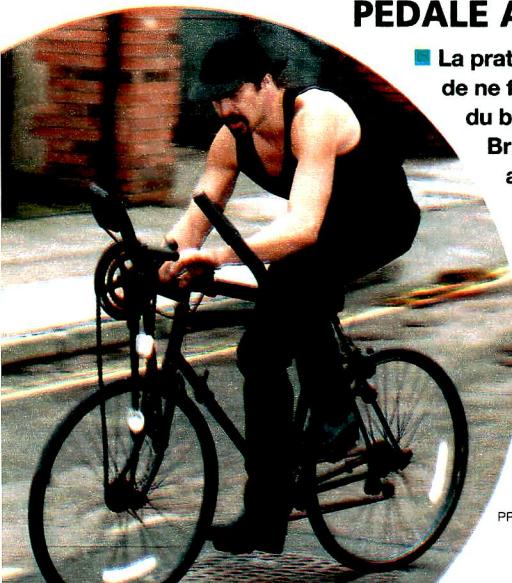
ré. Il lui suffit de communiquer au système sa destination, et une voix féminine, secondée par l'écran (qui affiche toutes les informations), le guide avec une grande précision : itinéraire à suivre, prochains changements de direction, autoroutes, routes et rues à emprunter, sens interdits, carrefours...

CYCLISME

PÉDALE À MAIN...

■ La pratique du vélo a l'inconvénient de ne faire appel qu'aux muscles du bas du corps. C'est pourquoi le Britannique Simon Brindley a inventé une bicyclette qui peut aussi être mue à la main. Le pédalier et la chaîne de la roue arrière sont classiques, mais la roue avant est, elle aussi, équipée d'un pédalier, placé au niveau du guidon, qui permet de pédaler... avec les mains.

Le vélo du Britannique Simon Brindley muscle les jambes et les bras.



PPCM

BIOLOGIE VÉGÉTALE

Les plantes auscultées sous infrarouge

À contact de l'air, les plantes sont soumises à des agressions physiques, chimiques ou biologiques dues aux polluants, aux pesticides ou simplement à la chaleur. L'absorption (ou la désorption, c'est-à-dire le rejet) de ces polluants s'effectue à travers la "peau", appelée cuticule, qui revêt la tige et les feuilles de la plante.

Or, si les biologistes connaissaient l'importance de l'eau au niveau moléculaire dans ces échanges entre la plante et l'atmosphère, ils ne savaient pas encore la quantifier.

C'est désormais possible : des biologistes et des chimistes travaillant pour le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), à Grenoble, ont mis au point un procédé de spectrométrie infrarouge qui permet de localiser les molécules d'eau de la cuticule, donc les "voies de passage" des divers envahisseurs de la plante.

La technique ouvre de nouvelles perspectives dans la compréhension des phénomènes de transfert des polluants et autres agresseurs, mais aussi dans celle des agents bénéfiques, tels que les éléments nutritifs des plantes.



**Tu voulais le voir pour le croire,
voici comme promis un Poussin
avec toutes ses dents.**

Si vous voulez trouver quelqu'un de passionné par votre passion.

Mot de passe

Wanadoo

L'Internet par France Télécom

Que vous soyez un mordu de cuisine, de motos, ou encore un collectionneur de timbres ou de boîtes à camembert éditées en 1963, avec l'Internet, vous trouverez forcément des gens à qui parler. Le tout est de savoir comment accéder à l'Internet. Avec Wanadoo, vous possédez le **mot de passe** qui vous donne accès à tout l'Internet. Vous disposez d'un **kit de connexion en français**, accompagné d'un guide d'utilisation détaillé et pratique, d'une **adresse électronique personnalisée** et du **Carnet d'adresses** (annuaire "E-mail"). Vous bénéficiez en outre d'une **assistance téléphonique** pour répondre à toutes vos questions.

Pour vous abonner, rendez-vous dans votre agence France Télécom et aux rayons micro de la plupart des grandes surfaces et magasins spécialisés ou bien composez le **N_{AN} 01 63 34 34**, ou tapez le **3615 Wanadoo** (0,85 F ttc/min), ou www.wanadoo.fr. Pour tout savoir sur l'Internet par France Télécom, renvoyez le coupon ci-dessous à l'adresse indiquée ou faxez-le au **01 44 10 44 00**.

Service Clients Wanadoo - BP 578 - 75726 Paris Cedex 15

Nom : Prénom :

Adresse :

Code Postal : Ville : S. et V.



Nous allons vous faire aimer l'an 2000.



**France Telecom
Interactive**

AUTOMOBILE

Le robot défie les pilotes

Dans le DARDS il n'y a pas de conducteur... Le "démonstrateur autonome à rapidité de déplacement pour la surveillance" est un véhicule capable de se mouvoir seul ou bien guidé à distance.



DARDS est un programme de recherche mené conjointement par la Délégation générale pour l'armement (DGA) et des industriels tels que Dassault Electronique.

Pour démontrer grandeur nature la validité du projet, ses responsables aimeraient engager leur véhicule dans une compétition automobile. Catherine Fargeon, de la DGA, estime ainsi que DARDS pourrait valablement se mesurer à des véhicules pilotés, par exemple dans une course de côte.

Cette drôle de machine sans pilote est capable de se déplacer sur un terrain connu et d'en contourner les obstacles. Mais elle peut aussi être "télé-opérée" : grâce aux images du ter-

DARDS, le véhicule mis au point par la DGA et des industriels, tels que Dassault Electronique, peut rouler sans conducteur à bord.

rain que lui envoient des caméras fixées sur le véhicule, un opérateur contrôle la mobilité du robot dans les zones non connues ou qui comprennent des obstacles complexes, nombreux et mobiles. La course de côte semble donc bien être la compétition idéale pour le DARDS en mode téléguédié.

Le véhicule actuel, un 4 x 4 qui se déplace à la vitesse maximale de 100 km/h, jouit en outre d'un avantage considérable sur ses concurrents "habités" : il peut rouler en permanence en limite de stabilité, grâce à des cap-

UN RADAR D'AVION DANS LA VOITURE

● Thomson-CSF étudie un radar anti-collision pour véhicule terrestre, utilisant les techniques de traitement de signal développées pour les radars de conduite de tir sur avion de combat. Compact, installé à l'avant du véhicule, le radar détecte en continu, quelles que soient les conditions météorologiques, toutes les voitures qui se trouvent dans son champ de vision. Il détermine la distance, la position angulaire et la vitesse relative de chaque voiture par rapport au véhicule qui en est équipé. Il sélectionne ensuite la voiture la plus "menaçante" dans un rayon de 150 m, et la signale au conducteur, ainsi que sa vitesse, à 0,2 km/h près. S. B.

ARMEMENTS

BOUCLIER CONTRE OBUS

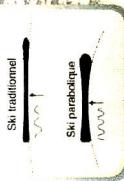
■ Pourquoi ne pas opposer un bouclier mobile à un projectile qui se dirige vers une cible ? Les chercheurs du Lawrence Livermore National Laboratory, en Californie, ont mis au point et breveté le Defender, un système qui lance des disques de matériaux composites, semblables à un gilet pare-balles modèle réduit. Le projectile est détecté par un senseur infrarouge, la trajectoire est calculée, et l'éjection du disque est commandée pour qu'il vienne se placer devant l'obus.

Le ski du 21^{ème} siècle ?

Le ski vit de profonds changements. A l'origine de cette évolution, la naissance des paraboliques qui s'affirment comme les skis de demain.

Une nouvelle forme de ski pour de nouveaux plaisirs.

Les skis paraboliques, c'est une différence de largeur importante entre spatule et patin. Le rayon de virage devient plus court. L'impression de facilité est totale. Vous tournez mieux et plus vite quel que soit votre niveau. Désormais, votre façon de skier va changer.



Le rayon de virage
devient plus court...

Des sensations accessibles à tous !

Chez Rossignol, les skis paraboliques sont une occasion unique de faire accéder tous les skieurs aux plus belles sensations de glisse. Alors pourquoi attendre demain pour les essayer ?

Choisissez la bonne taille.

A skis différents, sensations différentes. Pour tirer pleinement partie de la facilité procurée par les paraboliques, choisissez-les plus courts que vos skis habituels. N'hésitez pas à demander conseil à votre revendeur.

Encore plus de plaisir !

Découvrez tous les plaisirs du carving avec l'aide des moniteurs de l'École du Ski Français.



TOON Des paraboliques pour carver.

La forme creusée des skis paraboliques est particulièrement adaptée à la technique du carving. Inspiré du snowboard, le carving est une nouvelle manière d'aborder la piste. Finis les dérapages. Ici, le virage est coupé. On enchaîne les courbes rapidement, naturellement et l'on peut même aller jusqu'à toucher la neige avec ses mains. Avec la famille TOON, Rossignol fait plaisir aux carveurs de tous niveaux.



PACHA Des paraboliques pour s'évader.

Avec Rossignol, la forme parabolique est également au service d'un ski axé sur la découverte. Les PACHA offrent une nouvelle façon de vivre la montagne. Quels que soient la neige et le terrain, les sensations de glisse se conjuguent avec facilité et plaisir immédiat. Sentiments de confort et de fluidité absolu : les PACHA sont un vrai bonheur à découvrir d'urgence...



9X Des paraboliques pour attaquer.

Plus de stabilité, engagement plus radical en entrée de courbe, passage carre sur carre encore plus rapide... L'exigence de la compétition a donné naissance à un parabolique de haut niveau : le 9X. Champion du Monde et vainqueur de la Coupe du Monde de Géant 96/97 aux pieds de Michael von Gruenigen, il est le ski idéal pour découvrir les sensations des meilleurs géants mondiaux.



Découvrez l'offre parabolique Rossignol
dans votre magasin de sport.

ROSSIGNOL

<http://www.skirossignol.com>

**AUTOMOBILE**

Assurance tous risques

Le centre de recherche des assurances britannique, situé à Thatcham, dans le Berkshire, étudie toute une série de moyens destinés à dissuader les voleurs de voitures. Le

véhicule pourrait être équipé d'un émetteur de fumée ou de gaz lacrymogène se déclenchant en cas d'intrusion (dessin ci-dessus, ①). Ou d'un haut-parleur qui lancerait au voleur

des insultes ② (dont la liste reste à imaginer...) et avertirait ainsi le voisinage de la tentative de vol. Ou encore d'un appareil photo miniature caché dans l'habitacle ③... On pourrait planter le long des rues des bornes munies d'avertisseurs à destination de la police ④. Ou équiper la voiture d'une commande à distance grâce à laquelle la victime, s'apercevant de la disparition de son véhicule, couperait le contact en composant un code chiffré à partir d'une cabine téléphonique ⑤.

Sans parler d'un système électronique de repérage permettant de suivre la voiture "à la trace" et de la récupérer ⑥. Dans quel état, l'histoire ne le dit pas...

VÉHICULES ELECTRIQUES

ELLE FABRIQUE SON CARBURANT...

■ Innovation de Daimler-Benz : sa nouvelle voiture électrique NECAR 3 (New Electric Car). Au lieu de transporter de l'hydrogène liquide pour alimenter la pile à combustible qui, avec l'oxygène de l'air, fournit l'électricité nécessaire à sa propulsion, NECAR 3 fabrique son hydrogène à partir de méthanol. Avec un plein de 40 litres de ce gaz, NECAR 3 peut parcourir 400 km. Pratiquement sans émettre de polluant...



UN TOTEM CONTRE LE SIDA

● Issy-les-Moulineaux (Hauts-de-Seine) est la première ville à s'équiper d'une borne Totem, qui présente l'ensemble des moyens de lutte contre le sida et l'hépatite C. Sur cette borne, on trouve un distributeur de préservatifs à 1 F pièce, du matériel d'injection stérile – le Stéribox – pour les toxicomanes, un conteneur de récupération des seringues usagées, ainsi que des adresses pour la prise en charge des malades du sida et des toxicomanes. Totem est toujours implantée à proximité d'une pharmacie ou d'un centre de soins. Le pharmacien donne à tout acheteur d'un Stéribox un jeton qui lui permet de s'en procurer un autre à la borne.



ACHAT À LA BORNE

● La société Casino décidera bientôt si elle généralise l'expérience de sa borne d'achat interactive – expérience menée dans six supérettes de la région Rhône-Alpes. Via un écran tactile, les clients peuvent commander du linge, de l'électroménager, des places de spectacles, de la vaisselle, des voyages, etc. Les produits, décrits sur des fiches dans tous les détails, sont livrés au client trois jours plus tard.

PATRIMOINE

Toilette au laser

Développé dans le cadre d'un programme de recherche européen, le laser LAMA va accroître les possibilités de nettoyer au laser les sites, les édifices, les monuments, les statues, etc. Avantage principal : ce toiletteage n'est pas abrasif et n'endommage pas le calcaire, croûte qui recouvre la surface des pierres exposées aux intempéries.

Autre atout de cette technique : le rayon est concentré dans quatre fibres optiques, ce qui augmente la surface d'impact



Le
laser
LAMA
nettoie
les œuvres
d'art sans les détériorer.

et autorise une répartition homogène et constante de l'énergie délivrée au point de traitement. De plus, l'emploi de fibres optiques permet à l'opérateur, muni d'une sorte de pistolet, de travailler à distance du laser propre-

ment dit, les fibres pouvant être déroulées jusqu'à 30 m de l'équipement.

● Ont collaboré
à cette rubrique :
Serge Brosselin
et Denis Delbecq.

Bulletin d'abonnement à SCIENCE & VIE

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



12 mensuels
+ 4 hors série
trimestriels de
SCIENCE & VIE
+ en cadeau
la calculatrice
scientifique pour
296 francs
seulement

Extra plate,
multifonctions,
affichage de 10 chiffres.
Dim. 12,5 x 7,5 cm.

Oui

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

● je règle la somme de **296 francs** seulement et je recevrai en cadeau
de bienvenue la calculatrice scientifique** de SCIENCE & VIE.

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

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

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1997 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE METROPOLITAINE.
Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 17

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

Mieux que des ailes pour s'évader...



154 TESTA

A partir de

Lancia Y 57 900F* Envie de vous changer les idées ?
Commencez une collection de Lancia Y.

Cela vous emmènera loin des lieux communs automobiles. Chez Lancia, l'imagination a des ailes. Elle se décline en 112 teintes* au choix avec le principe Kaleidos. 112 manières de mettre en valeur une ligne qui elle, est unique. La Lancia Y est une belle expression du style Lancia. Tout y est : élégance, originalité, confort, qualités routières, maniabilité. A partir de 57 900F*, faites un geste pour la route : mettez de la couleur et du rêve en circulation.

*Modèles présentés : Lancia Y 1.1 bleu "Métro" 57 900F. Lancia 1.2 16v LN vert "Montana" 101 600F. Prix au 01.07.97. A.M.93. **Selon versions.

une Lancia Y bleu atoll, vert lagon, vert oasis...



Photos non contractuelles

Lancia
MOTOR ON

3615 Lancia (1.297 mm) et Lancia sur Internet : www.lancia.com

Lancia  **Il Granturismo**
*Lancia. Le Grand Tourisme.

par Philippe Chambon

En favorisant la prolifération des moustiques, le phénomène climatique El Niño provoquerait des épidémies de paludisme.

El Niño courant d'infections

L'ampleur exceptionnelle des bouleversements climatiques que provoque El Niño dans les régions tropicales semble avoir de graves répercussions sur la santé.

Les modifications du climat imputées au courant chaud El Niño (voir *Science & Vie* n° 962, p. 88) inquiètent les médecins. Tous les deux à sept ans environ, lorsque survient ce réchauffement de l'océan Pacifique, les épidémiologistes observent la résurgence de certaines maladies transmissibles. Or, cette année, El Niño atteint une ampleur inégalée.

En 1993, les chercheurs ont remarqué que la recrudescence, en Australie, d'encéphalites virales

transmises par les moustiques *Culex* était associée à El Niño, de même qu'une épidémie de polyarthrite due à un arbovirus. Le fameux courant serait également responsable de l'épidémie d'"encéphalite japonaise" de 1973 en Inde, et de l'épidémie de "fièvre de la vallée du Nil" dans le Sud de l'Afrique en 1974. Il favoriserait aussi la diffusion de la dengue, fièvre tropicale provoquée par un arbovirus.

En Equateur, en Bolivie, au Pérou, mais aussi au

Pakistan, les épidémies recurrentes de paludisme seraient dues à la prolifération des moustiques qui entraînent les fortes précipitations et le réchauffement liés à El Niño.

Autre maladie influencée par les perturbations climatiques : le choléra. Capable de survivre plus de cinquante jours dans l'eau de mer, le vibron cholérique dispose en abondance de nutriments organiques lorsque les eaux se réchauffent.

Les répercussions du

courant sur la santé ne concernent pas les seuls vecteurs des maladies transmissibles. Son impact négatif sur les cultures réduit l'accès aux médicaments des populations rurales les plus pauvres et peut aggraver la situation des populations sous-alimentées. C'est le cas dans les régions où ce phénomène climatique complexe provoque une sécheresse anormale – en Indonésie, par exemple.

3615
SCV

Abonnez-vous
sur minitel !
(mot clé ABON,
puis ENVOI).

TUBERCULEUX INCARCÉRÉS

● En sept ans, le nombre de cas de tuberculose a augmenté de 20 % aux Etats-Unis (35 % chez les enfants). Contre la recrudescence du fléau, les autorités californiennes lancent un programme de "confinement" des malades. Plusieurs dizaines de tuberculeux ont été mis en détention parce qu'ils ne suivaient pas leur traitement. Les désobéissants sont incarcérés dans les hôpitaux des prisons ou dans des hôpitaux psychiatriques. De son côté, l'Etat du Massachusetts détient des malades dans un sanatorium. Ils sont récompensés de leur bonne observance du traitement par des "priviléges" dont le plus élevé consiste à avoir le droit de sortir... Le pays de la liberté ne craint pas les contradictions.

ANTIBIOTHÉRAPIE

Le retour de la peste ?

Pour la première fois, une souche de *Yersinia pestis* (bactérie responsable de la peste) s'est révélée invulnérable à tous les antibiotiques recommandés par l'Organisation mondiale de la santé. Les gènes de résistance ont été mis en évidence sur un fragment de chromosome, le plasmide, que la bactérie aurait acquis par contact avec une entérobactérie – soit dans la circulation sanguine de l'hôte infecté, soit dans le tube digestif de la puce qui transmet l'infection.

Baptisée *Y. pestis* 17/95, la souche a été décrite dans le *New England Journal of Medicine* par trois équipes de l'Institut Pasteur dirigées par Patrice Corvalin. C'est à Madagascar qu'elle a été isolée, chez un sujet atteint de peste bubonique. Le

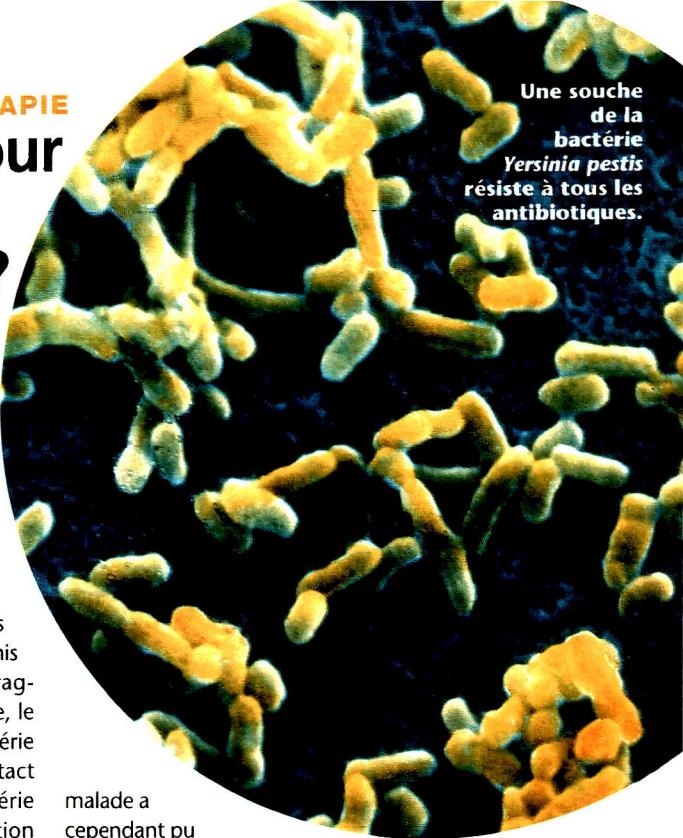
malade a cependant pu être sauvé, grâce à quelques molécules (céphalosporines, quinolones, triméthoprim) encore actives contre la bactérie.

Ces constatations sont

très inquiétantes, car *Y. pestis* est l'une des espèces bactériennes les plus pathogènes pour l'homme.

P. R.

Une souche de la bactérie *Yersinia pestis* résiste à tous les antibiotiques.



NÉPHROLOGIE

UN REIN DE SECOURS

■ Ce rein artificiel, à l'étude à l'université du Michigan (Etats-Unis), contient un système de filtration et des cellules rénales en culture.



PHYSIOLOGIE

La coca, c'est bon pour travailler

Mâcher des feuilles de coca – donc ingérer une certaine quantité de cocaïne – permet de soutenir un effort prolongé et stimule le système respiratoire. La circulation sanguine est améliorée, et le nombre de globules rou-

ges augmente. Cependant, cette mastication n'accroît pas les capacités physiques et ne coupe pas l'appétit. C'est ce qui ressort d'une étude franco-bolivienne sur les populations andines consommatrices de coca.

Précisons cependant que les doses ingérées par les Andins sont nettement inférieures à celles que s'administrent les amateurs de cocaïne raffinée, laquelle est toujours mélangée à d'autres produits, parfois plus dangereux encore...

PALUDISME À LA FRANÇAISE

- En hausse de 20 %, le paludisme a frappé en 1996 plus de 5 000 Français (dont une vingtaine sont morts).

Le parasite est contracté au cours de voyages dans les zones endémiques de la planète.

Dans la moitié des cas, les accès de fièvre surviendraient chez des individus qui ont mal suivi la chimoprophylaxie recommandée.

DANGER, ROUGEOLE

- Un risque théorique d'épidémie de rougeole a conduit le Comité français d'éducation pour la santé à recommander d'administrer le vaccin ROR (rougeole, oreillons, rubéole) dès l'âge de 6 ans.



J. AZEL/AURORA/COSMOS

NEUROLOGIE

L'épilepsie empêchée

Ce jeune homme est épileptique. Ses crises sont si fréquentes qu'il ne pouvait faire de sport, monter à vélo ou même traverser la rue. Jusqu'à ce

que Cybertronics, une société de Webster (Texas), mette au point un implant que le malade peut déclencher dès les premiers symptômes.

Ce stimulateur, qui vient d'être commercialisé aux Etats-Unis, agit sur le nerf vague (nerf crânien qui irrigue les bronches, le cœur, l'appareil digestif et les reins), ce qui a pour effet d'arrêter la crise d'épilepsie. La maladie subsiste, mais ses conséquences sont assez limitées pour autoriser une vie normale. Il semble que les effets secondaires (toux, fatigue, essoufflement) qu'entraîne la stimulation soient moins pénibles que ceux des antiépileptiques classiques.



Implanté sous la peau, ce stimulateur (à commandes au poignet) permet d'enrayer les crises d'épilepsie.

K. TAKAHASHI/IMPACT VISUALS/COSMOS

LES DUO'S DE CHLOÉ :

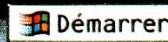
CHLOÉ A ACHETÉ
ENCYCLOPÉDIE ENCARTA
ET CHOISI NBA FULL
COURT PRESS

	UN ACHEté...
	Encyclopédie Encarta® 98
	Atlas Mondial Encarta® 98
	Flight Simulator 98
	SideWinder™ Force Feedback Pro
	Home Essentials 97
	Home Essentials 98
	Works 4.5
	Publisher 97
	Money Suite Financière 98
	AutoRoute Express™ Europe 98
	Age of Empires™
	Close Combat 2.0
	SideWinder™ Precision Pro
	SideWinder™ game pad
	IntelliMouse™
	Mouse 2.0
	IntelliMouse™ TrackBall
	Office Etudiants/Enseignants



	...UN OFFERT
	Civilisations Antiques
	Galerie d'Art
	Le Monde des Avions
	Les Instruments de Musique
	Mon Atelier d'écriture 2.0
	Close Combat 1.0
	Golf 3.0
	Picture It !™ 1.0
	Mon Atelier de Cinéma en 3D
	NBA Full Court Press™ 3.0

Versions 97



**les
DUO'S**

DU 1^{er} OCTOBRE AU
15 JANVIER

Achetez le premier, le deuxième est offert* !

"Chez nous, l'ordinateur familial est surtout à mon père et mon frère. Du coup pour Noël c'est tout trouvé : j'achète l'Encyclopédie Encarta 98 pour papa, et contre 31 francs de participation aux frais, je reçois sous huit jours NBA Full Court Press 3.0 pour Thomas. D'accord, ça fait deux cadeaux pour le prix d'un, mais j'ai tellement de choses à acheter pour moi...". C'est à partir de maintenant et c'est jusqu'au 15 janvier 1998. **Les Duo's : assemblez-les comme vous voulez.**

Microsoft®

Jusqu'où irez-vous ?™ www.microsoft.com/france/lesduos/

* Participation aux frais : 31 francs.

BIOLOGIE

Le Nobel de la vache folle

Le prix Nobel de médecine 1997 récompense l'Américain Stanley Prusiner pour sa découverte, en 1982, d'une protéine qu'il a baptisée prion.

Les conclusions qu'il tire de cette découverte sont, elles, toujours en discussion. Selon Prusiner, lorsque cet agent infectieux est anormal, il entraîne la déformation des prions normaux en prions pathologiques, qui s'accumulent dans le cerveau. Ce phénomène serait à l'origine de l'encéphalopathie spongiforme, la fameuse maladie de la vache folle.

Si Prusiner a raison, c'est une véritable révolution en biologie : il aurait démasqué le premier agent infectieux dépourvu

d'ADN ou d'ARN. Mais, bien que le prion soit clairement impliqué dans cette maladie, il n'est pas certain qu'il en soit le seul responsable (voir *Science & Vie* n° 960, p. 58).

En outre, il n'était pas clairement établi que l'encéphalopathie spongiforme des bovins fut bien la même affection que la nouvelle forme de la maladie de Creutzfeldt-Jakob observée chez l'homme. Deux études récentes abondent aujourd'hui dans ce sens. L'une montre que la maladie des animaux est bien la même que celle des



Stanley Prusiner a reçu le prix Nobel de médecine 1997 pour la découverte du prion.

hommes, et qu'elle peut se transmettre de l'homme à l'animal, au moins par injection. L'autre conclut que le même agent infectieux peut être à l'origine des maladies bovine et humaine.

La contamination par l'alimentation est encore inexpliquée, et personne ne sait combien d'êtres humains ont été infectés ni quelle serait l'ampleur

EN MANQUE DE FER

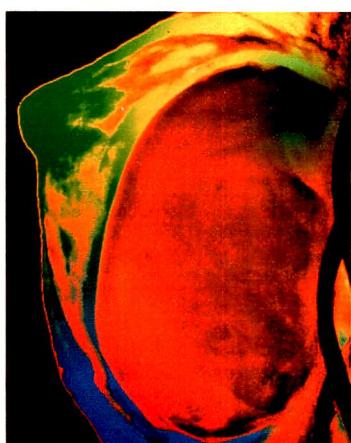
- Environ 20 % des femmes de moins de 60 ans ont un déficit en fer. Les résultats de l'étude française Epifer précisent que cette proportion atteint 28,1 % chez celles qui portent un stérilet ; 5,8 % de ces dernières souffrent d'anémie "ferriprive". Inutile de se ruer sur les épinards pour se soigner, les légumes verts ne contiennent qu'un faible taux de fer. Mangez plutôt de la viande et de la charcuterie !

LE SPORT NE DONNE PAS FAIM

- Il n'y aurait aucun lien entre le nombre de calories brûlées au cours d'exercices physiques et le nombre de calories absorbées au cours des repas. Des chercheurs de l'université de Leeds (Grande-Bretagne) ont soumis huit volontaires à un programme de gymnastique intensive. Résultat : ils mangeaient tout autant les jours d'exercice que les jours de repos. P. R.

IMPLANTOLOGIE

LES PROTHÈSES MAMMAIRES ATTAQUENT LE CERVEAU



GCa/CNRI

■ Les prothèses mammaires à base de silicium entraîneraient l'accroissement du risque d'attaque cérébrale et d'un syndrome ressemblant à la sclérose en plaques. C'est ce qu'affirment Saul Puszkin et Britta Ostermeyer, neurologues à l'université Columbia (New York). Ces travaux américains ne convainquent pas les chercheurs français. Dans le doute, la France a néanmoins interdit par un arrêté, le 30 mai 1997, la fabrication et la commercialisation de ces prothèses. P. R.

● A collaboré à cette rubrique : Pierre Rossion.

Voyagez léger!



Appelez-nous vite au:

01 41 97 93 22

Visitez notre site Internet
www.fujitsu-computers.com

Fujitsu
LifeBook™ 656Tx

Processeur Intel
Pentium® 150MHz
avec technologie MMX™

32Mo de mémoire
SDRAM

Mémoire vidéo de
1,2Mo VRAM avec
accélérateur graphique
PCI de 128bit

2 ports PCMCIA
de type II

Port Zoomed Vidéo

Batterie Lithium Ion

Suite de logiciels
RoadOffice

Unité d'extension
multimédia

Microsoft® Windows™ 95

Garantie 3 ans
Internationale

Son poids de 1,9kg et son épaisseur de 28mm font du Lifebook de la série 600 l'un des plus légers et plus fins des ultraportables que vous pouvez trouver sur le marché.

Grâce à son unité d'extension multimédia comprenant un lecteur CD-ROM 16x, un lecteur de disquettes et des haut-parleurs intégrés, vous pourrez faire des présentations où vous le désirez!

LE LOGO INTEL INSIDE, PENTIUM ET MMX SONT DES MARQUES DÉPOSÉES OU DES APPELLATIONS D'INTEL CORPORATION.

Pour plus d'informations, veuillez contacter: FUJITSU-ICL Computers S.A., Immeuble-Optima,
8 rue Godefroy, 92822 Puteaux cedex, France. Tél: 01 41 97 93 22 Fax: 01 41 47 90 80

LIFEBOOK

Nom _____ Prénom _____

Titre _____

Société _____

Adresse _____

Code Postal _____

Tél _____

Fax _____



S.V. 28.11.97. LB5

FUJITSU

PCs • NOTEBOOKS • SERVERS

ILES LOFOTEN (NORVÈGE) - TEMPÉRATURE : -20°C - VENT : FORCE 3



Henrik Flagstad le vérifie tous les jours : parce qu'ils sont nés de la montagne, les vêtements Eider affrontent victorieusement les climats les plus hostiles et les plus imprévisibles. Le blouson ROXY, par exemple,

avec col enveloppant et capuche intérieure, est construit en Defender : la membrane haute protection exclusive Eider.

Celle-ci lui confère une étanchéité, une respirabilité et une stabilité telles qu'il bénéficie... d'une garantie de 3 ans !

Rusé comme un renard des neiges, il est doté d'une jupe intérieure d'étanchéité et de renforts en Cordura (100 % polyamide) au niveau des épaules et des reins.

Et comme il a le sens du détail, il dispose d'un cordon élastiqué hydrophobe à la base et toutes ses coutures sont étanchées par bandes thermo-soudées.

Résultat : une extrême protection... de 0 à 8848 mètres !

Alors entre une expédition en Norvège, un ski-raid à Chamonix ou tout simplement un ride en surf, à vous de décliner ce que vous allez en faire !



Lorsqu'il rentre du bureau, Henrik Flagstad
garde toujours son costume trois-pièces
pour aller flâner en ville.

EIDER
ACTION WEAR
D E O A 8 8 4 8 M E T R E S

L'affaire des GRENOUILLES SANS TÊTE

■ Fabriqués en Grande-Bretagne, des têtards sans tête ouvrent-ils la voie à la création d'une banque d'organes issus d'embryons humains? Hypothèse effrayante... Est-elle vraiment utopique?

PAR PHILIPPE CHAMBON

La nouvelle est spectaculaire : l'embryologiste britannique Jonathan Slack a fabriqué, par manipulation génétique, des grenouilles sans tête qu'il a pu maintenir en vie pendant une semaine. La découverte fait la «une» du *Sunday Times* de Londres. En France, l'information est reprise par les grands quotidiens et par les radios nationales.

Selon Jonathan Slack, ses travaux s'appliqueront tôt ou tard à l'homme, et ils serviront à mettre au point une machine destinée à produire des organes humains qu'on pourra greffer. Jugeant moralement indéfendable d'élever des embryons humains viables afin qu'ils fournissent des organes, le chercheur pense que sa méthode permettrait de contourner cet écueil, puisqu'il s'agirait de reprogrammer génétiquement les embryons humains afin de laisser croître seulement les tissus ou les organes dont on a besoin. Selon lui, il ne reste plus qu'à surmonter des obstacles techniques.

Impatients d'en savoir plus, nous cherchons à joindre le responsable de ce projet fou. Jonathan Slack,

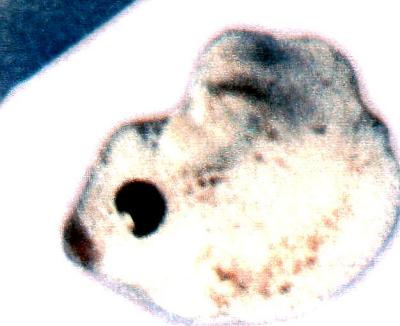
scientifique de renommée internationale, ne répond pas. Sa secrétaire nous renvoie vers le service des relations publiques de l'université de Bath. La réponse est surprenante : « Depuis hier, nous sommes assaillis d'appels en provenance du monde entier. C'est très embêtant, parce que l'article qui décrit les premières grenouilles sans tête remonte à plus de dix ans. » Alors, pourquoi cette annonce tonitruante? La jeune femme poursuit : « BBC 2 diffuse demain un reportage sur le clonage, dans lequel Jonathan Slack est brièvement interviewé, et la chaîne a mis l'accent sur

son intervention aux accents futuristes. »

Le *Sunday Times* mord à l'hameçon. On envoie chez le chercheur un photographe qui lui tire le portrait devant un aquarium plein de grenouilles (avec tête). Audience garantie pour la BBC...



UNIV. OF BATH



Depuis plus de dix ans, les embryologistes fabriquent des têtards sans tête (à gauche) ou sans queue (à droite) pour étudier les processus du développement embryonnaire. Jonathan Slack (ci-dessus), un embryologiste de l'université de Bath, en Grande-Bretagne, propose d'appliquer ces manipulations à l'homme dans l'espoir de fabriquer des organes à greffer.

Les organes de presse de la plupart des pays européens répercutent l'information, avec pour seule caution la bonne réputation du journal anglo-saxon.

Jusqu'à ce que quelques petits détails viennent freiner l'enthousiasme :

le *Sunday Times* ne fait référence à aucune publication scientifique et reste très évasif sur les conditions de survie des grenouilles sans tête. Et pour cause : en fait de grenouilles, il s'agit de têtards, que sept jours séparent de leur

conception...

Quant aux récentes publications scientifiques de Jonathan Slack, aucune n'évoque de découverte capitale — ce qui, d'ailleurs, ne signifie pas que

ses travaux soient dénués d'intérêt. On lui doit notamment des recherches très fructueuses sur les facteurs de croissance.

Cette histoire de grenouilles sans tête ne serait donc pas une grande découverte ? Il semble bien que ■■■

■ ■ ■ non. Voilà plus de dix ans que de nombreux laboratoires provoquent des malformations dans des organismes vivants pour mieux comprendre leur développement. La maîtrise du développement apportée par cette connaissance permettra-t-elle de manipuler les embryons humains ? Ces monstres deviendront-ils des créatures cultivées en laboratoire pour soigner d'autres hommes ?

Avant d'en arriver là, il reste bien du chemin à parcourir, tant sur le plan scientifique que d'un point de vue technique et éthique. Actuellement, les biologistes commencent à peine à entrevoir les processus moléculaires qui dirigent le développe-

ment de l'œuf fécondé vers la constitution d'un organisme complexe. Les généticiens ont remarqué que certains gènes sont responsables de l'organisation générale des organismes. Ils gouvernent la formation des diverses parties du corps et leur position les unes par rapport aux autres. Grâce à ces gènes, la mouche drosophile a toujours la tête, le thorax et l'abdomen au même endroit. On découvre bientôt que des gènes presque identiques se retrouvent chez le xénope (grenouille africaine), chez la souris, chez l'homme – bref, dans tout le règne animal. Comme si la nature, ayant trouvé la bonne recette, l'avait réutilisée chaque fois qu'elle en avait besoin...

Ces gènes "architectes" sont dits homéotiques (du grec *homoios*, semblable). Les généticiens les ont baptisés HOM chez les invertébrés et Hox chez les vertébrés. Ils sont à ce point semblables qu'on peut remplacer les gènes HOM de la drosophile par les Hox de l'homme sans perturber le développement embryonnaire de la mouche. La manipulation inverse, certainement possible, demeure interdite par les comités d'éthique.

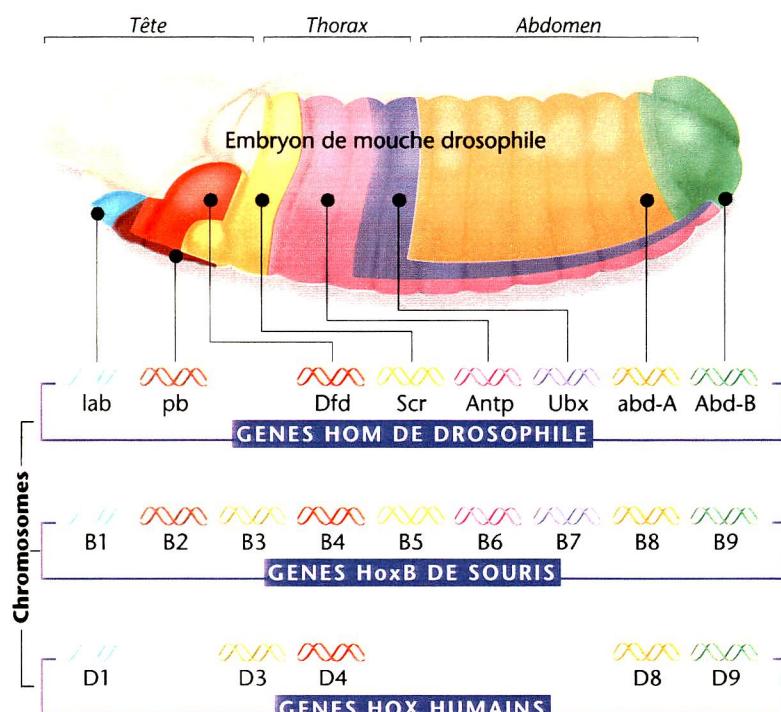
DES PATTES À LA PLACE DES ANTENNES

Lorsqu'un gène homéotique est absent ou inhibé, la protéine qui lui correspond n'est plus exprimée. Dans les cellules qui contiennent normalement un taux élevé de cette protéine, c'est un autre gène, habituellement moins actif dans ces cellules, qui impose sa propre expression. Par exemple, l'inhibition d'un gène nommé Ultrabithorax, qui ne s'exprime que dans les cellules de la partie antérieure de l'abdomen, se traduit par la prise de pouvoir du gène Antennapedia, lequel va entraîner l'apparition dans l'abdomen de structures caractéristiques du thorax. Selon les manipulations, on peut ainsi obtenir des mouches portant des pattes à la place des antennes, ou dépourvues de tête, ou dotées de deux paires d'ailes, etc. Ces gènes sont désormais bien connus, et la plupart d'entre eux ont été localisés.

Cependant, les événements qui président à leur expression à un moment précis du développement, de même que les processus qui entraînent la formation des organes tels qu'on les observe chez un adulte, restent très mystérieux. On sait que de nombreuses hormones sont impliquées dans la formation des parties du corps et des organes qui les composent. On sait aussi que ces hormones commandent l'intervention de facteurs de transcription, molécules qui déclenchent

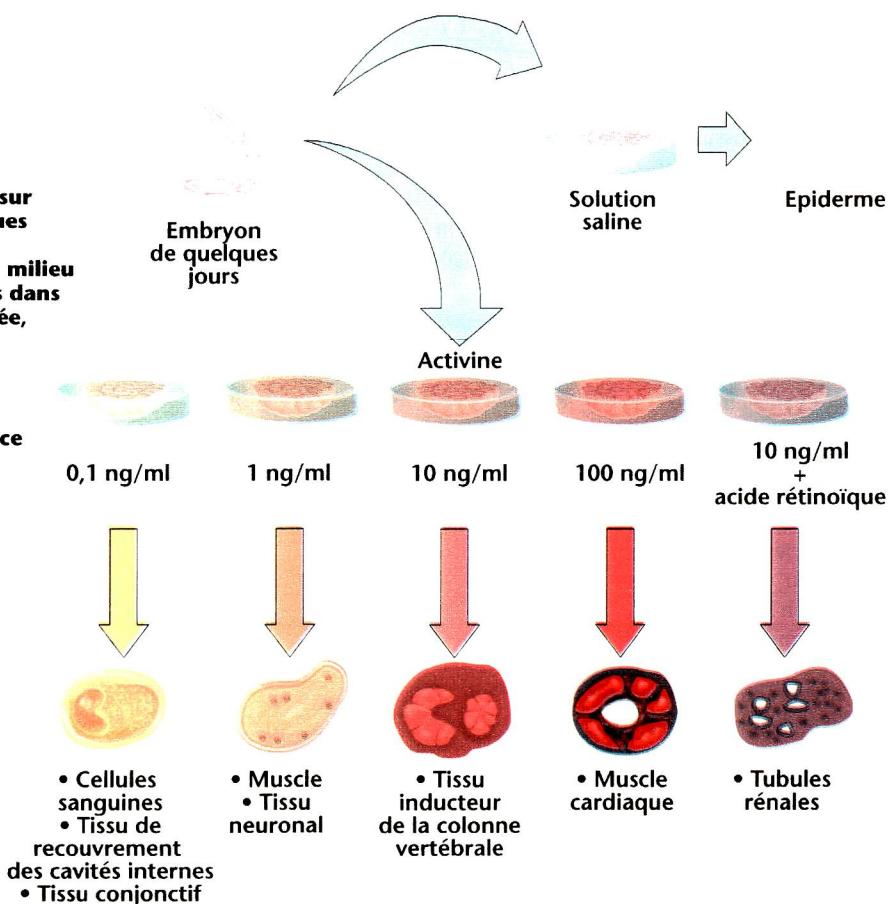
Les architectes du vivant

Les gènes responsables de l'architecture des organismes vivants se succèdent sur les chromosomes dans le même ordre que les parties du corps dont ils commandent le développement embryonnaire. Ayant trouvé bonne la recette, la nature l'applique à tous les organismes complexes : ces "gènes architectes" sont presque identiques chez l'homme (gènes Hox), chez la souris (HoxB) et chez la mouche (HOM).



Tissus à la carte

Des cellules prélevées sur un embryon de quelques jours évoluent différemment selon le milieu environnant. Plongées dans une solution d'eau salée, elles se transforment en tissu épidermique. Immersées dans une solution d'activine, un facteur de croissance naturel, ces cellules forment des tissus biologiques variés selon la concentration en activine : tissu nerveux, muscle, tubules rénaux, etc. Cette technique a permis à Makoto Asashima, de l'université de Tokyo, de fabriquer *in vitro* un rudiment de cœur, agité de battements spontanés...



ILLUSTRATIONS J.S. chacune l'expression d'un gène spécifique. Le processus demeure cependant incompris. On ignore également pourquoi un organe cesse de se développer lorsqu'il atteint la taille adulte.

ORGANISATEUR DE TRONC

Dès les premiers stades du développement de l'embryon, une mince couche de cellules située en son centre a le pouvoir d'induire la formation de la tête. Une autre couche induit la formation du tronc. Ces deux couches sont nommées les "organisateurs". Ils ne donnent pas directement naissance à la tête ou au tronc, mais leur présence est indispensable à la formation de ces structures. Par exemple, si l'on greffe à un embryon un second organisateur de la tête, il aura deux têtes. Ce processus d'induction reste obscur. Y aurait-il un

gène particulier qui induirait la formation de la tête ? Certains généticiens estiment que ce pourrait être le gène Cerberus, récemment identifié : quand on décuple son expression, on obtient un embryon multicéphale. Mais ces têtes ne sont pas fonctionnelles. L'affaire est donc plus compliquée.

Dès lors qu'il est fécondé, l'œuf secrète des substances qui déclenchent l'expression de gènes, dont les protéines agissent à leur tour sur l'expression d'autres gènes. Parallèlement, les molécules qui composent le milieu dans lequel baigne l'embryon guident son développement. C'est ainsi que, en contact avec ce milieu, les cellules de la couche externe de l'embryon très précoce sont les premières à se transformer. On connaît aujourd'hui bon nombre de ces substances : elles permettent d'induire, *in vitro*, la produc-

tion de divers tissus biologiques.

Au-delà de la compréhension du développement embryonnaire, cette production présente un grand intérêt thérapeutique. A l'aide de ces substances, on peut obtenir un tissu biologique spécifique et fonctionnel à partir de cellules encore indifférenciées, dites cellules ES, prélevées sur un embryon de quelques jours. Par exemple, des cellules ES mises en présence d'acide rétinoïque (vitamine A) se transforment en adipocytes, cellules chargées du stockage des graisses. On utilise déjà ce phénomène pour façonner de la peau humaine ou pour favoriser la repousse osseuse.

Mais on est encore loin de produire de cette façon des organes complets et fonctionnels. Au mieux, on peut imaginer de fabriquer un tissu assez opérationnel pour que, une fois greffé, il aide un organe à recouvrer ses fonctions. ■■■

■ ■ ■ On tente aussi d'utiliser certaines fonctions tissulaires dans des "bio-prothèses", prothèses dont une partie est mécanique, et l'autre, biologique. C'est le cas d'un foie artificiel en cours d'expérimentation en France et aux Etats-Unis (voir *Science & Vie* n° 950, p. 122).

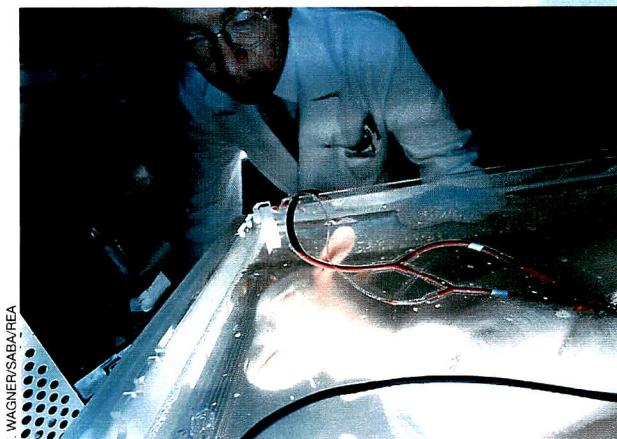
Si la culture de cellules semble incapable de donner des organes complets, ne pourrait-on se servir de l'embryon lui-même, comme le propose Jonathan Slack ? Selon le chercheur britannique, on pourrait inhiber tous les gènes d'organes indésirables pour ne laisser s'exprimer que les gènes indispensables à la formation de l'organe qu'on souhaite obtenir.

CLONES SANS CONSCIENCE

En s'inspirant de la technique de clonage récemment expérimentée chez la brebis (la fameuse Dolly), on obtiendrait, à partir de quelques cellules d'un individu, des organes parfaitement compatibles avec son organisme. A condition, bien sûr, de s'y prendre assez tôt pour que la maladie n'ait pas tué le patient avant que l'organe soit "mûr"...

« Actuellement, ce projet paraît utopique », indique Marcel Méchali, embryologiste à l'Institut Jacques-Monod (Paris). Le premier obstacle vient de ce qu'on connaît fort mal les interactions des gènes de développement. La suppression ou l'inhibition de l'un d'eux a toujours des répercussions telles que le développement de l'embryon est compromis bien avant que des organes fonctionnels soient formés.

D'autre part, le milieu de développement de ces embryons manipulés n'est pas facile à trouver. On imagine mal qu'une femme prête son ventre à la gestation d'un tel monstre... Il faudrait donc avoir re-



© WAGNER/SABA/REA

Cet utérus artificiel, mis au point au Japon, n'est encore qu'une ébauche. Il permet seulement de mener un fœtus de brebis de la 18^e semaine de gestation jusqu'au terme. Mais ce dispositif préfigure peut-être de futures machines à fabriquer des organes en série à partir d'embryons humains.

cours à un utérus artificiel, qui est loin d'être au point (voir la photo ci-dessus). Ce projet est certes utopique, mais il hante les nuits de scientifiques qu'on aurait tort de prendre pour des marginaux.

Il reste cependant un dernier obstacle – à moins que ce ne soit le premier. Sur le plan moral, pouvons-nous tolérer qu'on manipule un embryon humain au-delà d'un certain stade de développement pour en faire un simple organe ? Même dépourvu de système nerveux, donc de conscience, ne devient-il pas une sorte de sous-homme au service d'hommes supérieurs – version scientifique de l'exploitation de l'homme par l'homme ?

Mais il ne faudrait pas croire que, une fois la réprobation énoncée, l'affaire est entendue. L'éthique évolue sous la pression des prouesses techniques de la biologie, science qui ne cesse de réclamer davantage de liberté au nom du bien-être de l'humanité. A moins qu'elle ne recherche plus de liberté simplement pour favoriser son propre développement, le bien-être de l'hu-

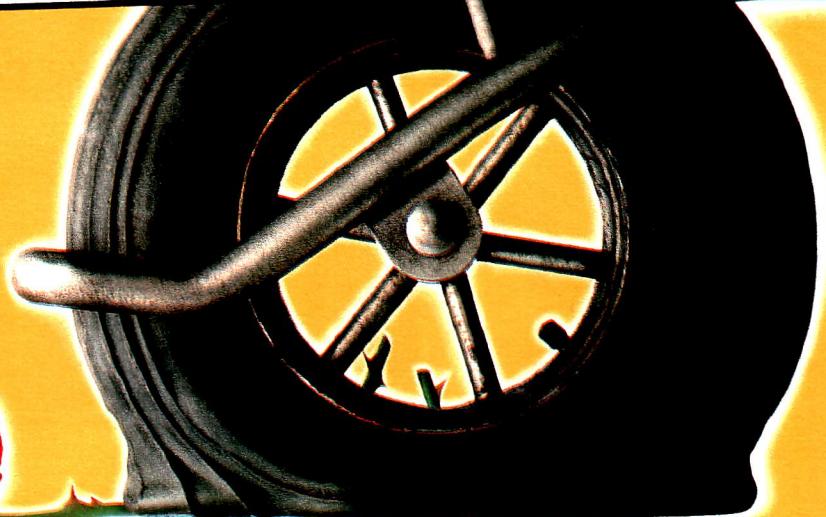
manité ne servant que de prétexte. Intention moins avouable, mais il n'est pas

impossible qu'elle existe. Car, dans son principe, la science vise avant tout à la maîtrise de la nature. Les préoccupations d'ordre moral ou religieux lui sont généralement étrangères. Possédée par la fièvre de la découverte, elle n'a pas l'habitude de s'interroger sur les conséquences sociales ou écologiques de ses travaux. On l'a vu avec la bombe atomique, démonstration magistrale de la maîtrise de la matière par une science physique aussi innocente qu'efficace. La maîtrise du vivant acquise par la génétique ne recèle-t-elle pas les mêmes dangers ?

Les grenouilles sans tête de Jonathan Slack ne révolutionnent pas l'embryologie, mais elles concrétisent des travaux engagés partout dans le monde depuis plus d'une décennie. La perspective dans laquelle le scientifique britannique place ses recherches est certes effrayante. Cependant, si on laisse la biologie produire des organes humains par manipulation génétique – ce qui est très probable – et si elle y parvient – ce qui l'est moins –, quel malade refusera d'être ainsi sauvé ?

SE BOIT COUPÉ. LE DÉPANNEUR, 27 RUE FONTAINE 75009 PARIS

FOUR ROSES
LE WHISKY
SERVI AU "DEPANNEUR".

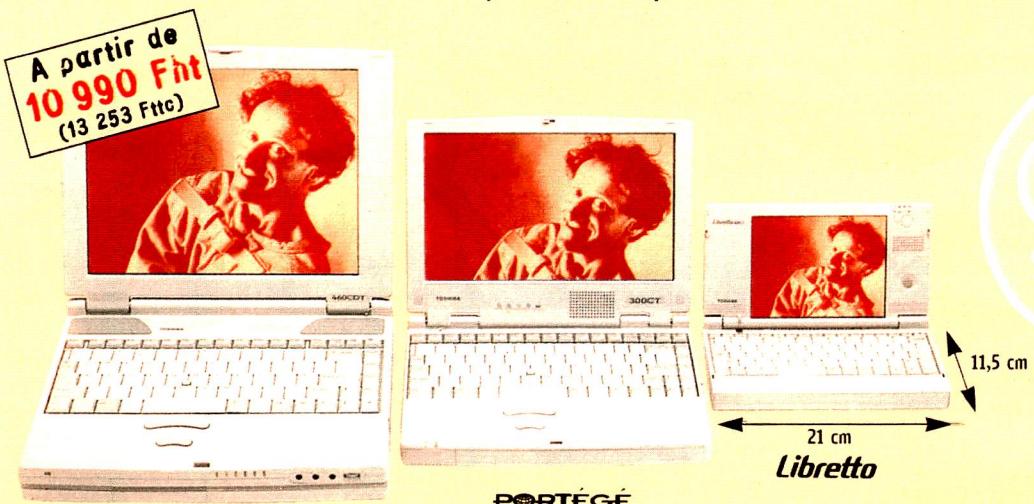


L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. A CONSOMMER AVEC MODÉRATION

TOSHIBA : opération promotionnelle valable jusqu'au 31 décembre 1997

“Mais qui est responsable des prix chez Toshiba ?”

La gamme de portables la plus complète, la plus évolutive et la plus compétitive du marché...



Satellite **Satellite Pro™** **TECRA**

SATELLITE 220/230 et SATELLITE PRO 440/460

Processeur Pentium® 133 MHz ou 133 MHz avec technologie MMX™ ou 166 MHz avec technologie MMX™ • 16 ou 32 Mo de RAM • Lecteur de CD-ROM 10X (en option matrice sur certains modèles) • Ecran matrice passive, Fast Scan ou active de 12"1 en 800x600 • Port USB • Windows® 95 • Garantie internationale de 1 an à 3 ans en fonction des modèles.

...et ses offres à prix fous !

+ Doublez votre mémoire vive à moitié prix :

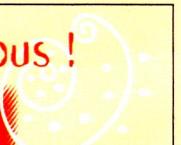
• 16 Mo de RAM supplémentaires à **995 Fht** (1195 Frf) au lieu de **1990 Fht** (2199 Frf).
(Offre valable du 24 novembre au 31 décembre 1997 sur membre PA2039, pour tout achat d'un portable Satellite 220/230 ou Satellite Pro 440 auprès d'un Distributeur Agréé Toshiba participant à l'opération en France métropolitaine.)

• 32 Mo de RAM supplémentaires à **1145 Fht** (1390 Frf) au lieu de **2290 Fht** (2761 Frf).
(Offre valable du 24 novembre au 31 décembre 1997 sur membre PA2040, pour tout achat d'un portable Satellite Pro 460 auprès d'un Distributeur Agréé Toshiba participant à l'opération en France métropolitaine.)



+ Carte modem 33,6 kbps (GSM, RNIS ready*) à **990 Fht** (1193 Frf) au lieu de **1390 Fht** (1676 Frf).

(Offre valable du 24 novembre au 31 décembre 1997 pour tout achat d'un portable Toshiba auprès d'un Distributeur Agréé Toshiba participant à l'opération en France métropolitaine.)



EQUIUM, le PC de bureau à la puissance Toshiba !

**Une offre
complètement folle!**

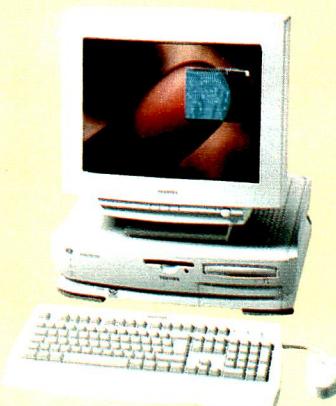
**Pour 1F de +
le moniteur 15" avec
haut-parleurs intégrés**

Offre valable du 24 novembre au 31 décembre 1997 pour tout achat d'un PC Equium auprès d'un Distributeur Agréé Toshiba participant à l'opération en France métropolitaine.



Série 5000D

Processeur Pentium® avec technologie MMX™ 166 à 233 MHz • 32 Mo RAM • De 2.1 à 3 Go DD • 256 ko L2 cache • Accélérateur graphique 3D avec 2 Mo SGRAM • Carte son • Adapteur réseau Ethernet 10/100 • USB • Infrarouge • CD-ROM (sauf 5160D) • Windows® 95 • Garantie 3 ans.



Série 6000D

Processeur Pentium® II 233 MHz • 32 Mo RAM • 3 Go DD • 512 ko L2 cache • Accélérateur graphique 3D avec 2 Mo SGRAM • Carte Son • Adapteur réseau Ethernet 10/100 • USB • CD-ROM 24X • Windows® NT4 • Garantie 3 ans.



Série 6000M

Processeur Pentium® II 266 MHz • 32 Mo RAM • 4 Go DD • 512 ko L2 cache • Accélérateur graphique 3D avec 4 Mo SGRAM • Carte son • USB • CD-ROM 16X • Windows® NT4 • Garantie 3 ans.

18 490 FHT
Equium 6260M (22 298 Frtc)



Pour en savoir plus, contactez Toshiba Infos

au 01 47 28 29 29

ou le serveur vocal ou le 3615 Toshiba



TOSHIBA

Seat Alhambra. N'achetez pas d'autre monospace sans l'avoir vu. Vous nous remercierez.



À partir de Et dans l'immédiat, n'allez pas plus loin sans avoir lu attentivement ce qui suit :
129.900F* double airbag Seat®, air conditionné électronique (finition SXE), direction assistée, sièges avant pivotants, cache-bagages à enrouleur, verrouillage centralisé, vitres teintées électriques à l'avant, rétroviseurs électriques et dégivrants, pare-chocs laqués, volant réglable, motorisations de technologie allemande 2.0i (essence ou bicarburation essence/GPL) et 1.9 TDi catalysé, antidémarrage électronique agréé SRA 7 clés, ordinateur VTech pour vos enfants et garantie 3 ans. De rien... De rien... Seat vous recommande les huiles Castrol. **Seat sur Internet : <http://www.seat-france.com>.**

*Prix promotionnel hors options de l'Alhambra SE 2.0, aide Seat et de votre concessionnaire de 15 000 F déduite du prix tarif au 25/06/1997 (AM 98). Version présentée (hors options) Alhambra SXE 2.0 (161 000 F). Offre promotionnelle valable sur les véhicules commandés et livrés avant le 31/12/1997.

VOUS ÊTES LOIN D'AVOIR TOUT VU.



RÉCHAUFFEMENT



Le Soleil est-il coupable ?

J. BRANDENBURG/MINDEN PICTURES

L'homme est-il vraiment le seul responsable du réchauffement du climat terrestre ? Les activités humaines (industrie, circulation automobile...) émettent dans l'atmosphère, en quantité croissante, des gaz à effet de serre qui provoquent incontestablement un accroissement de la température moyenne. Mais, à l'heure où 150 pays se réunissent au Japon

pour évoquer ces problèmes, des chercheurs

pistent un autre suspect : le Soleil. Il agirait de deux façons, soit en rayonnant de plus en plus, soit en modifiant la couverture nuageuse de notre planète. Dans l'un et l'autre cas, le climat en serait affecté. Les deux théories sont cependant controversées et demandent à être vérifiées.

Quand le Soleil
brille trop...
p. 74

Quand passent
les nuages...
p. 80

Quand le Soleil brille trop...



■ La luminosité du Soleil semble augmenter lentement.

Conséquence : la Terre reçoit davantage d'énergie de son étoile.

Selon un climatologue américain, cela entraînerait le réchauffement global de la planète. Reste à le vérifier.

PAR PHILIPPE HENAREJOS

Le réchauffement de la planète n'est pas une légende. Il s'agit d'un phénomène dont on observe les effets depuis plusieurs années. Et son origine semble toute désignée : l'ensemble des activités humaines. Depuis le siècle dernier et le début de l'ère industrielle, l'atmosphère n'a cessé de se charger en gaz à effet de serre, à un rythme toujours plus soutenu.

Mais l'homme est-il vraiment le seul coupable ? Bien que l'augmentation constante des émissions de gaz à effet de serre, tels que le gaz carbonique (CO_2), soit patente, on ne peut encore la corrélérer avec la légère – mais tout aussi réelle – augmentation de la température globale de la Terre. Ce qui laisse la place à d'autres théories.

Parmi les hypothétiques responsables du changement climatique, le Soleil figure en bonne place. Le 26 septembre dernier, dans la revue *Science*, Richard C. Willson, un spécialiste américain du climat, a publié les résultats de travaux qui légitiment qu'on s'interroge sur le rôle de l'astre du jour.

Se fondant sur des données recueillies par des satellites depuis 1978, Willson affirme que le flux solaire (ou rayonnement), c'est-à-dire la quantité de lumière totale ■ ■ ■



L'astre du jour à la loupe

Pour déterminer si le Soleil joue un rôle dans le réchauffement global du climat, les astronomes devront encore l'étudier pendant de nombreuses années (ici, à l'observatoire terrestre de Kitt Peak, en Arizona).

émise par le Soleil, a augmenté de 0,036 % entre 1986 et 1996. En supposant que l'accroissement se poursuive à ce rythme, il devrait engendrer d'ici à cent ans une hausse de la température globale de la Terre de 0,4 °C. Les projections pessimistes prenant en compte les émissions de CO₂ prévoient, elles, un réchauffement de 2 °C à la même échéance. Si les conclusions de Willson sont exactes, le Soleil jouerait donc un rôle majeur dans l'évolution climatique.

Mais sur quoi reposent ces conclusions ? Les données à l'origine de cette nouvelle hypothèse proviennent de quatre satellites équipés de quatre instruments distincts. Dès 1978, *Nimbus 7* a fourni des mesures du flux solaire, et il a fonctionné jusqu'en 1992. Mais les mesures les plus précises ont été effectuées par *Solar Maximum Mission*, lancé en 1980 et resté opérationnel jusqu'en 1991. Un instrument similaire à celui de *Solar Maximum Mission* a pris le relais, sur *UARS* (*Upper Atmosphere Research Satellite*). Enfin, d'autres données sont issues d'*ERBS* (*Earth Radiation Budget Satellite*).

Grâce à ces quatre satellites, on a pu suivre le Soleil au cours de deux de ses cycles de onze ans. En effet, au terme de longues décennies d'observation, les astronomes ont découvert

Les aurores polaires, filles du vent solaire et du magnétisme terrestre

que l'activité du Soleil diminue pendant sept ans, puis augmente pendant quatre ans. Ce cycle correspond aux changements successifs de polarité du champ magnétique du Soleil. Lorsque le maximum est atteint, le nombre des taches solaires (des régions plus froides liées à des phénomènes magnétiques) est élevé. A ce moment-là, les éruptions solaires sont également plus nombreuses. Il en résulte que le Soleil émet dans l'espace beaucoup de particules chargées (les ions qui constituent le "vent solaire"), qui viennent se heurter au champ magnétique de la Terre, donnant notamment naissance aux aurores polaires. Sept ans après chaque maximum, il se produit un minimum, au cours duquel les conditions sont exactement inverses : peu de taches et peu d'éruptions.

Au fil des années, on peut aussi mesurer la "brillance" du Soleil, qui correspond à son rayonnement (ou flux solaire). Lorsque l'activité est minimale, le flux est lui aussi plus

Rayonnant sous l'œil des satellites

La brillance du Soleil a augmenté entre les deux derniers minima (1986 et 1996) du cycle solaire. C'est ce que révèlent les mesures de trois satellites (courbes ci-contre). Cet accroissement est pour l'instant infime, mais, si la tendance se poursuit, il provoquera un réchauffement de l'atmosphère terrestre.

faible ; inversement, lorsque le Soleil est très actif, le flux est plus fort. Bien que les variations d'activité et de brillance soient corrélées, elles n'ont pas la même amplitude. Le rayonnement total varie beaucoup moins que le vent solaire, et nul ne connaît ses limites extrêmes. De plus, indépendamment des variations sur onze années, la mesure du flux est quotidiennement brouillée par l'apparition des taches, qui ont tendance à réduire le flux, et par celle de facules, des zones plus lumineuses qui ont tendance à l'accroître.

Le flux varie donc sans cesse, dans des proportions qui rendent impossible toute mesure précise. C'est pourquoi Richard C. Willson a bâti ses conclusions sur les observations des satellites au cours des minima solaires de 1986 et de 1996, pendant lesquels le Soleil était dépourvu de taches et de facules. Le flux étant alors relativement stable, il était plus facilement mesurable. Il apparaît donc que, entre le minimum de 1986 et celui de 1996, ce flux a augmenté d'environ 0,5 watt par mètre carré.

Une telle différence peut être jugée infinitésimale. C'est d'ailleurs le premier point de controverse à propos des travaux de Willson. De plus, d'après plusieurs spécialistes, l'utilisation de divers instruments peut avoir été une source d'erreur. En effet, des différences de calibrage existent d'un détecteur à l'autre, et il peut se révéler très difficile de les connaître parfaitement.

POINTS DE CONTROVERSE

En supposant que les mesures soient bonnes, il existe d'autres points de controverse, comme le fait remarquer Pierre Lantos, directeur de recherche à l'Observatoire de Paris-Meudon : « Disposer de données sur seulement deux minima de cycle solaire n'est pas suffisant pour tirer des conclusions. L'augmentation du flux lors du minimum peut se poursuivre à long terme, mais rien encore ne permet de l'affir-

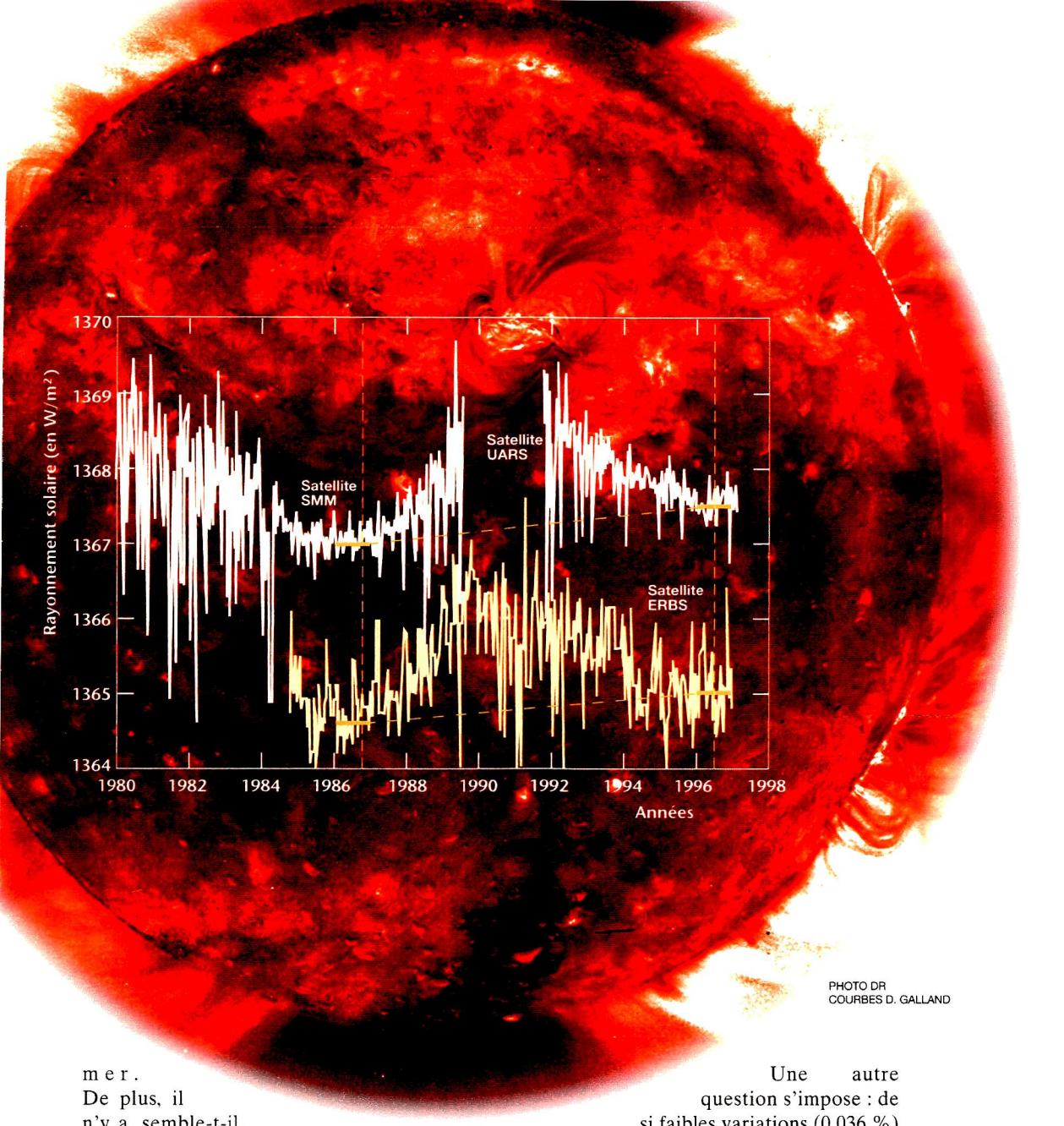


PHOTO DR
COURBES D. GALLAND

m e r .
De plus, il
n'y a, semble-t-il,
aucune raison pour que le mi-
nimum solaire joue un rôle prédominant sur
l'évolution du climat. »

Il se pourrait en effet que le flux solaire varie légèrement d'un minimum à l'autre, sans pour autant augmenter régulièrement. Sur ce point précis, seules de nouvelles mesures, effectuées au cours des prochains minima, lèveront le voile. De même, ce n'est pas parce que le flux augmente pendant le minimum qu'il s'accroît lors de l'ensemble du cycle. Et, si seul le minimum augmente, pourquoi aurait-il seul une influence sur le climat ?

Une autre question s'impose : de si faibles variations (0,036 %)

sont-elles capables d'entraîner un changement de climat sur la Terre ? Pour Grant Raisbeck, directeur de recherche au CNRS (université Orsay), « la variation annoncée est certes minime, mais, si elle se poursuit pendant cent ans, elle devrait effectivement entraîner un réchauffement de 0,5 °C ». ■ ■ ■

Les astronomes disposent de données sur l'activité du Soleil depuis qu'on peut l'observer avec des instruments d'optique, c'est-à-dire depuis le début du XVII^e siècle. Ils ont constaté qu'entre 1650 et 1700 il n'y a pratiquement pas eu de taches solaires.

■■■ Cette baisse générale de l'activité de notre étoile est confirmée par les quantités de beryllium 10 trouvées dans les glaces polaires. « Lorsque l'activité est forte, les particules du vent solaire empêchent les rayons cosmiques de parvenir jusqu'à la Terre et de donner naissance à du beryllium 10, explique Grant Raisbeck. Or, entre 1650 et 1700 (période appelée minimum de Maunder), la quantité de beryllium 10 est supérieure de 30 % à la moyenne.

« Sous le règne du Roi-Soleil, le climat a été sensiblement plus froid »

Et, au même moment en Europe, justement sous le règne du Roi-Soleil, le climat a été sensiblement plus froid. »

Certes, ce mini-âge glaciaire correspond à une faible activité solaire, synonyme d'un modeste flux solaire. Mais cette faible activité suffit-elle à l'expliquer ? Les astronomes savent que, entre le maximum d'un cycle et son minimum, la variation du rayonnement solaire échauffe la haute atmosphère terrestre. Pourtant, simultanément, cela ne semble produire aucun effet sur le climat.

En fait, entre le moment où le rayonnement plus fort arrive sur la Terre et le moment où il se traduit par un réchauffement global du cli-

mat, un laps de temps assez long peut s'écouler. « Le "temps de réponse" de l'atmosphère peut être d'un mois », explique Serge Planton, ingénieur de la météo à Météo-France (Toulouse). « Mais l'océan profond a des temps de réponse bien plus longs, parfois de mille ans. Le système climatique dans son ensemble risque donc d'avoir une réaction assez lente. »

La quantité de rayonnement solaire reçue par la Terre peut incontestablement provoquer des modifications du climat. En raison de la variabilité de l'orbite terrestre à très long terme, notre planète s'est déjà plus ou moins "éloignée" du Soleil, ce qui a réduit le flux qu'elle reçoit. Ainsi s'expliquent les périodes de grande glaciation et de réchauffement observées au cours des âges. Une faible augmentation du rayonnement solaire pourrait donc susciter – *a priori* – un léger réchauffement.

En admettant que les données recueillies par Richard C. Willson soient exactes, encore faut-il démontrer qu'elles indiquent bien une variation à long terme.

25 % DE GAZ CARBONIQUE EN PLUS

Peut-être l'océan est-il capable d'absorber les gaz à effet de serre produits par l'homme... Le Soleil pourrait alors être accusé du réchauffement. Mais les spécialistes du climat ont accumulé des arguments convaincants en faveur d'une origine industrielle : « Il est indéniable que

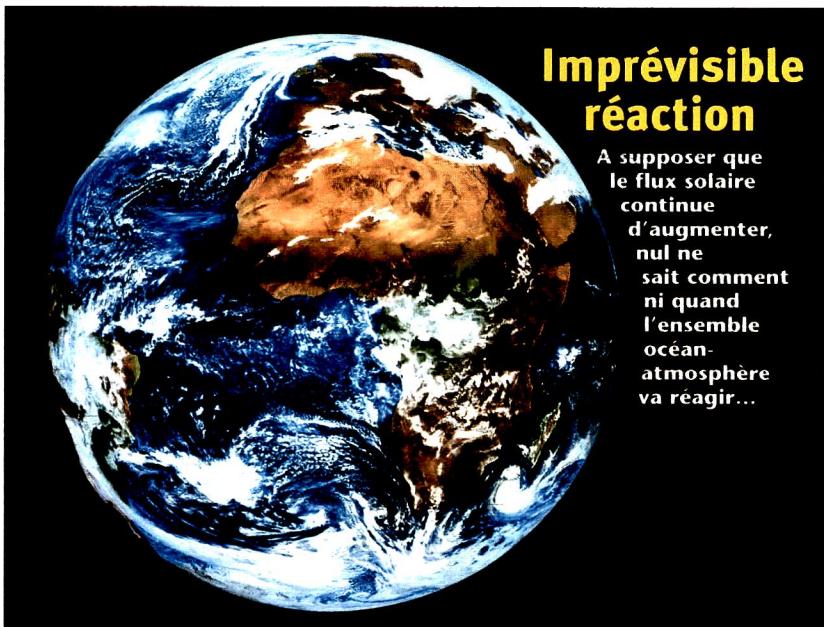
la quantité de CO₂ dans l'atmosphère a augmenté de 25 % depuis la période préindustrielle, rappelle Serge Planton. Il est également indéniable que, depuis 1900, on a mesuré un réchauffement de 0,6 %. Enfin, les dernières simulations, qui prennent en compte le comportement de l'atmosphère, de l'océan et des rejets d'origine humaine, reproduisent le réchauffement observé, avec notamment les différences existant entre les deux hémisphères. »

Il faudra peut-être quelques décennies pour intégrer le rôle du Soleil aux simulations... ■

Imprévisible réaction

A supposer que le flux solaire continue d'augmenter, nul ne sait comment ni quand l'ensemble océan-atmosphère va réagir...

ESA



**Pour 1420F par mois,
offrez à vos enfants une assurance vie
dont ils pourront se vanter à l'école.**



BDDP

Avec la BMW Serie 3 vous pouvez offrir à votre famille un nouveau type d'assurance vie : coussin de sécurité, ABS, prétensionneurs de ceintures, renforts latéraux... Du 27 octobre au 31 décembre, vous profitez en plus d'une offre exceptionnelle sur les berlines BMW Serie 3. Exemple pour une berline BMW 316i d'une valeur de 141900 F*: Credit, TEG 5,5 %, 72 mensualités de 1419,76 F, avec un apport de 55 000 F. Soit un coût du credit de 15 322,72 F. Après acceptation du dossier par BMW Finance**. Pour tous renseignements :

PRIX APPEL LOCAL
No Azur 0801 316 316 <http://www.bmw.fr> - FINA partenaire de BMW.

Offre valable pour toute berline BMW Serie 3 commandée et livrée entre le 27 octobre et le 31 décembre 97. *Prix maximum conseillé de la berline BMW 316i au 01/09/97, AM 98. **SNC au capital de 170 000 000 F, RCS Paris B343606448. Le modèle présenté peut comporter des options.



Quand passent les nuages...



■ Pour expliquer le changement du climat, il existe une autre théorie, danoise : les cycles d'activité solaire modifieraient la couverture nuageuse de la Terre. Et c'est parce que cette couverture diminue que notre planète se réchaufferait. L'hypothèse est cependant très controversée.

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

Responsabilité limitée ?

L'effet de serre provoqué par les activités industrielles ne serait qu'une cause parmi d'autres du réchauffement climatique. Le Soleil en serait le principal responsable, par l'intermédiaire des nuages qui le cachent parfois...

Alors que les représentants de 150 pays se réunissent ce mois-ci à Kyoto (Japon) pour la conférence internationale sur le réchauffement de la Terre, certains scientifiques se demandent si le réchauffement observé en ce siècle est vraiment dû aux activités humaines. Ne serait-il pas plutôt provoqué par les cycles de l'activité solaire, dont on commence à comprendre les effets sur le climat terrestre ?

Des chercheurs danois ont en effet montré que les variations de température sur la Terre suivent les rythmes cycliques des taches du Soleil, ces zones "froides" à 4500 °C environ (voir article précédent). En outre, ils ont décrit le mécanisme de cette action, qui conduit à la formation des nuages, lesquels refroidissent notre planète en absorbant et en réfléchissant une partie de l'énergie de notre étoile.

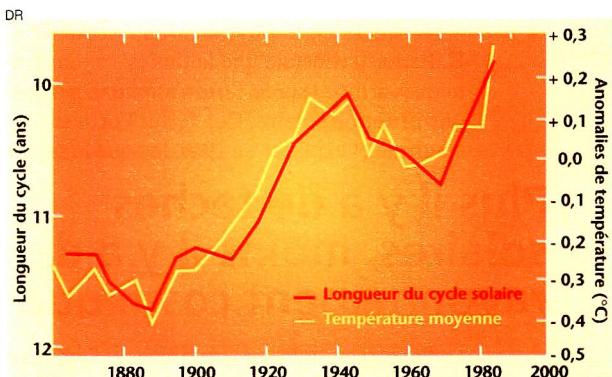
On observe les taches solaires depuis le XVII^e siècle, grâce à la lunette de Galilée (1609).

On a constaté que leur nombre augmente, atteint un pic, puis diminue selon un cycle d'environ onze années. En

1849, l'astronome suisse Rudolf Wolf dénombrait les taches isolées et les groupes de taches, et, après divers calculs, en déduisait leur nombre sur l'ensemble du soleil. Ce nombre, dit "de Wolf" fournit un bon indicateur de l'activité solaire. Il permet de constater qu'elle est très différente d'un cycle à l'autre. Ainsi, on a enregistré en 1883 un pic du nombre de Wolf d'environ 75 taches.

Après cette date, on a observé une augmentation plus ou moins régulière du nombre de taches des pics, jusqu'en 1958 où le maximum atteignait 200 taches. On a obtenu un nombre de Wolf de 110 taches en 1968, 160 en 1980 et en 1989.

Une relation



De l'influence du vent solaire

La courbe des changements de durée des cycles solaires (en rouge) et celle des variations de température dans l'hémisphère Nord (en jaune) se superposent quasiment. Cela semble indiquer que, lorsque les cycles raccourcissent, les températures augmentent. Ce phénomène pourrait s'expliquer par le fait que les maxima d'activité des cycles, alors plus rapprochés, produisent un vent solaire plus dense qui limiterait la formation de nuages dans l'atmosphère terrestre.

entre les cycles solaires et le climat fut postulée à la fin du siècle dernier par le Britannique Walter Maunder, qui donna son nom au "minimum de Maunder", la "petite glaciation" de la période 1645-1715, durant laquelle le nombre de taches solaires était à son minimum. En 1709, le froid fut intense : il brisait les cloches et gelait la Baltique. On pouvait se rendre à pied de la Suède au Danemark. Inversement, au cours des hivers 1988 et 1989, alors que l'activité solaire était maximale, les températures furent très douces.

MAGNÉTISME TERRESTRE ET MAGNÉTISME SOLAIRE

Toutefois, Maunder ne pouvait soupçonner le mécanisme à l'origine de cette froidure : l'action du magnétisme solaire sur les rayons cosmiques, qui ne sont connus que depuis le début du XX^e siècle. Engendrés par l'explosion d'étoiles dans notre galaxie, ces rayons sont des noyaux d'atomes privés de leurs électrons, donc chargés positivement. Les noyaux d'hydrogène (ou protons) sont les plus nombreux, mais les autres éléments chimiques sont également représentés. Le champ magnétique terrestre dévie la plupart des rayons cosmiques dits primaires, mais ceux qui atteignent l'atmosphère y provoquent des réactions successives donnant naissance à une foule de rayons secondaires. ■ ■ ■

Or, en 1937, le physicien américain Scott E. Forbush constata que le flux de rayons cosmiques arrivant sur la Terre s'atténuaient pendant une éruption solaire. Cet "effet Forbush" fut confirmé et expliqué en 1960, lorsque le satelli-

Plus il y a de taches solaires, moins il y a de rayonnement cosmique

te d'observation *Pioneer 5* enregistra l'émission par le Soleil de plasma chaud transportant un champ magnétique qui dévie les rayons cosmiques primaires avant qu'ils atteignent l'atmosphère terrestre. On constata par la suite que l'intensité des rayons cosmiques atteignant la Terre est inversement proportionnelle à l'activité solaire : moins il y a de taches, plus il y a de rayons cosmiques ; plus il y a de taches, moins il y a de rayons. Tout se passe comme si le puissant vent solaire balayait les rayons cosmiques venus de l'espace.

Trois chercheurs de l'institut danois de météorologie croient avoir expliqué comment l'activité solaire influe sur le climat de notre planète. Knud Lassen, Eigil Friis-Christensen et Henrik Svensmark étudient depuis plu-

sieurs années la relation entre les taches solaires et les variations climatiques. En comparant un graphique de la température moyenne de l'hémisphère nord de 1860 à 1995 avec celui des cycles solaires dans la même période, Lassen se rendit compte que leurs formes étaient presque identiques (voir courbes page précédente). Il fut tout particulièrement frappé par un refroidissement, dans les années 50 et 60, qui ne correspondait pas du tout aux prévisions fondées sur l'augmentation de l'effet de serre provoquée par le gaz carbonique que libèrent dans l'atmosphère les activités humaines.

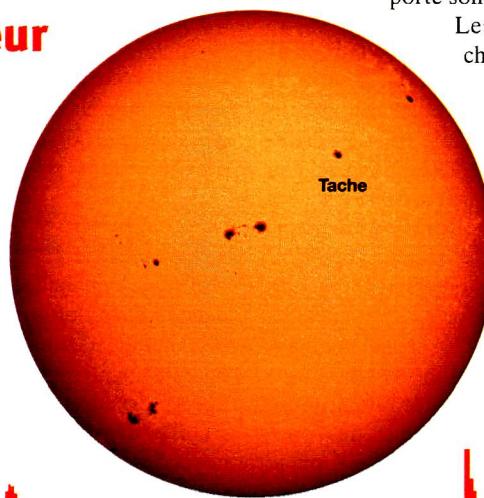
DÉTECTÉS PAR LES NEUTRONS

Une corrélation, cependant, n'implique pas nécessairement une relation de cause à effet. Il fallait donc trouver par quel mécanisme l'activité solaire pourrait modifier le climat terrestre. Une piste avait été ouverte au siècle dernier par le physicien écossais Charles Wilson, qui avait constaté expérimentalement que de l'air humide dénué de poussière et refroidi par dépression rapide se forme des condensations que s'il est bombardé par des rayons X ou par des particules subatomiques. (Wilson reçut, en 1927, le prix Nobel de physique pour la découverte du détecteur de particules qui porte son nom.)

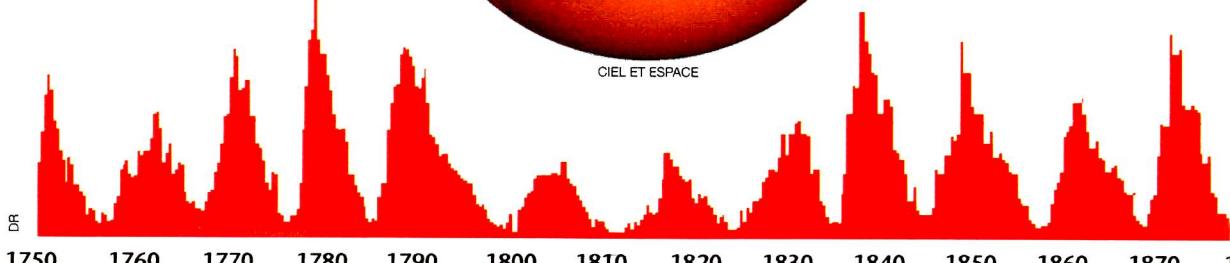
Les Danois allèrent donc chercher la réponse du côté du rayonnement cosmique. Ils étudièrent les données recueillies par l'observatoire de l'université de Chicago (Colorado) situé à 3 400 m d'altitude. Les variations de l'intensité du rayonnement cos-

Un vent générateur de chaleur

En comptant le nombre de taches à la surface du Soleil, les astronomes ont découvert un cycle solaire de onze ans (ci-dessous, l'ensemble des cycles depuis 1750). Quand ce nombre est maximal, le Soleil émet plus de particules ionisées (le vent solaire), les rayons cosmiques ne peuvent atteindre la Terre et favoriser l'extension de la couverture nuageuse.



CIEL ET ESPACE



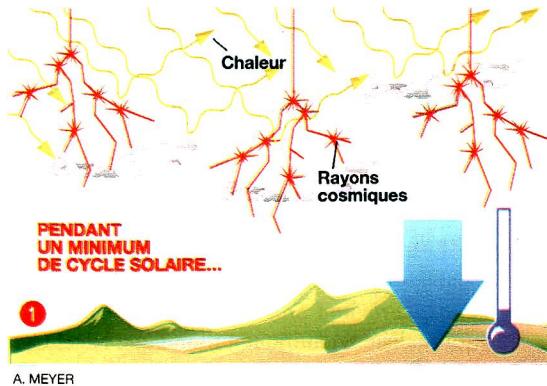
mique y sont mesurées par le décompte des neutrons libérés lorsque les rayons atteignent l'atmosphère. En comparant ces données avec les cycles solaires, les chercheurs danois observèrent que les maxima des taches solaires correspondent aux minima du rayonnement cosmique.

LES SATELLITES APPELÉS À LA RESCOUSSE

Ils confrontèrent ensuite les mesures du rayonnement cosmique à celles de la couverture nuageuse de la Terre, évaluées par l'institut Goddard de la NASA à partir d'informations transmises depuis 1983 par les satellites météorologiques. Malgré la difficulté qu'il y avait à concilier les données de plusieurs satellites équipés de divers instruments, l'institut Goddard avait pu tracer un graphique fiable des surfaces nuageuses de janvier 1984 à juin 1990. Henrik Svensmark nota que cette dernière courbe se superposait à celle de l'intensité des rayons cosmiques pendant les six mêmes années. Rien de surprenant : c'est ce que Charles Wilson avait prédit voilà un siècle.

L'effet des nuages sur la température terrestre est complexe, mais les observations par les satellites du programme américain Earth Radiation Budget Experiment, lancé en 1984, et par ceux de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) montrent que les nuages refroidissent la planète en absorbant et en réfléchissant une partie des radiations solaires. Une confirmation inattendue fut apportée en 1995 par un météorologue de Saint-Pétersbourg, M. I. Poudovkine : il signala que le rayonnement solaire enregistré dans une station météorologique du nord de la Russie augmente quand le Soleil est actif et quand le nombre des rayons cosmiques diminue.

La séquence des événements semblait solidement établie : une augmentation de l'activité



A. MEYER



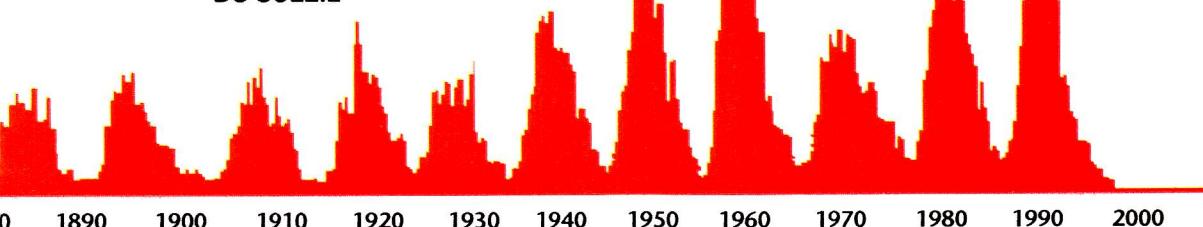
Saisons solaires

Lors du minimum solaire, les rayons cosmiques (en rouge) arrivent en nombre sur la Terre ①. Ils favorisent la production de nuages qui renvoient la chaleur du Soleil (en jaune) dans l'espace : le climat se refroidit. Pendant le maximum solaire, les rayons cosmiques, repoussés par le vent solaire, ne parviennent plus jusqu'à la Terre ②, peu de nuages se créent et le rayonnement solaire réchauffe le climat.

solaire entraînerait une diminution de la radiation cosmique, laquelle provoquerait une réduction de la couverture nébuleuse – ce qui ferait grimper le thermomètre sur la Terre. Des hauts et des bas cycliques ne modifieraient pas la tendance climatique à long terme, mais le XX^e siècle se caractérise par une augmentation de l'activité solaire, qui peut conduire au ré-



250 ANS DE CYCLES DU SOLEIL



chauffement global. Le pic du cycle d'activité solaire du début des années 1990 est l'un des plus importants depuis deux siècles. Est-il responsable du réchauffement, qu'on attribue volontiers à l'effet de serre ?

Les travaux des chercheurs danois ont été publiés le 23 mai dernier dans le *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. Le journaliste scientifique britannique Nigel Calder a eu l'idée de confronter l'hypothèse des chercheurs danois avec les données disponibles sur la radiation cosmique, estimée pour la période 1885-1994 d'après les taux de radiobéryllium dans les calottes glaciaires. Le graphique qu'il a publié dans son ouvrage (1) montre que, pour la plupart des années, les changements de température suivent, à 0,2 °C près, ceux de l'intensité des rayons cosmiques. Les exceptions majeures correspondent à des événements qui ont probablement modifié le climat : une éruption

ne le pense. Les déviations déjà observées à partir de modèles établis il y a quelques années à peine sont trop nombreuses pour que ces modèles soient considérés comme fiables pour un avenir plus lointain.

PLUS DE CHASSE GARDÉE POUR LES MÉTÉOROLOGISTES

Le climat qui règne sur Terre est la résultante de nombreux facteurs. « La modélisation est très complexe », dit le Pr Robert Sadourny, du Laboratoire de météorologie dynamique à l'Ecole normale supérieure (Paris). « Il faut prendre des gants. Il y a des effets à court terme, tel celui des aérosols, qui masquent le réchauffement, mais dont l'effet cesse dans la semaine si les aérosols disparaissent ; des oscillations de l'irradiation solaire, qui peuvent jouer un rôle analogue à celui de l'effet de serre ; et des oscillations à long terme, comme

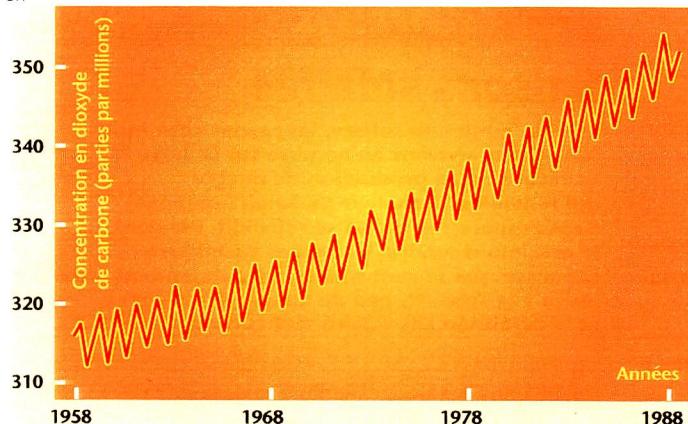
celles de l'océan profond, dont la période est de l'ordre du siècle. » Il y a aussi les éruptions volcaniques et les nuages de poussières qu'elles engendrent, l'intensité des ultraviolets du soleil, qui influe sur les vents et la production d'ozone dans les couches supérieures de l'atmosphère, le phénomène El Niño, et bien d'autres sans doute, qui parfois se renforcent, parfois se contredisent, ou provoquent des rétroactions mal connues pouvant démultiplier ou annuler les effets attendus. « La question, dit le Pr Sadourny, est de savoir si la croissance du taux de CO₂, provoquant l'effet de serre par un mécanisme assez simple, va prendre le pas sur d'autres phénomènes. »

Aujourd'hui, physiciens, chimistes, astronomes, astrophysiciens, mathématiciens pénètrent sur le terrain autrefois chasse gardée des météorologistes et des spécialistes de l'atmosphère terrestre. Cet effort interdisciplinaire ne peut qu'être fructueux

lorsqu'il s'agit de déterminer le rôle des multiples facteurs qui vont déterminer le climat de demain. Sans doute est-il vrai que notre siècle est le plus chaud depuis 1400. Mais pourquoi était-il déjà si chaud il y a six cents ans, alors que la principale source de CO₂ anthropogène se limitait aux feux de cheminée dans les chaumières ? ■

(1) *The Manic Sun, Weather Theories Confounded*. Pilkington Press. Londres.

DR



Le CO₂, artisan de l'effet de serre

Le taux de CO₂ dans l'atmosphère (mesuré ici au sommet du Mauna Moa, à Hawaï) a augmenté de plus de 10 % entre 1958 et 1988. Cette augmentation, génératrice de l'effet de serre, est due à l'industrialisation. (Le tracé en zigzag de la courbe résulte de l'absorption saisonnière du CO₂ par les plantes pendant leur période de croissance.)

tion volcanique au Kamchatka en 1956, le phénomène climatique El Niño dans les années 80 et actuellement (voir *Science & Vie* n° 962, p. 88)...

Il s'agit non pas de nier l'effet de serre, mais de constater qu'il n'est qu'un seul des nombreux facteurs qui influent sur le climat, et que son influence est peut-être bien moindre qu'on

L'AGENCE JEAN & MONTMARIN AVAIT LA VOITURE IDÉALE POUR GRIMPER SUR LE PODIUM.

A.P.P.M.

DISCOVERY ? GRAND PRIX ? MAIS PAS DU TOUT, IL COÛTE 184 900 FRANCS*.

ET CE N'EST PAS CHER PAYÉ QUAND ON CONNAIT L'ENGIN : 4 ROUES

MOTRICES EN PERMANENCE, UN MOTEUR DE 2.5 L TURBO-DIESEL À INJECTION DIRECTE, BARRES ANTI-

ROULIS À L'AVANT ET

À L'ARRIÈRE,

JANTES

EN ALLIA-

GE INOXY-

DABLE, CHASSIS

ACIER À CAISONS SOUDÉS...

VÉRITABLE MACHINE-À-GRIMPER.

LE DISCOVERY VOUS EMMÈNE TOUJOURS

AU SOMMET. POUR PREUVE, CONDUIT PAR

LAGENCE JEAN & MONTMARIN,

IL EST

MONTÉ 4 FOIS SUR LE PODIUM DE L'APP.M.

CAMPAGNE

DISCOVERY : GRAND PRIX DE LA PRESSE MAGAZINE, PRIX DE LA

MEILLEURE CAMPAGNE AUTOMOBILE, PRIX DE LA MEILLEURE RÉDACTION, PRIX DES ACCOMPAGNANTS.



CAMPAGNE DISCOVERY : GRAND PRIX DE LA PRESSE MAGAZINE.

Canon



Quel bonheur de travailler avec une BJ-C 4300N.

Ce n'est pas elle qui vous causera des soucis :

une seule cartouche d'encre suffit pour qu'elle

imprime sans rechigner jusqu'à 1200 pages

CRÉÉE PAR CANON
POUR CEUX QUI VEULENT
IMPRIMER EN NOIR ET BLANC
BEAUCOUP, VITE ET BIEN.

en monochrome. Facile à vivre, la BJ-C 4300N

est aussi extrêmement rapide et d'une qualité

irréprochable. En plus, elle est évolutive.

Une cartouche couleur et une tête-scanner,

BJC-4300N.

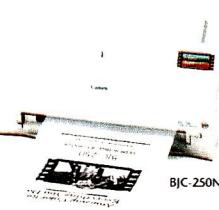
Installez un bourreau de travail dans tous vos bureaux.



pour vos photos et la reconnaiss-

Tête scanner sance de caractères, et voilà
votre BJC-4300N promue

au rang d'imprimante-scanner. Quant à sa



petite sœur, la BJC-250N, elle ne manque

pas non plus d'atouts pour vous séduire.

Décidément, c'est un vrai plaisir de partager
son bureau avec une BJC.

Le seigneur des atomes

■ **Prix Nobel de physique 1997, le Français Claude Cohen-Tannoudji a développé une nouvelle branche de la physique, le "refroidissement des atomes par laser". Au-delà de la connaissance fondamentale, cette discipline a de fructueuses retombées, par exemple, la mesure ultra-précise du temps.**

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

L'annonce du prix Nobel de physique 1997 n'aura surpris personne au sein de la communauté scientifique. Les trois lauréats – le Français Claude Cohen-Tannoudji et les Américains Stephen Chu et William Phillips – comptaient parmi les quelques chercheurs notoirement "nobélisables" du moment.

Les collègues du nouveau prix Nobel français sont unanimes à louer son «intuition physique» et sa «créativité» hors du commun. Né en 1933 à Constantine (Algérie), Claude Cohen-Tannoudji arrive à Paris à l'âge de 20 ans pour entrer à l'Ecole normale supérieure. D'abord attiré par les mathématiques, il oblique vers la physique atomique en suivant les cours du «père» du laser, le prix Nobel Alfred Kastler, qui dirigera sa thèse. Dès lors, Cohen-Tannoudji ne quittera le laboratoire de la rue Lhomond que pour donner ses cours au Collège de France et dans plusieurs universités à l'étranger.

Aujourd'hui, le jury de Stockholm le récompense, ainsi que Chu et Phillips, pour la création d'une nouvelle branche de la physique qui, en douze ans à peine, a accumulé les découvertes, les records, et même de brillantes applications technologiques. Cette jeune discipline si prometteuse se nomme "refroidissement des atomes par laser".

COURSE DE LENTEUR

Si certains physiciens font profession d'accélérer les particules, d'autres s'emploient au contraire à ralentir les atomes. Refroidir et ralentir, c'est en effet tout un. Les atomes ne cessent de s'agiter frénétiquement, et c'est ce mouvement permanent que, à notre échelle, nous appelons température.

Plus un corps est chaud, plus ses atomes bougent vite. Pour être précis, l'énergie cinétique moyenne des atomes est proportionnelle à leur température absolue. Celle-ci se mesure en degrés kelvins (K) à partir du "zéro absolu", qui vaut



VO TRUNG/COSMOS

– 273,15 °C. Le zéro absolu constitue une limite infranchissable, voire inaccessible, puisqu'il correspond à une immobilité totale des atomes...

On pourrait s'interroger sur l'utilité de refroidir (ou de ralentir) les atomes. Quand les physiciens accélèrent des particules, leur objectif est clair : ils cherchent à provoquer des collisions si violentes qu'elles recréent les particules les plus élémentaires de la matière et les forces qui régnaient à l'aube de l'Univers. Cette "big science" – ainsi qu'on qualifie la physique des particules – exige de gigantesques accélérateurs, des détecteurs lourds et coûteux ; elle mobilise des bataillons de chercheurs et de techniciens.

Rien de commun avec le ralentissement des atomes : là, on se



Aux confins du "zéro absolu"

C'est dans cette petite pièce encombrée que le physicien Claude Cohen-Tannoudji et ses collaborateurs ont mené les expériences qui ont permis de vaincre l'agitation des atomes. Les chercheurs ont ainsi atteint des températures s'approchant du "zéro absolu", soit - 273,15 °C.

contente

d'expériences plutôt lé-

gères, effectuées avec des instruments d'un coût raisonnable par de petites équipes de quatre ou cinq physiciens. Pourtant, ces expériences en apparence modestes permettent d'explorer des confins tout aussi étranges de la physique : la limite du froid absolu. Et le froid ouvre toutes grandes les portes du monde quantique.

«Les systèmes atomiques froids

constituent un banc d'essai de la physique quantique», résume Claude Cohen-Tannoudji. A l'échelle des particules, les lois classiques de la physique n'ont plus cours : le monde microscopique est régi par les déroutantes lois de la physique quantique. Dans ce monde, les particules sont aussi en quelque sorte des ondes, et les ondes ressemblent parfois à des particules. Ou plutôt,

il n'existe plus vraiment ni ondes ni particules, mais des «objets quantiques» qui combinent des propriétés coruscantes et ondulatoires.

La lumière, par exemple, qu'on considère généralement comme étant formée d'ondes, se comporte parfois comme si elle était faite de petits «grains», les photons. Réciproquement, les particules de matière ont leur face cachée ondulatoire. ■■■

■ ■ ■ Pour transformer Dr Jekyll-particule en Mr Hyde-onde, la recette est simple : la longueur d'onde est inversement proportionnelle à la vitesse de la particule. A température ambiante, les atomes bougent si vite que leur longueur d'onde est ultra-courte, bien plus petite que les dimensions de l'atome. Ce qui explique pourquoi ils n'ont aucun caractère ondulatoire. Sauf quand les atomes sont suffisamment lents, donc froids : ils acquièrent alors une longueur d'onde assez grande pour que ces propriétés ondulatoires se manifestent au grand jour. Grâce au froid, la matière devient aussi... immatérielle que la lumière !

EFFET DE RECOL

Le froid avait déjà permis aux physiciens de découvrir, il y a plusieurs décennies, les extraordinaires phénomènes quantiques à grande échelle que sont la supraconductivité (1) ou la superfluidité (2). Mais ces expériences ne nécessitaient pas de descendre au-dessous de quelques degrés kelvins, températures accessibles par des techniques de refroidissement classiques, à l'azote ou à l'hélium liquides.

Aujourd'hui, on atteint les milliardièmes de kelvin en immobilisant les atomes au moyen du meilleur outil qui soit : la lumière. Une lumière parfaitement contrôlée, dont on peut faire varier l'intensité, la longueur d'onde et la polarité – autrement dit, un laser.

Le principe du ralentissement par la lumière exploite le recul des atomes,

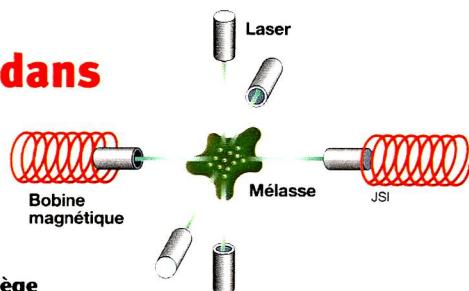
idée suggérée par Einstein dès 1917. Puisque la lumière est composée de petits grains – les photons –, un faisceau de lumière dirigé sur un atome exerce sur lui une force (comme de la chevrotine frappant une cible). Et, quand un atome absorbe un photon, il subit un certain recul. Si l'atome se dirige vers le photon, il sera donc légèrement ralenti en l'absorbant.

Certes, la vitesse de recul sous

l'impact d'un photon – quelques millimètres ou centimètres par seconde – est infime, comparée à celle des atomes. A une température de 20 °C, des atomes de gaz battent couramment le Concorde à la course : ils filent à 4000 km/h. Même dans le froid des immensités intergalactiques, à 3 K (−270 °C), ils se déplacent encore à 400 km/h. Quand les atomes adoptent l'allure d'une tortue – 1 km/h –, la tem-

Ils ont mis les atomes dans la mélasse

Stephen Chu (à gauche) et William Phillips (à droite) viennent de recevoir le prix Nobel de physique pour leur "piège magnéto-optique". Ce dispositif, constitué de six faisceaux lasers et de deux bobines magnétiques, permet de piéger les atomes dans une "mélasse optique" qui les ralentit et, donc, les refroidit. Sur la photo ci-contre, une mélasse d'atomes froids (reconnaissable à sa fluorescence verte) est réfléchie entre deux miroirs atomiques.



L. DEMATTEIS/
REUTERS/
MAXPPP

(1) Faculté de certains métaux de laisser passer le courant électrique sans aucune résistance.
(2) Propriété qu'à l'hélium de s'écouler à travers tous les orifices, aussi fins soient-ils, sans viscosité.

pérature n'est plus que d'un millionième de kelvin.

Pour passer de la vitesse du Concorde à celle d'une tortue, les atomes devront subir des centaines de millions de fois le minuscule ralentissement que leur inflige l'absorption d'un photon. C'est Stephen Chu qui est parvenu le premier, en 1985, à ralentir des atomes par laser, dans le laboratoire du New Jersey de la société Bell. Les atomes sont placés à l'intersection de six faisceaux lasers, qui se font face deux à deux (voir le dessin ci-contre). La trouvaille de Chu a consisté à ajuster avec précision la fréquence des lasers, de telle sorte que les atomes absorbent uniquement les photons qui viennent à leur rencontre — c'est-à-dire précisément ceux qui les freinent. Ainsi, les lasers

atténuent progressivement l'énergie des atomes. Ces derniers, quelle que soit leur direction, reçoivent une poussée opposée à leur vitesse, exactement comme s'ils étaient englués dans un liquide visqueux qui entrave leur mobilité. Les atomes se retrouvent dans la situation de guêpes empêtrées dans de la confiture, d'où le nom de "mélasse optique" donné à ce piège de lumière.

En réalité, il ne s'agit pas encore d'un piège, puisque les atomes sont libres de s'échapper de la mélasse optique. Pour les y retenir, pas question de les enfermer dans une boîte : les chocs sur les parois élèveraient instantanément la température. A l'Institut national des standards de Gaithersburg (Maryland), William Phillips a mis au point un champ magnétique non

homogène qui ramène les atomes au centre du dispositif.

Phillips a également inventé une méthode pour mesurer la vitesse des atomes (donc leur température) à partir de leur temps de chute. A l'échelle des atomes, on avait cou-

Et la matière devient aussi immatérielle que la lumière...

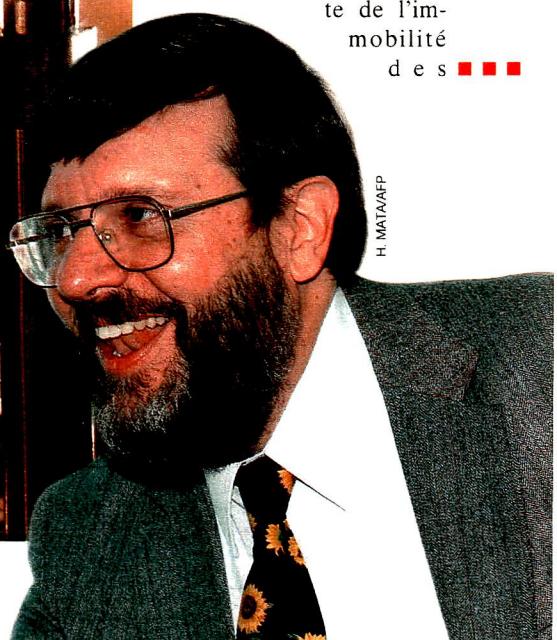
tume de négliger la gravité, tant elle est faible par rapport à l'énergie thermique. Mais, à mesure que les atomes ralentissent, la pesanteur se fait sentir. A très basse température, quand les atomes cessent de remuer en tout sens, ils tombent comme de vulgaires pommes... Les physiciens

ont donc dû imaginer également des dispositifs qui contrecarrent la pesanteur.

Depuis la mélasse optique de Chu, qui avait permis de descendre jusqu'à un quart de millième de kelvin, les scientifiques n'ont cessé d'améliorer les records de froid, renversant les uns après les autres les obstacles sur la route de l'immobilité
d e s ■■■



VO TRUNG/COSMOS



■ ■ ■ atomes. Ainsi, Claude Cohen-Tannoudji et son équipe ont découvert le moyen de "fatiguer" les atomes en les contraignant à se plier aux variations d'énergie créées au sein de la mélasse.

Puis les chercheurs français ont triomphé d'une limite au froid jus-

des horloges atomiques, qui désormais ne varient que d'une seconde en trente millions d'années ! Performance qui devrait être améliorée si l'on place ces horloges atomiques en apesanteur, dans un satellite, par exemple. Ces derniers ont justement besoin de dispositifs de guidage extrêmement précis, pour une meilleure localisation. Toutes les mesures très fines – par exemple, les tests qui visent à vérifier les prédictions de la théorie de la relativité générale – devraient bénéficier du refroidissement par laser.

Autre conséquence de ce refroidissement, plus spectaculaire encore : l'apparition de la face ondulatoire des atomes. Quand ils sont presque immobiles, les atomes dévoilent pleinement leurs propriétés quantiques et acquièrent toutes les caractéristiques d'une onde. On peut les faire se réfléchir sur un miroir, se diffracter, se réfracter, interférer – exactement comme la lumière.

Mais la retombée la plus extraordinaire a été la découverte, en

juin 1995, d'un nouvel état de la matière : le condensat de Bose-Einstein (voir *Science & Vie* n° 936, p. 6). Extraordinaire, mais attendue, puisque le phénomène avait été prévu théoriquement par le physicien indien Jagadish Chandra Bose et par Einstein dès 1925.

UNE SEULE ONDE D'ATOMES

Ainsi, les physiciens ont réussi à "condenser", grâce à des températures extrêmement basses, un grand nombre d'atomes de rubidium (un métal mou), de sorte qu'ils se trouvent tous dans le même "état quantique" et ne forment qu'une seule onde. On tente déjà d'exploiter cette découverte : « De même qu'on fabrique des faisceaux de lumière cohérente – les lasers –, nous cherchons à réaliser des faisceaux d'atomes dans un même état quantique. Nous les appelons des lasers à atomes », explique Claude Cohen-Tannoudji.

Le prix Nobel souhaite profiter de sa prestigieuse distinction pour s'exprimer sur les sujets qui lui tiennent à cœur. C'est le cas de l'enseignement. Depuis des décennies, les étudiants en physique consultent com-

me une bible son manuel de mécanique quantique, écrit avec le physicien Franck Laloë.

« La recherche ne sert à rien si l'on ne transmet pas aux autres ce qu'on a compris. Et l'effort pédagogique est extrêmement profitable à la recherche, affirme Cohen-Tannoudji. Mes cours au Collège de France me donnent l'occasion de réfléchir de façon approfondie à certains problèmes, tels que la force exercée par la lumière sur les atomes. C'est ainsi que j'ai eu l'idée de travailler sur les atomes froids ! »

Horloge atomique en apesanteur, dans un satellite

qu'alors jugée infranchissable : la faible agitation des atomes provoquée par leur recul quand ils réémittent les photons absorbés. La solution consiste à régler les lasers de façon qu'ils n'agissent pas sur les atomes déjà presque immobiles. Ainsi, à mesure que cette population d'atomes très lents grandit, la température diminue. Les physiciens parviennent aujourd'hui à l'abaisser à quelques milliards de kelvin...

Des dizaines de laboratoires dans le monde disposent de cette technique de refroidissement par laser, outil privilégié aussi bien en recherche fondamentale qu'en recherche appliquée. Car des atomes figés par le froid présentent le grand avantage de se laisser observer plus longtemps. Or, plus le temps d'observation est long, plus les mesures sont précises.

Ainsi, la mesure longue des niveaux d'énergie du cézium (3) ultra-froid a permis de multiplier par cent la précision

(3) Métal mou utilisé comme référence dans la définition de la seconde. Une seconde égale 9 192 631 770 fois la période de l'onde correspondant à la transition entre les deux niveaux d'énergie les plus bas du cézium.

VO TRUNG/COSMOS

La précision du froid

L'horloge atomique spatiale, qui utilise des atomes de cézium refroidis par laser, est l'une des plus précises du monde (ici, le prototype testé à l'Observatoire de Paris).

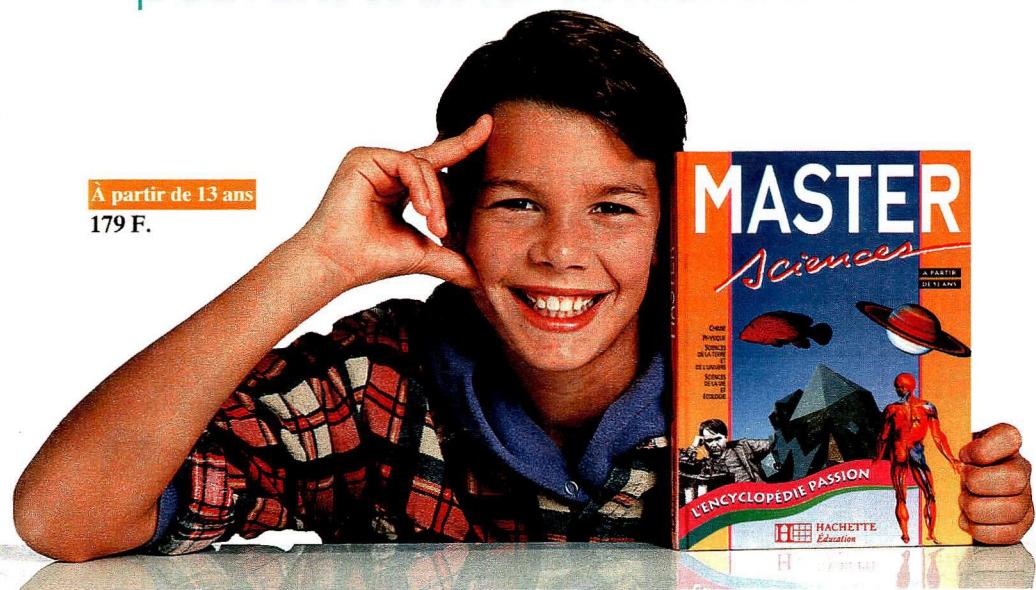
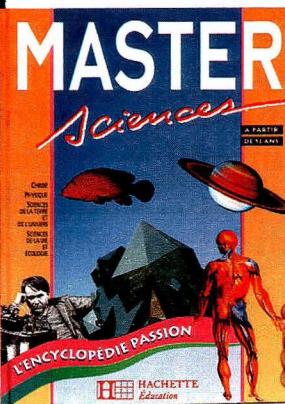


MASTER sciences

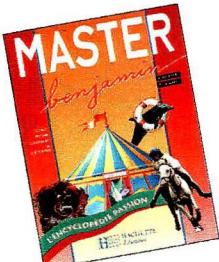
Les « scientifiques en herbe »
peuvent tout lui demander...

À partir de 13 ans

179 F.

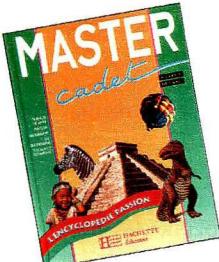


*Biologie, physique, chimie, sciences de la terre et de l'univers :
l'encyclopédie MASTER Sciences,
c'est toutes les sciences en un seul volume !*



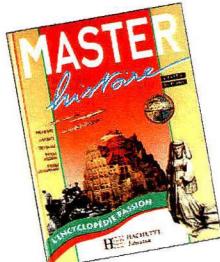
À partir de 6 ans

109 F.



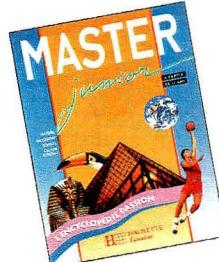
À partir de 9 ans

139 F.



À partir de 11 ans

129 F.



À partir de 12 ans

179 F.

Collection Master.
Les encyclopédies passion.



HACHETTE
Éducation

Le cœur chaotique de la Terre

■ La croûte terrestre est constituée de plaques tectoniques perpétuellement en mouvement. Mais quels sont les mécanismes qui les mettent en branle ? On vient de comprendre le fonctionnement des courants et des avalanches qui agitent les entrailles de notre planète.

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

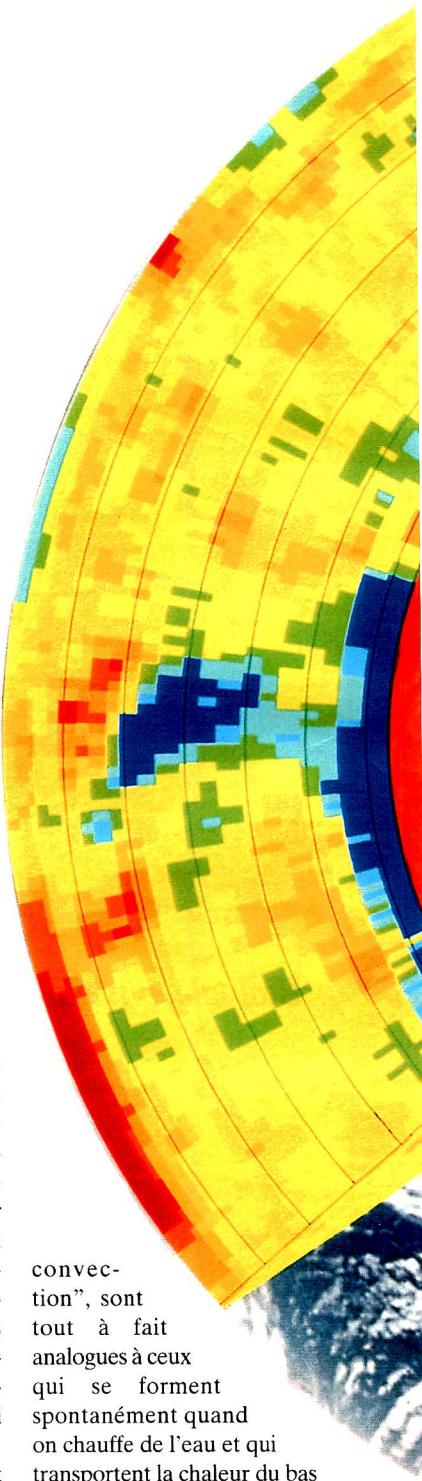
Si un géant observait notre planète en accéléré pendant des centaines de millions d'années, la surface de la Terre lui paraîtrait secouée de soubresauts incessants. Il verrait les continents coulisser les uns contre les autres, provoquant de terribles séismes, se heurter et se plisser en de gigantesques massifs montagneux, ou s'écartez pour faire place à de nouveaux océans...

Sans doute notre géant se demanderait-il quelle mystérieuse mécanique, cachée dans les entrailles du globe, est capable de déplacer les continents et de soulever les montagnes. Les scientifiques se sont longtemps cassé les dents sur cette question. Ils savaient que de formidables courants internes devaient entraîner au-dessus d'eux les mouvements des plaques tecto-

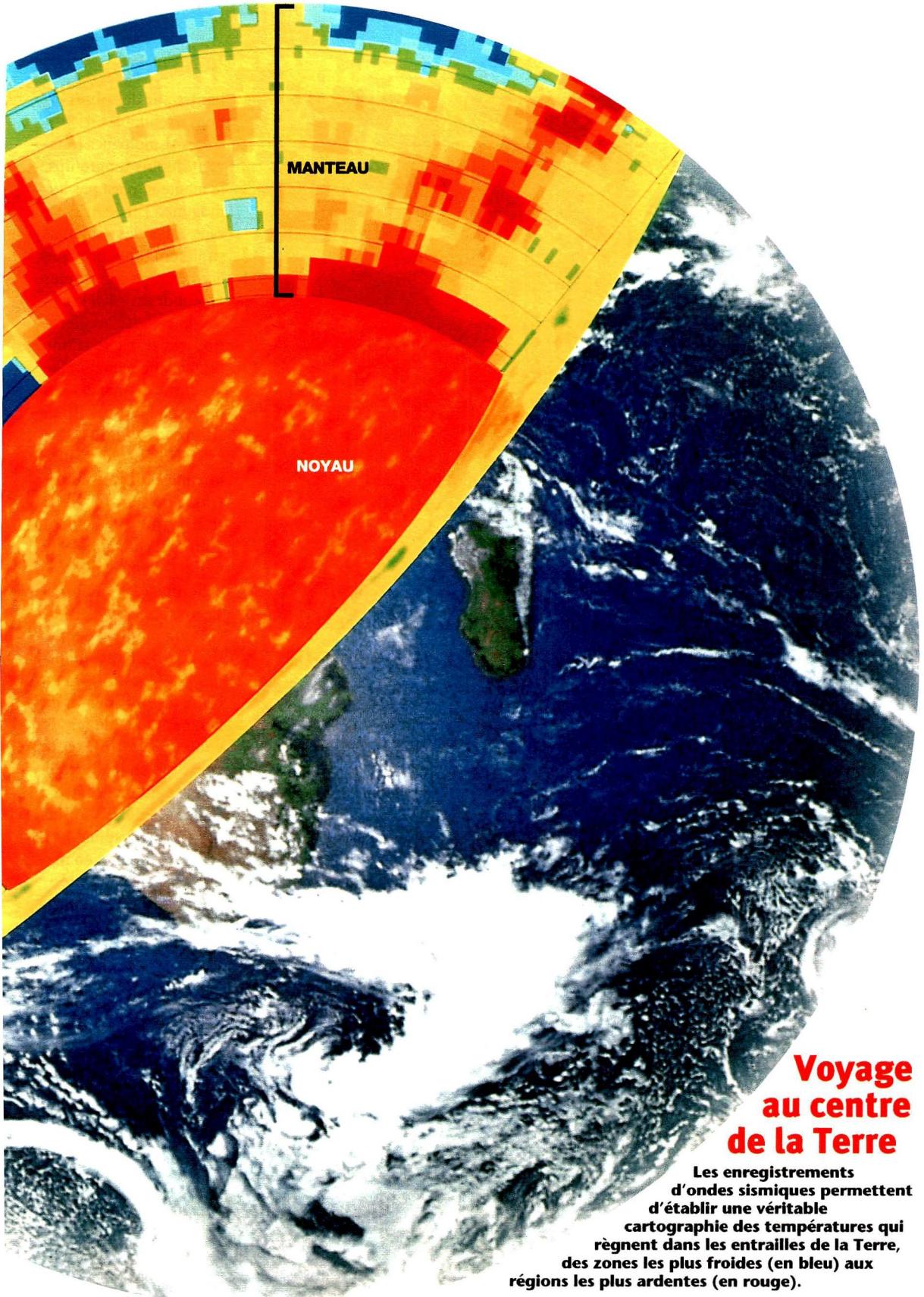
niques. Mais la circulation de ces courants profonds demeurait mystérieuse.

Depuis peu, l'image de l'intérieur de la Terre est devenue beaucoup plus nette, grâce à une moisson de résultats provenant de diverses disciplines (sismologie, chimie, physique des matériaux, modélisation informatique...). Le manteau terrestre apparaît brassé par d'immenses courants chaotiques et épisodiquement secoué par de titanesques avalanches. Et ces cataclysmes cycliques, à des centaines de kilomètres de profondeur, semblent capables d'expliquer les principales catastrophes tectoniques qui ont bouleversé l'écorce terrestre.

Du noyau à la surface, la Terre est parcourue de courants dont le rôle est d'évacuer sa chaleur interne vers l'extérieur. Ces courants, dits "de



convection", sont tout à fait analogues à ceux qui se forment spontanément quand on chauffe de l'eau et qui transportent la chaleur du bas vers le haut de la casserole. Ainsi, au centre du globe, dans la partie liquide du noyau terrestre, ■■■



Voyage au centre de la Terre

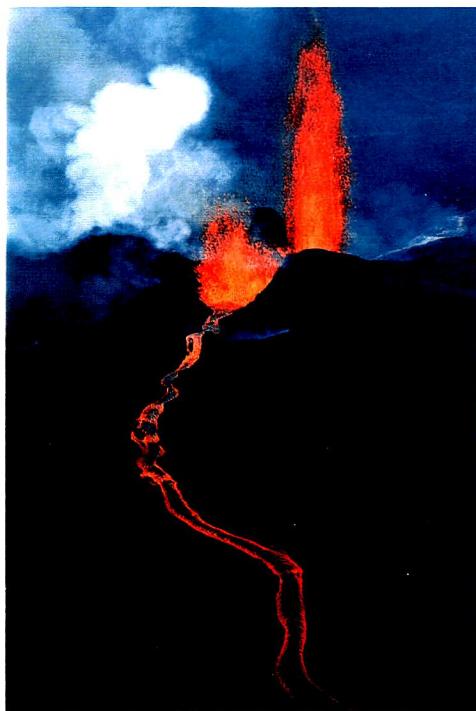
Les enregistrements d'ondes sismiques permettent d'établir une véritable cartographie des températures qui règnent dans les entrailles de la Terre, des zones les plus froides (en bleu) aux régions les plus ardentes (en rouge).

■ ■ ■ tourbillonnent des fleuves de fer en fusion, qui sont à l'origine du champ magnétique terrestre (voir *Science & Vie* n° 918, p. 48).

DES COURANTS DANS LA ROCHE

Plus près de nous, entre la croûte et le noyau – c'est-à-dire de 30 km à 2900 km de profondeur –, le manteau terrestre est constitué de roches cristallines. Difficile d'imaginer des courants circulant dans un milieu aussi dur et compact ! En fait, ces courants sont si lents (quelques centimètres par an) qu'à court terme on peut effectivement considérer le manteau comme un solide indéformable. Mais, à l'échelle des temps géologiques, le manteau est assimilable à un liquide extrêmement visqueux, siège d'une convection ultra-lente.

Pendant trois décennies, géophysiciens et géochimistes ont débattu de la convection dans le manteau sans parvenir à se mettre d'accord. Pour les premiers, les courants cir-



P. CHESLÉ/FOTOGRAF-STONE IMAGES

Au-dessous du volcan

Les volcans "de point chaud" (ici, une coulée de lave à Big Island, à Hawaï) vont puiser leur magma en fusion à la base du manteau terrestre, à 2900 km sous nos pieds.

culaient à travers toute l'épaisseur du manteau, du noyau à l'écorce ; pour les seconds, les boucles de convection s'étageaient sur plusieurs niveaux. Et ces théories contradictoires s'appuyaient l'une et

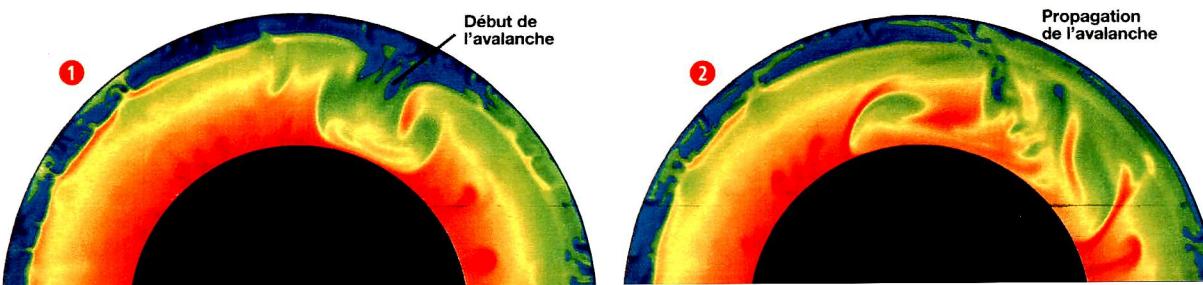
la partie supérieure du manteau, se change en spinelle, de 10 % plus dense. Et, à 670 km, la spinelle se transforme en pérovskite et en magnésowüstite, plus denses encore.

En analysant les laves volcaniques, uniques témoins de l'intérieur du manteau, les géochimistes ont conclu que ces couches ne se mélangent pas. La matière émise par les dorsales océaniques (1) vient de la partie supérieure du

(1) Grandes chaînes de montagnes volcaniques situées au fond des océans. Elles émettent en continu des laves qui, en refroidissant, constituent le plancher océanique.

Avalanche en sous-sol

Sur cette modélisation par ordinateur, l'organisation du manteau en deux couches distinctes est visible. Mais une "avalanche" naît dans la couche supérieure et rompt la frontière séparant les couches ①. Pour compenser cette chute de matière froide, des langues de matériaux chauds – donc moins visqueux – remontent ② et se propagent sous la croûte terrestre. Elles peuvent provoquer d'énormes éruptions volcaniques ③ et accélérer la dérive des plaques tectoniques ④.



l'autre sur des observations irréfutables...

Les sismologues le savent depuis longtemps, le manteau n'est pas homogène. En le traversant, les ondes sismiques subissent une brusque accélération à certaines profondeurs : 400 km et 670 km. Cette accélération est le signe d'une brutale augmentation de la densité du milieu à ces niveaux, due à des "transitions de phase". Un cristal change de phase lorsque l'édifice géométrique de ses atomes se transforme : il devient d'un seul coup plus – ou moins – compact.

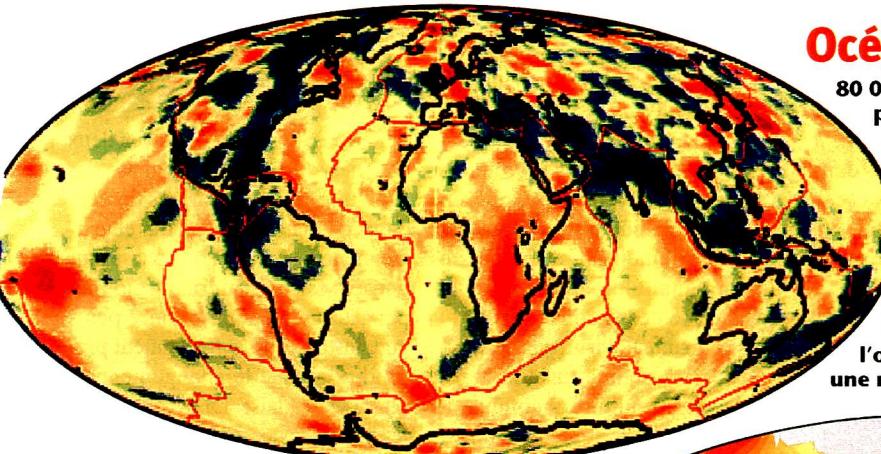
Soumises à une pression croissante, les roches du manteau subissent deux changements de phase. À 400 km, l'olivine (un silicate de magnésium et de fer, de couleur verte), qui

constitue en majorité la

partie supérieure du manteau, se change en spinelle, de 10 % plus dense. Et, à 670 km, la spinelle se transforme en pérovskite et en magnésowüstite, plus denses encore.

Océans d'antan

R. VAN DER Hilst/MIT
80 000 séismes enregistrés par 3 500 stations pendant trente ans ont permis de reconstituer ces vues de l'intérieur de la Terre. Les zones bleues, plus froides, sont d'anciennes plaques océaniques, enfoncées jusqu'à la base du manteau (ci-dessous). Peut-être les planchers de l'océan Pacifique et de la Thétis, une mer aujourd'hui disparue...



manteau, tandis que certains volcans, dits de "point chaud", éjectent des roches qui, pense-t-on, proviennent directement du manteau inférieur. Or, ces matériaux ont des compositions chimiques et isotopiques différentes. Les géochimistes en ont déduit que le manteau inférieur est resté isolé, alors que le manteau supérieur a échangé de la matière avec la croûte continentale. Selon eux, il n'y a donc pas de brassage entre les deux parties du manteau. Conclusion : la convection doit s'établir en deux couches séparées par la "frontière" des 670 km (voir le dessin page suivante).

UN MANTEAU EN LABORATOIRE

Cette thèse a été renforcée lorsqu'on a pu reproduire en laboratoire les transitions de phase qui se produisent à l'intérieur du manteau. L'exploit a été accompli dans les années 80, grâce aux "enclumes à cellules de diamant" (voir *Science & Vie* n° 900, p. 31), capables de soumettre de petits échantillons de roche aux températures et aux pressions colossales des grandes profondeurs, soit plusieurs milliers

de degrés et plusieurs millions de fois la pression atmosphérique ! Ces expériences ont montré que la première transition vers une phase plus dense (olivine-spinelle) dégage de l'énergie. Cette énergie est cédée au fluide du manteau, ce qui favorise la circulation des courants de convection. A l'inverse, la seconde transition (spinelle-pérovskite) consomme de l'énergie, ce qui a pour effet de bloquer le passage des courants de convection. Bref, si la transition des 400 km ne constitue pas un obstacle aux courants, en revanche, la frontière de phase des 670 km doit séparer la convection en deux couches.

Mais, de leur côté, les géophysiciens tiraient une conclusion opposée de leurs observations. Les variations du champ de gravité à la surface du globe (qui traduisent les variations de densité de l'intérieur) et les images obtenues à partir des ondes sismiques plaidaient en faveur d'un manteau

terrestre en une seule couche.

Une couche ou deux ? Une bonne partie de la dynamique du globe est suspendue à cette alternative. Ainsi, on ignore – ou, plutôt, on ignorait jusqu'à récemment – ce que de-

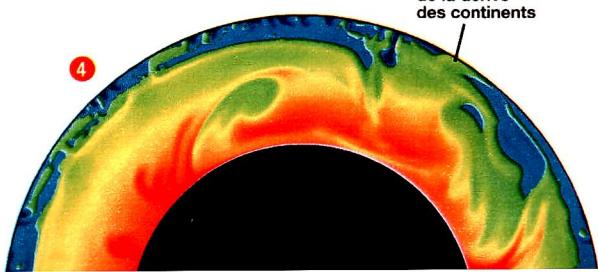
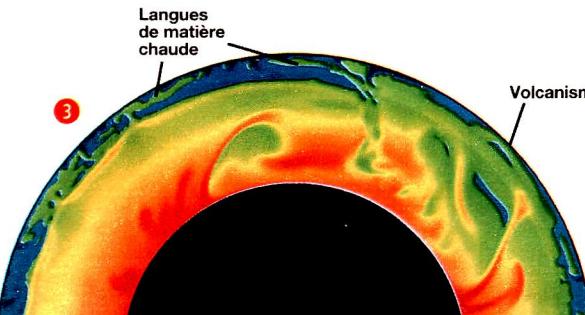
A l'échelle des temps géologiques, la Terre est liquide

viennent les planchers océaniques après avoir glissé sous les plaques continentales (c'est le phénomène de la subduction). Ces plaques froides, donc relativement denses, sont entraînées par leur poids et par ■■■

Langues de matière chaude

Volcanisme

Accélération de la dérive des continents



■ ■ ■ les courants de convection. S'enfoncent-elles dans le manteau inférieur jusqu'à la frontière du noyau, à 2 900 km, ou demeurent-elles dans le manteau supérieur, "coincées" par la discontinuité des 670 km? La

Les géophysiciens ont coupé la poire en deux

question est d'importance, car ces morceaux de croûte froids, rigides et lourds, tombés dans le manteau, influent certainement sur la circulation des courants.

Longtemps, les scientifiques sont restés bloqués, eux aussi, entre les deux termes de l'alternative. Mais, depuis peu, ils semblent avoir tranché... en coupant la poire en deux. La convection aurait lieu tantôt en deux couches, tantôt en une seule.

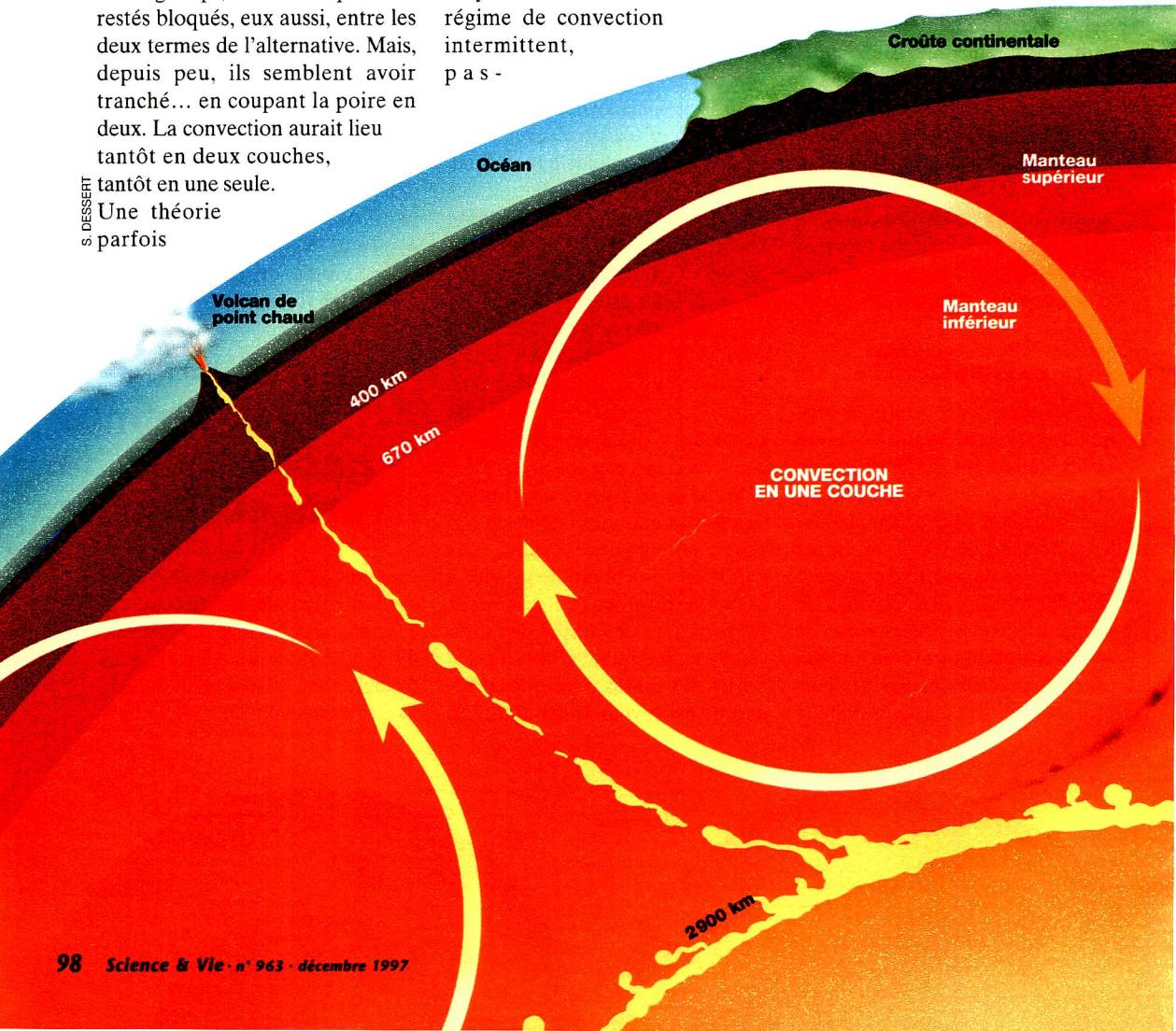
Une théorie parfois

baptisée "une couche et demie".

Les géophysiciens Philippe Machetel et Patrice Weber (CNRS-Toulouse) sont parmi les premiers à avoir proposé cette hypothèse, en 1991. Ils ont simulé sur ordinateur le comportement du manteau, en lui appliquant les équations de la mécanique des fluides. Résultat : dans ce manteau virtuel, la convection suit un régime turbulent, instable, pour tout dire chaotique. Il est donc "physiquement" impossible de prédire précisément les mouvements des courants (et, à plus forte raison, les déplacements des plaques tectoniques en surface). Le modèle permet cependant de reconstituer le comportement moyen du manteau terrestre : un régime de convection intermittent,

sant spontanément d'une couche à deux couches, et vice-versa.

Partons d'une convection en deux couches : la frontière de phase des 670 km arrête les courants descendants de matière froide, qui ne parviennent pas à passer à la phase plus dense. Mais ce matériau froid finit par s'accumuler et s'enfonce peu à peu, jusqu'à être suffisamment profond pour que le changement de phase se produise. La barrière entre les couches s'écroule alors en une violente avalanche, et les courants descendants sont brutalement aspirés à la base du manteau : la convection en une couche s'est établie. Quand l'avalanche s'affaiblit, la barrière de phase recommence à blo-



quer le passage des courants convectifs, les forçant de nouveau à circuler en deux couches séparées.

Plusieurs travaux récents apportent de l'eau au moulin de cette "circulation alternée". Deux équipes américaines, celle de Rob Van der Hilst, du Massachusetts Institute of Technology, et celle de Stephen Grand, de l'université du Texas, ont récemment – et indépendamment – réalisé, à partir d'enregistrements d'ondes sismiques, de superbes "coupes" de l'intérieur de la Terre, beaucoup plus détaillées que celles qui étaient auparavant disponibles. Ces deux séries d'images (première page de l'article et haut de la page précédente), pourtant obtenues à

partir de données complètement différentes, concordent de façon remarquable. On y distingue clairement deux plaques de matière froide qui s'enfoncent obliquement de haut en bas du manteau, l'une au sud de l'Europe et de l'Asie, l'autre à l'aplomb de la côte est de l'Amérique du Nord. Ce sont très probablement des plaques de subduction : autrement dit, d'anciens planchers océaniques enfouis dans le manteau il y a des centaines de millions d'années. Comme elles pénètrent jusqu'à plus de 2000 km de profondeur, ces plaques témoignent évidemment d'une convection à une seule couche. Mais, dans d'autres régions (par exemple, la fosse d'Izu-

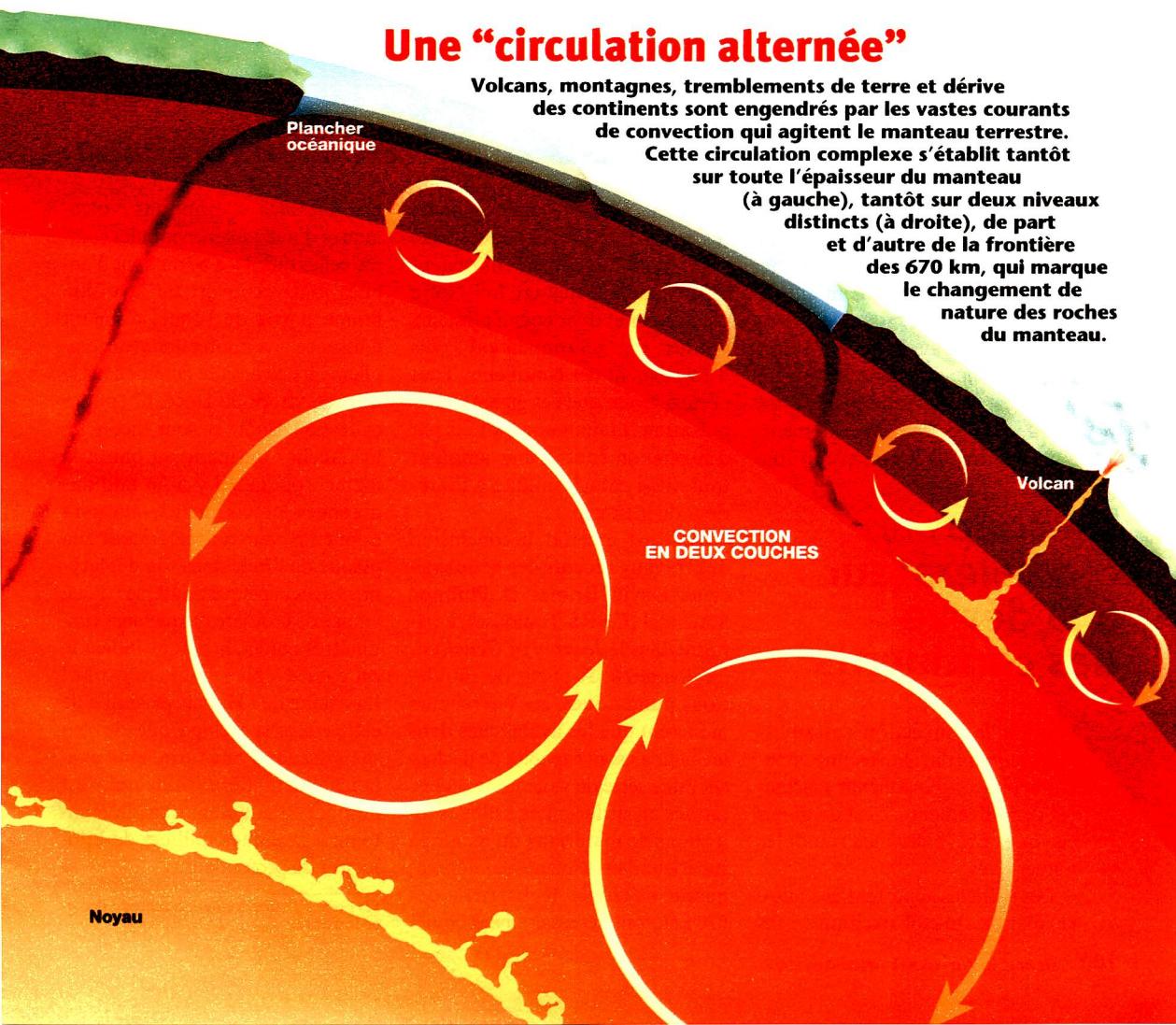
Bonin, près du Japon), les ondes sismiques montrent au contraire des plaques de subduction qui s'aplatissent presque à l'horizontale sur la barrière des 670 km.

NAISSANCE DE L'HIMALAYA

Les analyses récentes des laves volcaniques plaident aussi en faveur d'une convection en mode alterné. Partant de la composition isotopique de roches volcaniques de diverses provenances, l'actuel ministre de l'Education nationale, Claude Allègre, en a déduit en 1996 (alors qu'il dirigeait un département de l'Institut de physique du globe de Paris) que les échanges entre le niveau inférieur et le niveau

Une "circulation alternée"

Volcans, montagnes, tremblements de terre et dérive des continents sont engendrés par les vastes courants de convection qui agitent le manteau terrestre. Cette circulation complexe s'établit tantôt sur toute l'épaisseur du manteau (à gauche), tantôt sur deux niveaux distincts (à droite), de part et d'autre de la frontière des 670 km, qui marque le changement de nature des roches du manteau.



■ ■ ■ supérieur du manteau devaient être beaucoup plus restreints autrefois qu'aujourd'hui. Durant les quatre premiers milliards d'années de la vie de notre planète, estime-t-il, la convection dans le manteau se serait opérée en deux couches. C'est seulement il y a moins d'un milliard d'années qu'aurait été instaurée l'alternance des convections à une et à deux couches.

En effet, la Terre se refroidit progressivement, si bien que la convection était sans doute plus vigoureuse dans le passé. Dans un manteau terrestre plus chaud, donc moins visqueux, les courants de-

vraient circuler plus vite. La matière froide n'avait alors pas le temps de s'accumuler à la frontière entre manteau inférieur et manteau supérieur, et le phénomène d'avalanche ne pouvait se produire. C'est seulement lorsque la convection s'est suffisamment ralentie qu'elle a pu passer, transitoirement, à une couche. Dans un avenir très

convections à une ou deux couches se succéderaient à intervalles irréguliers, de l'ordre de 500 à 700 millions d'années. Rythme qui rappelle étrangement celui des grands cycles de formation et de rupture des "supercontinents"...

A la fin de l'ère primaire, les

brées par de puissants "panaches" de matière plus chaude qui remontent vers la surface. Ces courants de retour pourraient accroître brusquement l'émission de lave par les dorsales océaniques, accélérer l'écartement des rifts (2) et même casser les blocs continentaux. Ils seraient aussi

Flots de lave

Il y a 60 millions d'années, une titanesque éruption volcanique a recouvert de lave une partie de l'Inde, engendrant les "traps du Deccan" (ci-contre). Ce cataclysme serait la conséquence d'une gigantesque avalanche de matière froide à l'intérieur du manteau terrestre.



V. COURTOIS/PG

continents actuels étaient agglomérés en un seul bloc, appelé "Panée". Mais, auparavant, ils étaient séparés, comme aujourd'hui. Notre planète aurait donc connu plusieurs phases de regroupement puis d'écartement des continents. Tout porte à croire que ces gigantesques pulsations étaient engendrées par des phénomènes d'une ampleur tout aussi cataclysmique à l'intérieur du manteau.

Telle est, en effet, la conclusion des travaux récents des géophysiciens David Brunet et Philippe Machetel (CNRS-Toulouse), à paraître dans le *Journal of Geophysical Research*. A partir de simulations numériques, ces chercheurs montrent que les avalanches dans le manteau sont capables de déclencher une série de violentes manifestations en surface. Les brutales injections de matériaux du manteau supérieur dans le manteau inférieur, quand s'écroule la barrière des 670 km, sont nécessairement équilibrées par de puissants "panaches" de matière plus chaude qui remontent vers la surface. Ces courants de retour pourraient accroître brusquement l'émission de lave par les dorsales océaniques, accélérer l'écartement des rifts (2) et même casser les blocs continentaux. Ils seraient aussi

responsables d'éruptions volcaniques d'une violence inouïe, comme celles qui, il y a 60 millions d'années, ont recouvert de lave une bonne partie de l'Inde, donnant naissance aux impressionnantes empilements de basalte connus sous le nom de "traps du Deccan" (photo ci-dessus). Enfin, ce sont encore les avalanches du manteau qui, à la même époque (il y a 56 millions d'années précisément), auraient donné un coup d'accélérateur à la plaque de l'Inde dans son déplacement vers la plaque asiatique : d'une vitesse de croisière de quelques centimètres par an, la plaque indienne est passée à plus de 15 cm par an ! La chaîne de l'Himalaya, surgie de cette collision cyclopéenne, devrait sa naissance à une turbulente avalanche de matière froide qui s'est enfonce lentement dans le manteau, à quelques milliers de kilomètres de profondeur... ■

(2) Fossés d'effondrement fracturant l'écorce terrestre.

Un coup d'accélérateur à la dérive des continents

lointain, la convection s'affaiblissant toujours davantage, une circulation uni-couche pourrait s'instaurer définitivement – c'est du moins ce que prévoient les modèles numériques.

Ces modèles apportent une autre révélation, plutôt excitante : les

"Les révolutions scientifiques"

ISSN 1157-4887
LES CAHIERS
DE SCIENCE & VIE

RÉVOLUTIONS SCIENTIFIQUES

JAPON

**Comment les samouraïs
sont devenus des savants**



**LES CAHIERS
DE SCIENCE & VIE**

DES HISTOIRES RICHES EN DECOUVERTES

EN VENTE PARTOUT

Les adorateurs de Glozel

■ Des tablettes portant des signes mystérieux et une foule d'objets hétéroclites... Dans les années 20, le "trésor" de Glozel (Allier) a déchaîné les passions : des hommes préhistoriques "français" auraient découvert l'écriture! Balivernes, disent aujourd'hui les archéologues. Ce qui ne décourage nullement les nouveaux adeptes de la secte glozélienne.

PAR CATHERINE CHAUVEAU





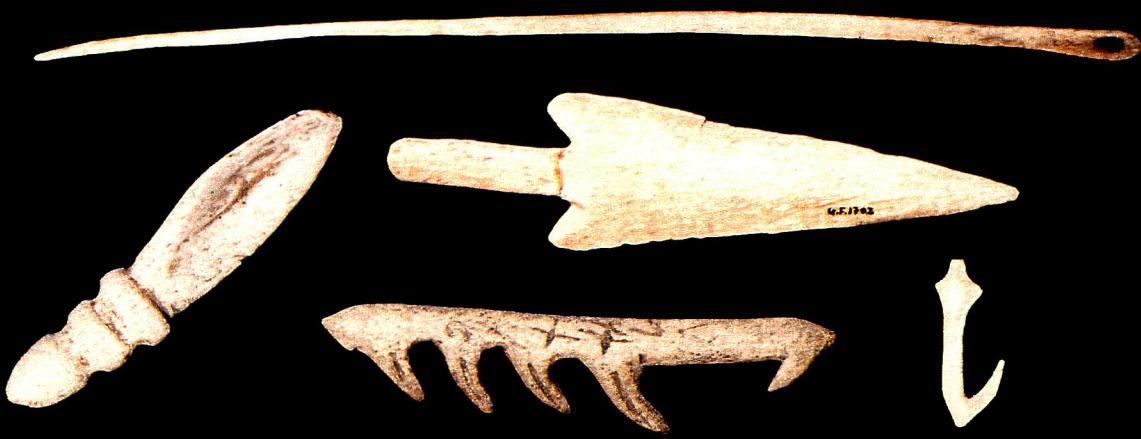
PHOTOS J. MARQUIS

Sur les lieux du "mystère", soixante ans après les premières fouilles, les archéologues trouvèrent de nouveaux indices : une moitié de lampe à graisse, un tesson de vase inscrit et deux fragments de tablette. Objets typiques du lieu, appartenant à l'une des collections les plus insolites de l'histoire de l'archéologie, fascinante pour les uns, grotesque pour les autres, celle du site de Glozel (Allier), découvert en 1924. Seulement, les "vestiges" se trouvaient dans les déblais d'une tranchée, creusée en 1974, dont une bâche en plastique signalait le fond. Ils avaient donc été enfouis récemment, voire très récemment. La farce ne s'arrêtait pas là : revenant à leur campement, à l'heure du déjeuner, les archéologues découvrirent l'autre moitié de la lampe, qui les attendait sagement devant leur tente, sur l'herbe givrée...

Depuis les années 70, les parascientifiques se sont "approprié" le site de Glozel, qui, après avoir déchaîné les passions au début du siècle, était tombé dans l'oubli (voir encadré pages suivantes). Afin de faire le point scientifique sur cette découverte et de la ■■■

Un bric-à-brac élevé au rang de musée

Emile Fradin présente dans son salon les objets trouvés dans son champ dans les années 20 et 30. Une collection étonnante, mêlant objets "préhistoriques" et tablettes inscrites – les «plus anciennes traces d'écriture connues», selon ses découvreurs...



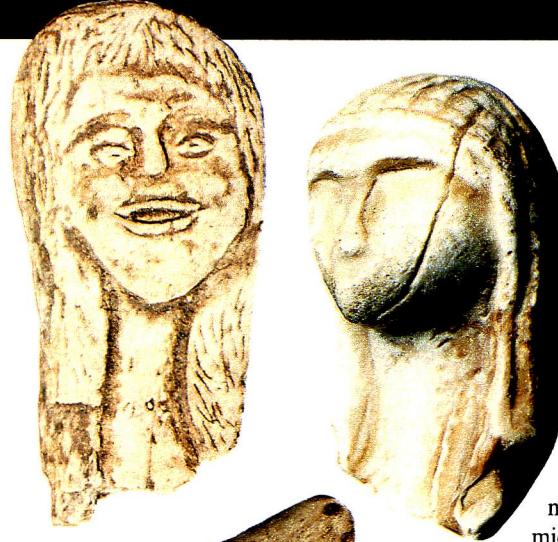
PHOTOS J. MARQUIS

■ ■ ■ replacer dans une perspective archéologique rigoureuse, de nouvelles recherches ont donc été entreprises à partir de l'hiver 1983-1984 (1). Cette campagne de fouilles, d'analyses sédimentologiques, de datations en laboratoire,

Une brillante culture cantonnée à un seul coteau !

d'inventaire et d'études d'archives a été demandée par Jack Lang, alors ministre de la Culture, sous la pression des élus socialistes locaux, sans cesse interpellés sur cette histoire, et à la suite de la récupération par l'extrême droite de l'inter-

(1) Les archéologues chargés de l'étude étaient J.-P. Daugas, alors conservateur au service régional de l'archéologie d'Auvergne, J.-C. Poursat (université Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand), J. Guilaine (Collège de France), P. Pétrequin (CNRS) et J.-P. Demoule (université Paris I), éminents spécialistes des civilisations néolithiques – auxquelles, selon ses partisans, appartiendrait la civilisation glozélienne –, et D. Miallier (laboratoire de physique corpusculaire, université Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand).



De bien piètres copies

Certains objets glozéliens apparaissent comme de naïves répliques de chefs-d'œuvre de l'art paléolithique découverts à la fin du xix^e et au début du xx^e siècle. A droite, la "Dame à la capuche" de Brasempouy et le "Cheval hennissant" du Mas-d'Azil ; à gauche, leurs copies glozéliennes.

préparation du site. Après cette étude, que reste-t-il du mystère de Glozel ?

Ses défenseurs présentent l'hétéroclite collection glozélienne comme l'industrie d'une brillante civilisation, remarquablement précoce, qui, dès la fin du paléolithique, aurait notamment inventé la céramique, et surtout l'écriture.

"Preuve" – pour les nationalistes – que ce sont les Européens qui ont créé la civilisation, et non les Sémites du Proche-Orient – un des défenseurs du site de Glozel fut pourtant Salomon Reinach, alors conservateur en chef du musée des Antiquités nationales.

Mais comment expliquer qu'une culture si rayonnante soit restée cantonnée à un petit coteau du Bourbonnais, totalement hermétique au développement culturel environnant et sans lien aucun avec les groupes voisins, même très proches ? Comment interpréter le sur-



Un extravagant inventaire

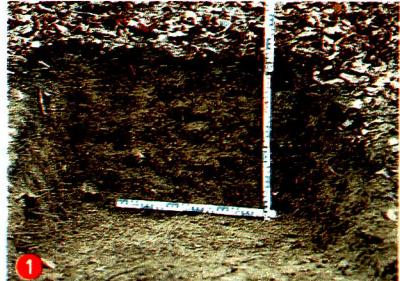
Voici quelques pièces du "trésor" glozélien (de gauche à droite) : des objets utilitaires – aiguille, cuiller, tête de flèche, harpon, hameçon – pourtant inutilisables, une vulve surmontée d'un pénis en semi-érection – composition incongrue par rapport aux objets sexuels préhistoriques –, une "urne" au motif décoratif bien postérieur à la date supposée de sa fabrication...

prenant ensemble exhumé, formé d'objets anachroniques entre eux, atypiques, et pourtant d'une facture si homogène ? Comment interpréter le curieux également dans le temps des rares datations de laboratoire, en tout cas postérieures à la période préhistorique française ?

Le rapport archéologique paru en 1995 (2) éclaircit considérablement la situation. Les seules traces d'occupation humaine effectives à Glozel sont celles d'un établissement de verriers médiévaux et post-médiévaux. Ces vestiges sont sans équivoque : fours – pris pour des tombes ou pour des fours de potiers par les "glozéliens" –, fragments de verre travaillé selon les savoir-faire de ces époques et un tube métal-

Le sol, témoin à charge

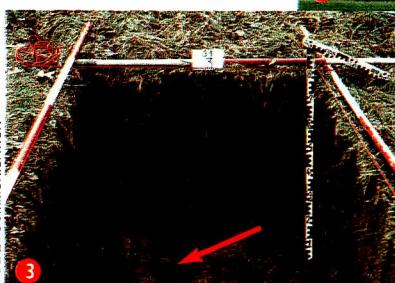
La géologie apporte de solides preuves de l'inauthenticité du site de Glozel. Dans ce vallon ①, une couche de terre de décomposition végétale recouvre des dépôts dus à l'altération des massifs rocheux. Cette strate inférieure (de couleur jaunâtre) est vierge de toute occupation humaine ①. C'est pourtant dans cette couche, formée il y a 10 000 ans au plus, que les fouilleurs des années 20 ont trouvé les objets glozéliens, qui seraient donc antérieurs de plusieurs millénaires à la date présumée du site – le trou d'extraction des objets (flèche) a été remblayé avec la terre de surface ②.



J.-P. DAUGAS/MIN. DE LA CULTURE
ET DE LA COMMUNICATION



(2) Dans la Revue archéologique du centre de la France (tome 34).



lique à souffler le verre. De plus, ce type de production en ces temps est connu par les textes de l'histoire locale. On n'a trouvé aucun vestige des périodes préhistorique ou gallo-romaine, suggérées par l'allure des ob-

jets glozéliens ou par les datations en laboratoire des années 70 (datations effectuées dans des conditions contestables). De même qu'il n'existe aucun autre niveau archéologique, *a fortiori* préhistorique, dans la succession des strates du sol (voir photos ci-contre).

Les analyses des sédiments, ainsi que des pollens et des spores qu'ils renferment, effectuées par le Centre national de préhistoire de Périgueux, aboutissent à la même conclusion. Le sol correspond à un ■■■■■

environnement postglaciaire, c'est-à-dire postérieur à la préhistoire. Plus précisément, cet environnement indique une culture céréalière, pratiquée après des déboisements, qu'on peut situer de la période gallo-romaine à nos jours.

Les analyses révèlent donc l'absence en ce lieu d'un sol contemporain du paléolithique ou du néolithique. De plus, les ruissellements subis par le terrain auraient entraîné la désagrégation de la céramique. Enfin, la composition chimique du sol exclut que des os aient pu s'y conserver pendant plusieurs millénaires, ni même plusieurs millénaires,

Deux tablettes et une idole datent du début du XX^e siècle

sieurs siècles. Or, c'est justement sur les ossements humains et sur les os travaillés d'animaux – enfouis selon eux à la préhistoire – que les glozéliens fondent en grande partie leur interprétation.

C'est aussi entre les périodes médiévale et moderne que s'échelonnent les nouvelles datations au carbone 14 et par thermoluminescence. Deux tablettes glozéliennes et une idole de terre cuite sont même datées de la première moitié de notre siècle. Pour remettre en cause ces âges récents, il faudrait supposer – hypothèse aberrante – que, tout au long des millénaires qui nous séparent de la préhistoire, les objets d'argile ont été régulièrement exhumés, recuits et réenfouis. Cette méthode, en effet, situe approximativement le moment où l'objet en terre a été chauffé pour la dernière fois. C'est aux archéologues et aux spécialistes des technologies du passé de déterminer si ce matériau a ensuite été remodelé, la céramique s'étant amollie dans le sol.

SOIXANTE-DIX ANS DE SUPERCHERIE

C'est l'histoire d'un grand-père, d'un petit-fils et d'une vache... Un matin de mars 1924, le vieux Claude Fradin laboure un champ nouvellement défriché, en compagnie de son petit-fils Emile. Soudain, sa vache trébuche, le sol vient de céder sous ses pas. Excitation, espoir de gain – il y a certainement un trésor là-dessous... Un brin de vantardise aussi : on a évidemment l'intérêt des notables locaux amateurs d'archéologie.

De tout temps, et encore aujourd'hui, c'est ainsi que se font de nombreuses découvertes. L'affaire commence donc banalement, mais prend vite une tournure spectaculaire.

L'ensemble des objets exhumés par le directeur des fouilles, Antonin Morlet, médecin à Vichy, paraît des plus bizarres. Certaines pièces

– harpons, objets en os, en bois de cervidé... – s'apparentent à des œuvres du magdalénien, culture de la fin du paléolithique (de 16 000 à 9 000 avant notre ère). D'autres – céramiques, haches polies... – seraient à classer parmi les réalisations du néolithique (de 5 000 à 2 000 avant notre ère). Même dans les années 20, quand les connaissances et les datations en préhistoire n'étaient pas aussi affinées qu'aujourd'hui, on distinguait déjà ces deux périodes comme successives, mais si différentes qu'on ne savait les relier.

Les vestiges de loin les plus curieux dans

l'étonnant fabri-

tras de



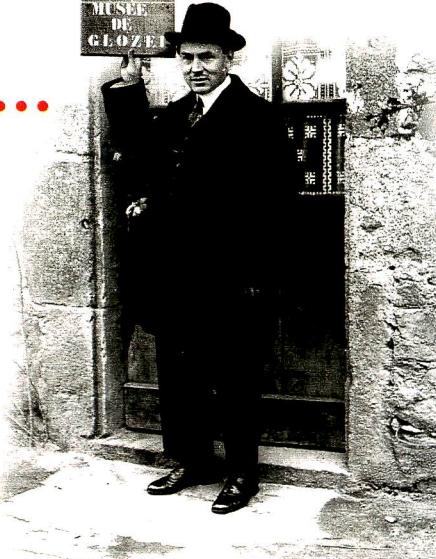
Le grand-père et le petit-fils Fradin admirant un objet "préhistorique" découvert dans leur champ.

Glozel sont de grandes tablettes de terre cuite portant une écriture inconnue. A l'époque, les avancées les plus惊人的 de l'archéologie se traduisent par la synthèse culturelle de la préhistoire européenne et par la révélation de la diffusion du néolithique – débuts de l'agriculture, de la céramique, de la sédentarisation – du Proche-Orient vers l'Occident.

En 1923, on a découvert le sarcophage du roi Ahiram de Byblos (X^e siècle avant notre ère), dont l'inscription en phénicien renforce la thèse de l'origine sémitique de l'alphabet, donc de notre système d'écriture.

Glozel présente toutes ces glo-rieuses nouveautés. Mais, pour ses découvreurs, la collection

COLLECTION VIOLET



Le Dr Antonin Morlet fouilla avec obstination le site de Glozel pendant plus de dix ans.

COLLECTION VIOLET

s'inscrit dans une autre perspective : ces innovations, jugées fondatrices de la civilisation, seraient l'œuvre des magdaléniens, c'est-à-dire d'un groupe préhistorique "bien de chez nous" – et dateiraient de plusieurs millénaires avant l'émergence de ces inventions au Proche-Orient. Le Dr Morlet pense que le champ des Fradin est un site funéraire et cultuel. On le baptise "champ des morts".

Certains préhistoriens s'enthousiasment, d'autres dénoncent l'énorme supercherie. Il est vrai que l'identification des vestiges préhistoriques est encore hésitante ; la bataille de l'authenticité de l'art paléolithique vient à peine d'être gagnée. Mises en cause personnelles et accusations injurieuses viennent troubler le débat. En 1927, une commission internationale d'experts conclut à la non-ancienneté des objets, et n'exclut pas que certains soient des faux.

Emile Fradin, le petit-fils, n'en a pas moins constitué un musée

dans son salon. Il attaque en diffamation le célèbre orientaliste René Dussaud et le brillant préhistorien Denis Peyrony, qui l'ont traité, l'un, de faussaire, l'autre, de menteur. Il se retrouve inculpé pour escroquerie, mais l'instruction se clôt sur un non-lieu.

Le Dr Morlet continue ses fouilles jusqu'en 1936 (selon ses archives personnelles) ou jusqu'en 1941 (version officielle). Glozel est oublié, rangé parmi les sites faux ou douteux.

Au début des années 70, le site est ressuscité

ET DE CRÉDULITÉ

par des amateurs d'archéologie fantastique. En pleine vogue des parasciences, plusieurs "archéomanes" partent à la recherche d'histoires obscures qu'ils présentent comme des phénomènes mystérieux, des énigmes non résolues. Ils les expliquent de façon plus ou moins délirante : intervention d'êtres mythiques (géants, atlantes, extraterrestres), complot mondial de sociétés secrètes, kidnapping du savoir par les spécialistes au mépris du public... Phobiques, rêveurs et amateurs d'occultisme se laissent embarquer dans cette histoire. Parallèlement, l'"affaire Glozel" est récupérée par des mouvements d'extrême droite pour étayer des positions nationalistes, racistes, antisémites.

Par ailleurs, en 1973, le physicien danois Vagn Mejdahl décide de dater des objets glozéliens par thermoluminescence, une méthode de datation de la céramique inventée au milieu des années 50. Il convainc des collègues français, anglais et

écossais de mener également l'expérience.

Effectuées à partir de pièces du musée de Glozel et d'autres objets fraîchement exhumés, les datations se répartissent en trois périodes : époque gauloise et gallo-romaine, Moyen Age, XVIII^e siècle. Rien à voir avec la préhistoire.

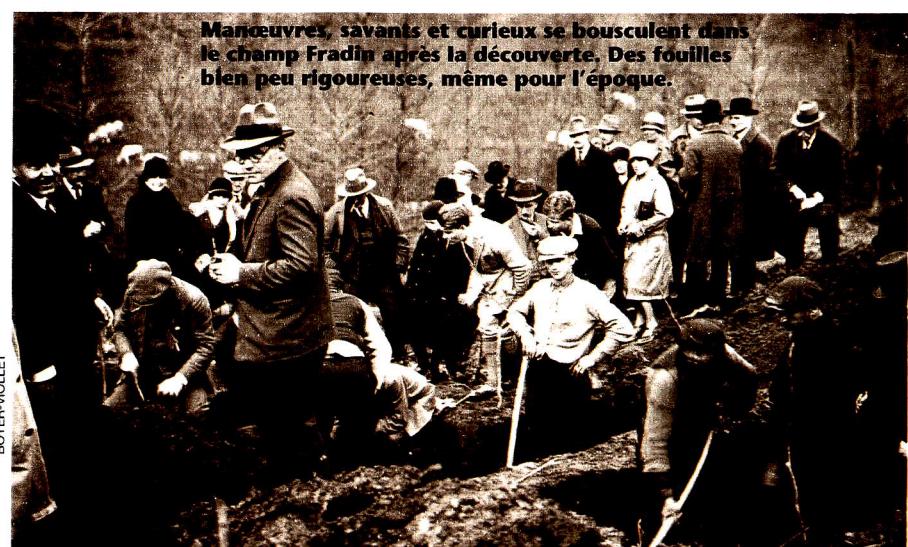
Quant aux datations au carbone 14 effectuées auparavant à la demande du Dr Morlet, elles donnent à un os un âge moderne, à un autre, environ 2000 ans. Une dernière analyse faite à partir d'un mélange d'échantillons de plusieurs os – car on ne savait pas encore travailler sur de petites quantités – aboutit à l'âge de 17000 ans. Malheureusement, un âge moyen obtenu à partir de diverses pièces n'a aucun sens physique.

Les glozéliens s'obstinent. Un archéologue amateur devenu aujourd'hui professionnel, Jean-Loup Flouest, recruté par l'Association pour la sauvegarde et la protection des collections de Glozel, de-

mande l'autorisation de reprendre les fouilles. En 1983, puis en 1984, on lui accorde le droit d'explorer trois sites dits glozéliens, à moins de 5 km de Glozel. Mais aucun des sites fouillés ne porte les traces d'une occupation humaine antérieure au début du Moyen Age. Les datations par thermoluminescence de tessons trouvés dans ces fouilles sont également médiévales.

Alors, en 1993, les amis de Glozel invoquent un nouvel "argument" pour justifier le caractère néolithique du site : un "alignement mégalithique" relieraient le village actuel au champ d'Emile Fradin. « Pas étonnant, commente Laurent Bourgeau, conservateur régional de l'archéologie en Auvergne, puisqu'il s'agit de la bordure d'un chemin vicinal. » De grosses pierres ressemblent tant à d'autres grosses pierres... Et les archéologues de sourire tristement devant ce fourvoiement... ou ce subterfuge.

Maneuvres, savants et curieux se bousculent dans le champ Fradin après la découverte. Des fouilles bien peu rigoureuses, même pour l'époque.



BOYER-VIOLLET

ou bien taillé, gravé, etc.

« Les traces de travail récent sur ces objets dits préhistoriques ont été décelées dès les années 20, rappelle l'archéologue Jean-Paul Demoule (université Paris I) : les traces d'outil métallique sur les objets de pierre sont évidentes. Quant aux objets vedettes de la collection, ce sont les flagrantes copies d'objets célèbres, qu'on venait de découvrir un peu partout dans le monde. »

Les "urnes" ou les "masques" au regard surmonté d'un épais sourcil s'inspirent des vases découverts à la fin du XIX^e siècle sur le lieu mythique de Troie, en Turquie; la tête de femme renvoie à la "dame à la capuche" de Brassempouy (Landes), découverte en 1894; les animaux gravés sur des galets ou sur des os rappellent l'abondante collection d'objets d'art découverte avec émerveillement par les archéologues, à la fin du XIX^e siècle et au

Les vestiges de l'activité des verriers du Moyen Age sont les seuls authentiques

début du XX^e, dans les grottes du sud-ouest de la France, notamment au Mas-d'Azil (Ariège), etc.

Le façonnage expérimental de copies des objets glozéliens – destinée à vérifier l'argument selon laquelle leur "fabrication" aurait pris trop de temps – montrent que quelques minutes suffisent pour confectionner la plupart des pièces.

Le conflit majeur portait sur la date et le lieu d'apparition de l'écriture. L'écriture glozélienne est un mélange de signes déjà répertoriés sur le pourtour méditerranéen, notamment de caractères sémi-



l'affaire n'ait pas été classée plus tôt ? D'abord, on n'avait jamais mené d'étude sérieuse à Glozel. S'attaquer rigoureusement au problème supposait de disposer de données fiables. Les conclusions des archéologues laissaient certes peu de place au doute. Mais les datations par thermoluminescence des années 70 étaient extrêmement disparates – certaines même sujettes à caution. La région présente une radioactivité particulièrement inhomogène. Ce qui augmente les risques d'erreur de la thermoluminescence qui se fonde sur la mesure de la radioactivité reçue. Mais c'est la seule méthode qui permette de donner un âge à de la terre cuite. Enfin, les analyses en laboratoire coûtent cher, et les budgets archéologiques sont très modestes.

Les travaux des archéologues et des physiciens sont accablants pour les thèses glozéliennes, mais ils montrent la collection sous un nouveau jour. « Elle reste digne d'entrer dans notre patrimoine national, comme une curiosité, l'expression d'un univers personnel, conclut Jean-Paul Demoule. L'étude des faux est très intéressante. Comme les objets authentiques, ils nous en apprennent beaucoup sur l'époque où ils ont été façonnés. »

MORT SANS AVOIR PARLÉ ?

Reste une énigme : qui est le fausseur ? « Cette question n'est pas du ressort des archéologues, dit Jean-Pierre Daugas, conservateur régional de l'archéologie en Rhône-Alpes. Nous avons fait notre travail d'experts et levé toutes les ambiguïtés. Et puis, est-ce vraiment un problème ? Il semble que plusieurs esprits troublés se soient rencontrés autour d'objectifs plus ou moins communs, pour œuvrer, ensemble ou séparément, dans le même sens. De toute façon, la plupart des protagonistes sont morts... »

Naissance d'une légende

Le champ de la famille Fradin s'appelle dorénavant "champ des morts".

tiques. Selon les épigraphistes et les linguistes, le nombre de signes est de toute façon trop important pour qu'ils puissent constituer un alphabet.

Même sans déchiffrer l'écriture, on devrait cependant en percevoir la logique. Mais le programme informatique conçu pour ce genre de recherches n'a repéré aucune structure, ni même de répétitions de suites de signes pouvant équivaloir à des groupes de syllabes. Pour les chercheurs, les signes se répartissent de façon aléatoire : ils concluent donc que ce fatras de gravures n'est pas une écriture. Au mieux, certaines tablettes porteraient des signes professionnels, gravés par les verriers du Moyen Age.

Pour les archéologues, le mystère Glozel est parfaitement résolu : seuls sont authentiques les vestiges de l'activité des verriers. Glozel est l'un des nombreux exemples des manipulations historico-archéologiques qui ont surgi dès que les hommes se sont intéressés à leur histoire.

Alors comment expliquer que

5 CD-ROM PC

3 Go de contenu

5h30 de son

Existe également

en version DVD-ROM

Un site internet dédié

AVEC LE SOUTIEN DU MINISTÈRE DE
L'ÉDUCATION NATIONALE,
DE LA RECHERCHE ET
DE LA TECHNOLOGIE

vous présentent
l'événement multimédia
de l'année



DECOUVERTES



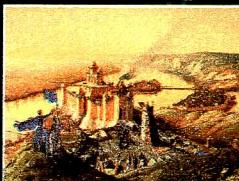
VOYAGEZ



DÉCOUVREZ



APPRENEZ



ENCYCLOPÉDIQUE

GALLIMARD

LAROUSSE



NAVIGUEZ



Pour recevoir un CD-ROM de démonstration, envoyez vos coordonnées sur papier libre avec un chèque de 15 Frs (participation aux frais de port) à l'ordre de Liris Interactive :

Romcès-Démo
Découvertes/Science et Vie
Place des Halles - BP 7
28410 BU

SCIENCE & VIE JUNIOR

Pour Noël,
offrez "LE SCIENCE & VIE des 11-15 ans"
à votre enfant : abonnez-le à
SCIENCE & VIE JUNIOR.

En abonnant votre enfant à SCIENCE & VIE JUNIOR,
vous lui offrez une ouverture
sur l'actualité scientifique.
Et surtout vous lui donnez les moyens
de mieux préparer son avenir.

SCIENCE & VIE JUNIOR,
c'est bien plus qu'un cadeau de Noël.

**Abonnez vite votre enfant,
Noël approche...**



BULLETIN D'ABONNEMENT CADEAU SPECIAL NOËL 1997

à compléter et à retourner avec votre règlement sous enveloppe affranchie à : SCIENCE & VIE JUNIOR
Service Abonnements - 1, rue du Colonel Pierre Avia 75003 Paris cedex 15.
vous pouvez photocopier cette page

OUI j'offre un abonnement d'un an à :

- Cochez la case de votre choix
- SCIENCE & VIE JUNIOR, et ses 4 DOSSIERS trimestriels :
16 numéros pour 343 francs au lieu de 420 francs (*)
 - SCIENCE & VIE JUNIOR :
12 mensuels pour 260 francs au lieu de 300 francs (*)

COORDONNÉES DU PREMIER ENFANT QUI REÇOIT LE CADEAU :

NOM _____ Prénom _____

ADRESSE _____

CODE POSTAL _____ VILLE _____

Né (e) en 19 ____

COORDONNÉES DU DEUXIÈME ENFANT QUI REÇOIT LE CADEAU :

NOM _____ Prénom _____

ADRESSE _____

CODE POSTAL _____ VILLE _____

Né (e) en 19 ____

Offre valable
jusqu'au 30/12/1998
et réservée à la France
métropolitaine

COORDONNÉES DE LA PERSONNE QUI OFFRE LE CADEAU :

NOM _____ Prénom _____

ADRESSE _____

CODE POSTAL _____ VILLE _____

ALGUE TUEUSE

LE SCANDALE ÉCOLOGIQUE ET FINANCIER

Il y a douze ans, on découvrait en Méditerranée, près de Monaco, une algue tropicale, la caulerpe. Elle fut immédiatement déclarée dangereuse pour l'écosystème marin. On a dépensé à ce jour 12,5 millions de francs pour la combattre. Qualifiée de monstre ravageur, elle a semé la panique sur la Côte d'Azur, tandis que les laboratoires de recherche se livraient une farouche guerre d'évaluation des risques. Or, les études scientifiques qui avaient conclu à sa nocivité sont aujourd'hui remises en cause. *Science & Vie* a mené une contre-enquête qui révèle la véritable écologie de la caulerpe et les dessous d'un scandale financier.

Le roman noir de l'algue verte

■ On la présentait comme une redoutable tueuse. Elle était censée ravager l'écosystème méditerranéen. En fait, une polémique a complètement occulté les expertises scientifiques. La caulerpe pourrait être inoffensive et même nettoyer les fonds marins de leur pollution.

PAR DIDIER DUBRANA

L'affaire commence autour du Rocher de Monaco. A la fin des années 80, un chercheur de l'université de Nice-Sophia Antipolis, Alexandre Meinesz, aidé d'un étudiant en biologie, y découvre une algue tropicale, *Caulerpa taxifolia*. Deux ans plus tard, le Pr Meinesz met en branle l'une des plus belles campagnes de dramatisation médiatique de cet-

te fin de siècle. Il transforme un phénomène assez banal en catastrophe écologique. Il déclare l'algue « nocive pour l'écosystème méditerranéen ». Au fil des interviews qu'il donne aux médias, Meinesz se pose en « Monsieur Propre » de la Méditerranée.

En face de lui, le musée océanographique de Monaco serait le pollueur de la « grande bleue » : il y aurait vidangé ses aquariums souillés par la caulerpe. Le chercheur niçois se sent alors investi d'une mission : combattre le malin, qui revêt l'apparence du directeur du musée, le Pr François Doumenge, amateur de déclarations provocantes qui renforcent la suspicion contre le Rocher.

Meinesz n'a pas de mal à contrer le Pr Doumenge, et les financements européens affluent au sein du GIS-Posidonie (1), organisme géré par son collègue Charles-François Boudouresque, qui lutte lui aussi contre la redoutable « algue tueuse » (voir article suivant).

Campagne d'arrachage, épandage de sel dans la mer, intoxication par le cuivre, courant d'eau



PHOTOS C. RIVES/VISA

L'hypothèse de la migration

Le Pr Jean Jaubert (ci-dessous) pense que le canal de Suez est une "autoroute" qui permet à des centaines d'espèces de caulerpes venues de la mer Rouge d'entrer en Méditerranée. *Caulerpa taxifolia* a pu l'emprunter. Des caulerpes tropicales sont déjà passées par là, telles que *C. racemosa*, *C. mexicana*, *C. scalpelliformis*.



chaude : les méthodes d'éradication se multiplient, tandis que le "monstre" aquatique paraît de plus en plus menaçant.

Puis, sans réelle preuve scientifique, la caulerpe est déclarée毒ique pour les poissons et pour l'homme. Un laboratoire de l'INSERM (Laboratoire de physiologie environnementale, université de Nice) a en effet injecté des extra-

its de caulerpe à des souris qui en sont mortes. Or, il n'y a là rien de surprenant, puisque les caulerpes renferment des toxines, surtout la caulerpenyne. Cette expérience de laboratoire ne prouve absolument rien, car, dans la mer, ce poison ne



s'accumule pas dans la chaîne alimentaire.

Tandis que Meinesz continue de fustiger le musée de Monaco, le Pr Jean Jaubert, directeur de l'Observatoire océanologique européen, hébergé dans les locaux dudit musée, exaspéré par des déclarations scientifiques qu'il juge infondées, se lance dans la bataille. Collègue de Meinesz, Jaubert a fait voyager le Niçois dans le monde entier pour qu'il récolte des caulerpes...

En fait, Alexandre Meinesz est bien un spécialiste mondial des caulerpes : il leur a consacré, en 1980, sa thèse de doctorat ("Contribution à l'étude des caulerpales"). Il y vante les mérites de ces algues : « L'introduction des caulerpes dans un site permet de créer une végétation pérenne qui fixe les substrats meubles, produits de l'oxygène, et constitue une couverture végétale gazonnante fréquentée par de nombreux

(1) Un GIS est un groupement d'intérêt scientifique, c'est-à-dire une association de chercheurs, à but non lucratif, chargée de récolter des fonds. Le GIS-Positionne a été créé pour étudier la positionne, une plante marine caractéristique de la Méditerranée, très importante dans les écosystèmes côtiers.



L'hypothèse de l'accident

Pour le Pr Alexandre Meinesz, c'est "un seul brin" de caulerpe, issu de l'aquarium du Musée océanographique de Monaco (ci-contre) qui est à l'origine de tous les champs de caulerpes de la Méditerranée.

invertébrés. » Le scientifique sait de quoi il parle : il a lui-même planté des caulerpes (*Caulerpa prolifera*) en Méditerranée pour réhabiliter des fonds sous-marins dégradés !

Dès 1993, Jean Jaubert et son équipe se lancent dans la recherche, qui aboutit à la publica-

Les murs de l'Académie des sciences en tremblent encore

tion, dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences, en décembre 1995, d'un article intitulé "*Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale : introduction accidentelle ou migration à partir de la mer Rouge ?". On l'aura compris, Jaubert défend une théorie différente de celle de Meinesz.

Pour lui, l'"invasion" n'est pas obligatoirement le fruit d'un ensemencement accidentel, mais *Caulerpa taxifolia* pourrait être une espèce venue de la mer Rouge par le canal de Suez. Cette hypothèse lessepsienne – comme l'appellent les scientifiques en référence à Ferdinand de Lesseps, qui fit creuser le célèbre canal – met le feu aux poudres dans le camp adverse. Les murs de l'Académie des sciences en tremblent encore. Résultat : six mois plus tard (25 juillet 1996), Alexandre Meinesz et Charles-François Boudouresque publient un "contre-article", non sans avoir préparé leur coup médiatique. Meinesz envoie aux rédactions un communiqué de presse en forme de réquisitoire dans lequel il implique l'Académie des sciences. On peut y lire : « Tout était erroné dans les arguments avancés par les chercheurs de l'Observatoire océanologique européen de Monaco pour prouver que l'algue tropicale, introduite à Monaco en 1984, venait plutôt de la mer Rouge. [...] Que cachent ces pénibles contorsions des faits et ce non moins pénible spectacle de scientifiques n'hésitant pas à recourir à des "erreurs" et à s'acharner à diffuser leurs interprétations abusives pour cacher l'évidence ? »

« ACCUSATIONS DIFFAMATOIRES »

Huit ans après la découverte de l'algue en Méditerranée, l'Académie des sciences était prise en otage. « Il s'agissait non plus de chercher à comprendre l'écologie de l'algue, mais plutôt de contrer les arguments de l'équipe adverse », analyse Jean-Paul Karsenty, chargé de mission auprès des secrétaires perpétuels de

LA "CARTE" INTERDITE

Lors du récent colloque "Contrôle de l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée", organisé à Marseille les 19 et 20 septembre dernier par le GIS-Posidonie, le Pr Jean Jaubert a voulu présenter les résultats d'une méthode de télédétection à très haute résolution qui permet de cartographier, avec une précision inégalée, les fonds colonisés par la caulerpe, jusqu'à la profondeur d'environ 20 mètres.

Charles-François Boudouresque lui ayant refusé cette présentation,



La photo ① montre la baie de Menton, en juillet 1995, vue sous l'œil du CASI. C'est une composition colorée, obtenue à partir de trois des dix-huit bandes spectrales enregistrées par l'appareil. « On peut observer, dit le Pr Jaubert, que la caulerpe est très loin de recouvrir la totalité du fond et qu'elle n'a pas éliminé la posidonie, même sur la face Est du cap Martin, où les deux espèces sont en contact depuis au moins sept ans. »

Il nous explique que, dans une publication scientifique datant de 1991 (1), relatant les observations faites en plongée, le 25 juillet 1990, par Alexandre Meinesz, ce dernier écrivait : « Sur la face Est du cap Martin, elle [la caulerpe] constitue



F. JUBELIN

une bande presque continue sur plus de 800 mètres de longueur. [...] Elle recouvre des peuplements à phanérogames, [en particulier des] herbiers à *Posidonia oceanica* [posidonie]. » Des observations aériennes, effectuées à basse altitude le 12 août dernier, montrent que la situation ne semble pas avoir évolué de façon significative (photo ②).

« Il y a visiblement un problème quelque part, souligne Jean Jaubert, car la dernière carte publiée par Thomas Belsher (2), chercheur à l'IFREMER, indique, dans cette même zone et pour le mois d'octobre 1995, des taux de recouvrement du fond allant de 50 à 100 %. Ces données sont très loin de refléter la réalité. Je l'ai personnellement vérifié par de multiples plongées effectuées en septembre et en octobre 1997. On ne trouve souvent que du sable et/ou des posidonies là où, selon la carte, on s'attendrait à trouver un épais tapis de caulerpes. »

Le journaliste Frank Jubelin, scaphandrier professionnel, est allé vérifier pour *Science & Vie* l'état des

En plongeant à proximité de la face Est du cap Martin (point rouge sur la carte), notre journaliste a vu un désert de sable là où il aurait dû trouver un tapis de caulerpes, selon la carte de l'IFREMER (ci-dessous).

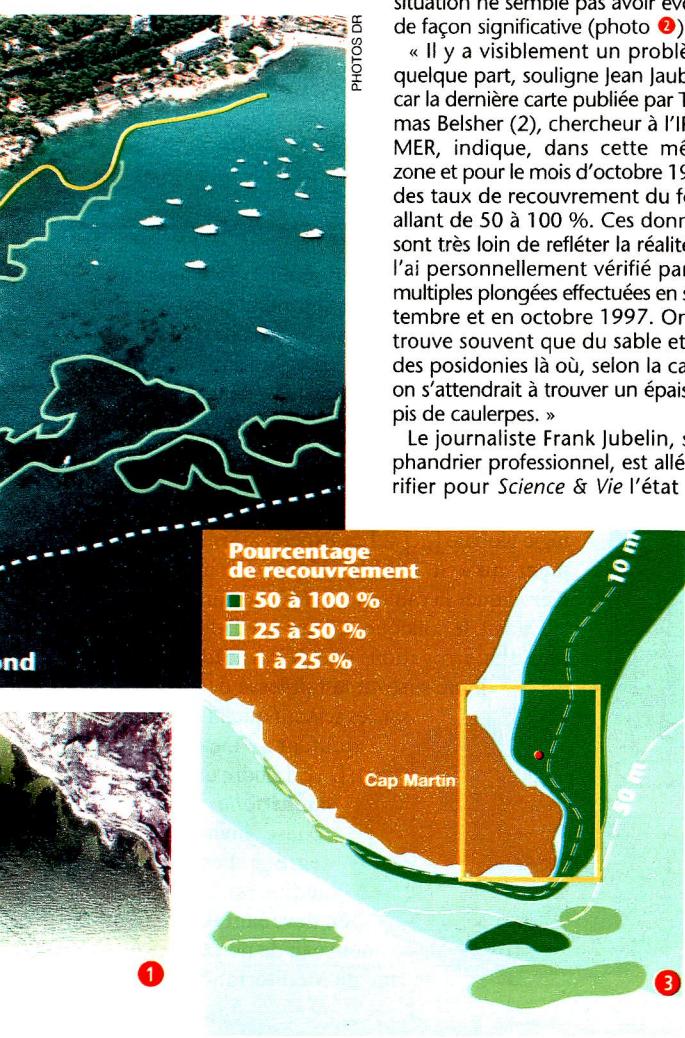
lieux. Pendant plusieurs jours, il a inspecté les zones signalées par les relevés de Thomas Belsher comme étant des parcelles colonisées par la caulerpe depuis 1992 et dont le taux de recouvrement était déjà de 50 à 100 % en octobre 1995 ③. Il a constaté, le plus souvent, l'existence d'un herbier à posidonies, parfois dense et touffu, parfois dispersé, vivant à proximité de champs plus ou moins importants de caulerpes. Certains herbiers sont partiellement colonisés, mais la posidonie n'a pas été éliminée, même dans les endroits où elle est en contact avec la caulerpe depuis 1990.

Puis notre journaliste est retourné dans ces zones en compagnie de Bernard Martín, huissier de justice, pour prendre des photographies qui montrent le recouvrement de la caulerpe. Nous présentons ici l'une de ces photos (ci-dessus), choisie au hasard sur la ligne des 10 mètres, qui correspond au point 43° 45,363 Nord - 7° 29,244 Est (point rouge sur la carte ci-contre). L'algue est bien rare, en comparaison du taux de recouvrement de plus de 50 % publié avec les cartes de Thomas Belsher. Conclusion : ou bien la caulerpe a disparu depuis 1995, ou bien les cartes ont de grosses lacunes.

Pour Thomas Belsher, « le document réalisé par Jean Jaubert n'est pas une carte, n'a aucune valeur scientifique et ne vise qu'à jeter gratuitement le doute sur les travaux menés non seulement par l'IFREMER mais également par les participants au programme européen "Contrôle de l'expansion de *Caulerpa taxifolia*" ».

Quoi qu'il en soit, même si ce ne sont pas des cartes, ces documents auraient mérité de faire l'objet d'un débat scientifique au colloque de Marseille, car ils semblent indiquer que la caulerpe n'est pas si envahissante que ça...

(1) Alexandre Meinesz et Bruno Hesse. *Oceanologica Acta*, 1991.
(2) Belsher et collaborateurs, éditions IFREMER, 1997.



A. MEYER (D'APRÈS IFREMER)

■ ■ ■ l'Académie des sciences.

Pour Bernard Kloareg, directeur de recherche à la station biologique de Roscoff, consulté par l'Académie des sciences sur le contenu de l'article de Meinesz et Boudouresque avant sa publi-

« On a exagéré l'impact de la caulerpe à des fins purement mercantiles »

cation, celui-ci « comprenait des accusations diffamatoires contre Jean Jaubert et ses collègues. J'ai demandé qu'elles ne figurent pas dans les comptes rendus, mais fassent plutôt l'objet d'une enquête éthique. Malheureusement, elles y sont demeurées, sans que je puisse me l'expliquer ».

Devant cet imbroglio médiatico-scientifique, l'Académie des sciences saisit la balle au bond lorsque le ministère de l'Environnement prend l'initiative. Vincent Bentata, chargé du dossier caulerpe à la Direction de la nature et des paysages au ministère, explique : « La seule façon de sortir de cette querelle scientifique consistait à organiser un séminaire international, avec une majorité de scientifiques non engagés dans le conflit et par conséquent capables de réfléchir en toute sérénité à l'expansion de la caulerpe. »

Ce fut l'objet du colloque organisé au printemps dernier, à Paris (2), qui a réuni les cinquante meilleurs spécialistes mondiaux en la ma-

(2) "Dynamique d'espèces marines invasives : application à l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée", Académie des sciences.

Une algue polymorphe

La plasticité morphologique de *Caulerpa taxifolia* est spectaculaire.

Sur un même stolon ("tige"), l'algue peut développer des "feuilles", appelées frondes, de formes très diverses (flèches), selon le milieu. Ces propriétés peuvent s'observer aussi bien en aquarium (ci-contre) qu'en milieu naturel (ci-dessous). Elles permettent de supposer que certaines des algues décrites en 1941, en Méditerranée orientale, par l'algologue israélienne Tscharna Rayss, étaient des *Caulerpa taxifolia*.



tière. L'Académie trouvait ainsi une porte de sortie honorable et, pour une fois, le débat fut centré sur la science.

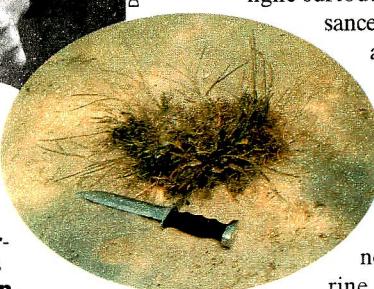
Quelles sont les conclusions du colloque, consignées dans un rapport de 400 pages publié cet automne ? On y apprend que « des interrogations subsistent quant à l'origine de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée [et] quant aux mécanismes de colonisation qu'elle utilise. On y apprend aussi que « de nombreuses données génétiques, toxicologiques, biocénotiques [...] sont encore nécessaires pour évaluer [son] impact réel sur l'écosystème de la Méditerranée occidentale et [pour] définir une stratégie globale [...] ». Les experts affirment également qu'« il semble désormais impossible d'éradiquer la caulerpe en Méditerranée ».

En fait, le colloque montre que l'algue suscite plus d'interrogations que de certitudes. Il souligne surtout la faiblesse des connaissances scientifiques. Les experts ajoutent : « Devons-nous [...] attendre que *Caulerpa taxifolia*, après une phase invasive, s'intègre à l'écosystème méditerranéen ? Que, en devenant un élément nouveau de notre flore marine de Méditerranée, elle ca-



Planteur de caulerpes

Au printemps 1975, Alexandre Meinesz (ci-dessus) plantait des *Caulerpa prolifera* (ci-contre, une touffe) près de Beaulieu-sur-Mer (Alpes-Maritimes) pour réhabiliter des fonds sous-marins dégradés par la pollution.





DR

ractérise de nouvelles biocénoses et de nouveaux paysages sous-marins, éventuellement durables, à la base de nouveaux équilibres ? »

UNE CELLULE DE 2 MÈTRES DE LONG

Il paraît donc urgent d'y voir plus clair et l'on se demande bien comment on a pu dramatiser "le risque écologique de l'algue" avec si peu de données scientifiques. Pour Bernard Kloareg, l'affaire est entendue : « On a exagéré l'impact de la caulerpe à des fins purement mercantiles. »

La course au financement des laboratoires était-elle le vrai moteur de cette guerre scientifique ? Il faut reconnaître aujourd'hui que la polémique a complètement masqué l'importance de certaines recherches. Exemple : l'article publié dans la revue britannique *Nature* sous le titre "Roots in Mixotrophic Algae" (3). On y découvre des données inédites et fondamentales sur la physiologie de l'algue, qui pourraient expliquer la rapidité de son expansion, tout particulièrement dans les zones polluées.

La caulerpe absorbe le phosphore par ses "pseudo-racines", ou rhizoides, enfouies dans le sol. Surprise, car on sait non seulement que le phosphore est très peu soluble ■■■

(3) J.R.M.
Chisholm,
C. Dauga,
E. Ageron,
P. Grimonot,
J. Jaubert,
1996,
Nature,
381 : 382.

LES ENVAHISSEURS

■ La Méditerranée est une "eau d'accueil" pour les espèces étrangères : elle en héberge de 300 à 500, venues en grande majorité de la mer Rouge et pour une faible partie de l'Atlantique, par le détroit de Gibraltar.

Ce phénomène d'invasion biologique est mondial. Il est dû au transport maritime. En effet, un bateau qui a rempli ses ballasts à New York peut très bien vidanger à Brest ses eaux de lest. Du coup, des espèces amé-

ricaines se retrouvent subitement en Bretagne.

Par exemple, selon les biologistes, une nouvelle espèce apparaît toutes les vingt-quatre semaines dans la baie de San Francisco. Si la plupart de ces espèces s'intègrent sans poser de problèmes à leur nouveau milieu, certaines sont redoutables. C'est le cas du crabe vert *Carcinus*, qui a envahi les côtes californiennes en 1990. Il s'attaque aujourd'hui à la Tasmanie et partira demain à la conquête du monde.

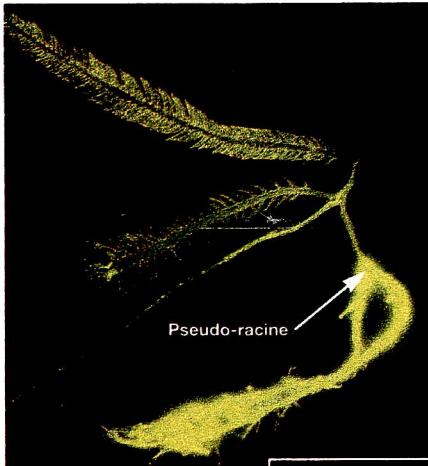


Le crabe vert *Carcinus*
dévore tout sur son passage.

■ ■ ■ dans l'eau de mer, mais surtout que les algues tirent d'ordinaire leur nourriture de l'eau et non pas du sol. C'est en procédant à l'autoradiographie d'un échantillon d'algue dont les pseudo-racines ont été mises en contact avec du phosphore radioactif (^{33}P) que les chercheurs ont découvert le secret de la caulerpe (voir photos ci-contre).

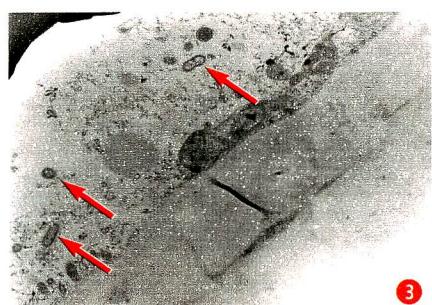
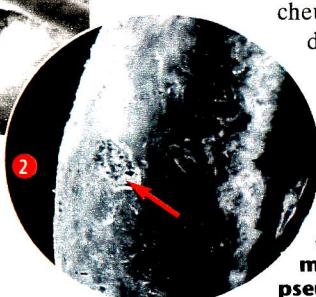
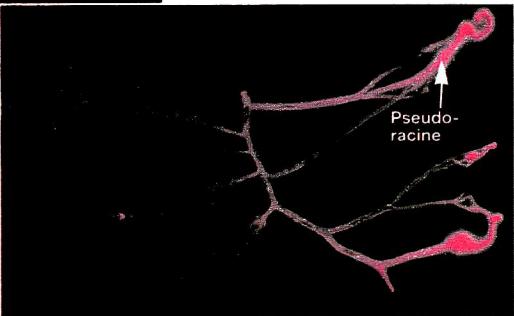
(4) J. R. M. Chisholm, F. E. Fernex, D. Mathieu, J. Jaubert, 1997. "Waste-water discharge, seagrass decline and algal proliferation on the Côte d'Azur", *Marine Pollution Bulletin*, 34 : 78-84.

(5) D. Menemenlis, T. Webb, C. Wunsch, U. Senn, C. Hill, 1997. "Bassin-scale ocean circulation from combined altimetric, tomographic and model data", *Nature*, 385 : 618-21.



Un régime surprenant

Ces deux autoradiographies démontrent que la caulerpe absorbe des nutriments à l'aide de ses pseudo-racines : ci-contre, une matière organique marquée au carbone 14 ; ci-dessous, un sel minéral, du phosphate de calcium radioactif. Cette propriété exceptionnelle explique pourquoi la caulerpe prolifère dans certains endroits.



Douée pour la croissance

Cette vue au microscope électronique à balayage montre l'extrémité d'une pseudo-racine de caulerpe qui s'attache à un grain de sable ① pour dissoudre et absorber la fine couche de phosphate de calcium (flèche) qui le recouvre ②. En outre, l'algue héberge des bactéries (flèches) capables de fixer l'azote atmosphérique et de le transformer en azote minéral assimilable ③, caractéristique étonnante qui pourrait expliquer sa croissance.

LES TROIS SŒURS DE LA CAULERPE

■ L'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée n'a rien d'exceptionnel. Au début des années 20, une caulerpe envahit la Côte d'Azur. Gérard Ollivier, professeur de sciences naturelles au lycée de Nice, qui étudie ce phénomène, écrit : « L'accumulation en certains endroits de matière organique véhiculée par les égouts des agglomérations humaines paraît avoir une influence considérable sur la flore, et j'y vois la cause principale de l'envahissement croissant des caulerpes. » Cette algue, appelée *Caulerpa prolifera*, disparaîtra au début des années 50 sans qu'on sache pourquoi.

Aux antipodes, vingt-cinq ans plus tard (1976), les fonds marins au nord du port de Sydney (Australie) sont envahis par une autre caulerpe (*Caulerpa filiformis*), qui prend la place d'une herbe du type posidonie malade de la pollution.

La biologiste australienne Valérie May explique : « Ce changement de prédominance pourrait soit ré-



***Caulerpa racemosa* envahit les côtes italiennes.**

sulter de l'acclimatation d'une espèce introduite, soit constituer la réponse d'une flore à l'augmentation de la pollution des eaux locales. » Aujourd'hui, l'algue a trouvé sa place dans le biotope sous-marin.

De nos jours, une troisième caulerpe tropicale, *Caulerpa racemosa*, fait une entrée remarquée en Méditerranée occidentale. Elle est arrivée jusqu'à Gênes, après avoir envahi les hauts fonds au large de Livourne (Italie), où elle a colonisé plus de 800 ha en deux ans. « C'est-à-dire plus rapidement encore que *Caulerpa taxifolia* », concluent les organisateurs du troisième colloque international sur cette algue.

cines vivent en étroite intelligence avec des bactéries du genre *Rhodopseudomonas* (voir photo page de gauche). Or, le décodage d'une partie de l'ADN du noyau des bactéries a permis d'y découvrir le gène "nif" (*nitrogen fixation*), qui confère aux micro-organismes la faculté de capturer l'azote de l'air pour le transformer en azote minéral, directement assimilable par l'algue.

Cet atout supplémentaire peut lui aussi expliquer le succès de la caulerpe en Méditerranée. En effet, dans le règne végétal, le manque d'azote minéral est un facteur limitant la croissance des plantes. Si l'algue est capable de fabriquer son propre azote minéral à partir de l'azote de l'air dissous dans la mer, cela ouvre des perspectives de croissance exceptionnelles. Cette voie de recherche commence tout juste à être exploitée.

Par ailleurs, il semble admis que ce sont les plaisanciers qui contaminent les côtes en transportant le "monstre" accroché à l'ancre de leurs bateaux. Dès lors, pourquoi la caulerpe est-elle absente des côtes de Corse, si prisées des plaisanciers ? Comment expliquer que la Costa Brava, en Espagne, soit vierge de toute contamination ? En se penchant sur la carte des courants dominants de la Méditerranée

née (5), on constate que, dans ces deux régions, ils longent la côte (voir carte). Cela pourrait-il expliquer la répartition de l'algue ? Une fois encore, des études s'imposent, d'autant que, contrairement aux affirmations de nombreux scientifiques, il semble que des brins de caulerpe peuvent flotter au gré des courants (voir photo page suivante).

Pourquoi n'a-t-on pas cherché l'empreinte génétique de l'algue ?

Enfin, pourquoi n'a-t-on pas procédé à une étude biomoléculaire pour connaître l'empreinte génétique de l'algue ? Elle permettrait de mettre fin à la polémique sur l'origine en déterminant



Une chaîne de vie

Contrairement aux idées reçues, l'algue est à l'origine d'une véritable chaîne alimentaire. Tandis qu'une extrémité s'allonge, l'autre se décompose et nourrit une faune microscopique de bactéries et de petits invertébrés.



si les caulerpes qui envahissent la Méditerranée sont les clones d'un unique brin d'algue mutante, sélectionné en aquarium et jeté accidentellement à la mer ; ou bien des algues d'une souche indo-pacifique venue de la mer Rouge.

Ce n'est pas la priorité d'Alexandre Meinesz, qui préconise d'entreprendre immédiatement « une lutte biologique » contre cette algue, en introduisant en Méditerranée deux limaces tropicales de la famille des ascoglosses (*Oxynoe azuropunctata* et *Elysia subornata*), qui ont la particularité de raffoler des caulerpes. Mais le chercheur précise bien que « toute décision d'in-

troduction devra être approuvée par un organisme international neutre ».

N'oublie-t-il pas qu'il existe une espèce de limace méditerranéenne qui dévore elle aussi les caulerpes le long du détroit de Messine ? Il s'agit d'*Oxynoe olivacea*. Il serait peut-être utile de connaître ses « performances » avant de décider d'introduire deux espèces étrangères en Méditerranée !

A l'issue du troisième colloque international sur *Caulerpa taxifolia*, qui s'est tenu à Marseille en septembre dernier, Alexandre Meinesz et Charles-François Boudouresque ont adressé

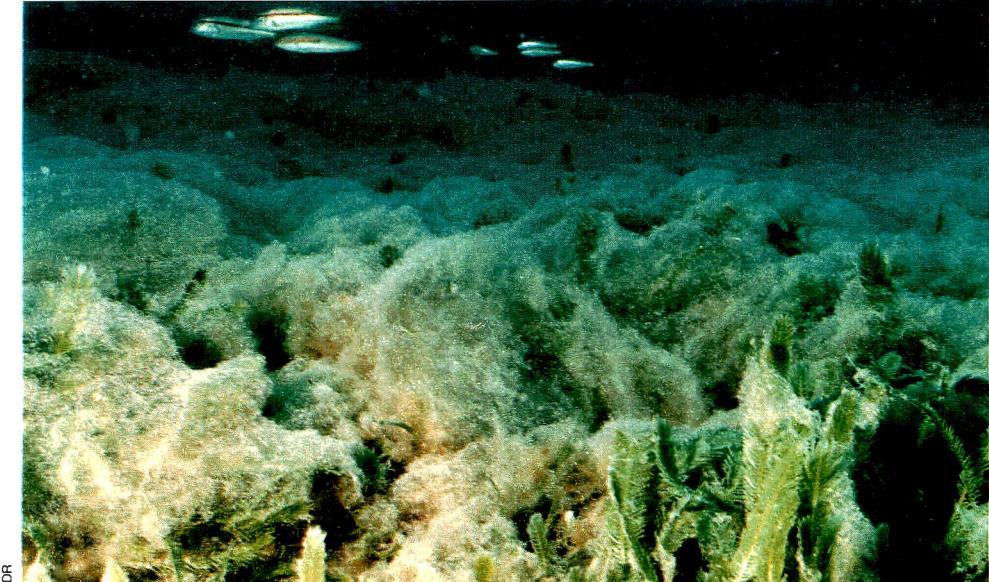


Portée par le courant

La caulerpe a commencé à se développer le long de la côte dalmate en 1990 ou 1991. Ce qui semble difficilement compatible avec l'hypothèse qui fait de Monaco l'unique source de dissémination. La carte ci-dessous montre que les sites de colonisation se trouvent sur le trajet des courants dominants. En outre, on s'aperçoit que l'algue est apparue presque simultanément en plusieurs endroits de la Méditerranée. Enfin, l'absence de caulerpes en Corse et sur la Costa Brava contredit l'hypothèse du transport à longue distance par les plaisanciers. La photo ci-contre montre comment la caulerpe, enveloppée par des algues filamentueuses, est entraînée par le courant.

DR





DR

une lettre ouverte au Premier ministre, Lionel Jospin, dans laquelle ils demandent que « la France s'engage plus rapidement dans une stratégie globale de prise en charge de la lutte ». Car, pour eux, il ne fait aucun doute que « les conséquences nuisibles, écologiques et socio-économiques, sont clairement établies ».

Le hic, c'est que le colloque scientifique international organisé par l'Académie des sciences a, au contraire, mis en évidence l'insuffisance des connaissances sur l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée, et n'a pas permis de valider une thèse au détriment de l'autre. Pour le ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, « la vigueur et la durée inhabituelle du débat entre scientifiques a posé à l'Etat un problème d'expertise. Aujourd'hui, se pose la question des procédures de validation des alertes lancées par divers acteurs sociaux, notamment les scientifiques. »

En coulisse, certains membres du ministère traduisent cette déclaration dans un langage beaucoup moins diplomatique : « Dorénavant, ce n'est pas ceux qui crieront le plus fort qui auront raison. »

Le ministère annoncera prochainement la création d'une cellule de validation d'alerte dont l'application sortirait largement du cadre de la caulerpe. En attendant, le ministère pourrait aussi déclencher très vite un plan d'action d'étude de la caulerpe, qui comprendrait trois volets : développement des recherches scientifiques, création d'un Observatoire en Méditerranée, mise en œuvre de la prévention et des moyens de lutte. Ce qui pourrait représenter un investissement total de 4 à 5 millions de francs. Les axes de recherche scientifique iraient de l'étude biomoléculaire à la lutte biologique, en

Tueurs de caulerpes

Pour endiguer l'"invasion" de caulerpes, le Pr Meinesz préconise d'introduire des limaces exotiques, qui les dévorent. Pourtant, il existe des phénomènes naturels qui pourraient réguler leur développement : il faudrait étudier l'effet de ce voile étouffant d'algues filamentées (photo ci-dessus) ou l'appétit de cette limace autochtone (*Oxynoe olivacea*).



passant par l'établissement de nouvelles cartes des zones contaminées... Bref, dépasser les recherches antérieures, même si le ministère ne veut pas relancer la polémique, en précisant simplement qu'« il faudrait disposer d'une cartographie d'interprétation plus facile, donc plus affinée ». Quant à l'Observatoire en Méditerranée, il se fonderait sur le travail de l'Agence de bassin Rhône-Corse-Méditerranée, qui effectue une veille constante dans la région.

C. RIVES/MSA

« Ce n'est pas ceux qui crieront le plus fort qui auront raison »

née, il se fonderait sur le travail de l'Agence de bassin Rhône-Corse-Méditerranée, qui effectue une veille constante dans la région.

Enfin, « les moyens de lutte dépendront bien évidemment des résultats des deux premiers volets du plan d'action », précise Vincent Bentata. Il y a fort à parier que le roman noir de l'algue tueuse aura une suite. ■

Les bonnes affaires de la caulerpe

■ L'Union européenne finance depuis cinq ans des études pour lutter contre la caulerpe sans qu'à aucun moment une expertise scientifique ait été établie. Avec les crédits alloués par la France, le budget s'élève à 12,5 millions de francs.

PAR FRANK JUBELIN

« Selon nous, la polémique autour de *Caulerpa taxifolia* est une confirmation de l'importance du sujet... au moins pour une partie du public. Elle justifie donc le financement – par l'Union européenne – des travaux réalisés dans le cadre du programme LIFE-Environnement. »

Avec candide, mais significatif, d'un responsable de la Direction générale XI (environnement, sécurité nucléaire et protection civile) de la Commission de Bruxelles. C'est-à-dire l'organisme européen qui, depuis cinq ans, finance à hauteur de presque 50 % les travaux du GIS-Posidonie (voir article précédent) sur la caulerpe. Cette part communautaire s'élève à 963 884 écus (6 265 246 F). Comme elle correspond à la moitié des budgets alloués, le financement total du GIS-Posidonie, dans le seul cadre des programmes LIFE, est d'environ 12,5 millions de francs. Coquette subvention pour des travaux d'une utilité relative...

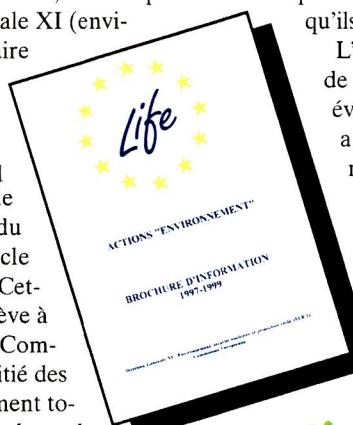
Dans ces conditions, on pourrait supposer qu'un comité scientifique a évalué, puis contrôlé tout au long de leur exécution, l'intérêt scientifique de ces travaux. Eh bien, non ! Si curieux que cela paraisse, aucune expertise scientifique n'a été exigée quand l'Union européenne a dé-

cidé d'engager des projets pour lutter contre *Caulerpa taxifolia*. Une algue certes nouvelle en Méditerranée, mais proclamée catastrophe écologique par ceux-là mêmes qui vont recevoir des subventions pour la combattre. Et une opération financière rondement menée.

C'est à la demande express du ministère de l'Environnement français, avec sa caution scientifique puis financière, et par l'intermédiaire de la DIREN (Direction régionale de l'environnement) de Provence-Alpes-Côte d'Azur, que le GIS-Posidonie propose, dès 1992, un projet d'étude, alors que le phénomène n'est signalé que depuis à peine deux ans. Réaction remarquablement prompte du ministère de l'Environnement, en totale contradiction avec le constant reproche d'inertie que lui font les responsables du GIS-Posidonie, pourtant les mieux placés

pour connaître l'appui inconditionnel qu'ils ont reçu des pouvoirs publics.

L'affaire pose le problème crucial de l'expertise scientifique face à un événement environnemental. Qui a décidé que la caulerpe était un risque majeur pour les écosystèmes côtiers de la Méditerranée ? Seule certitude : Alexandre Meinesz l'a annoncé, Charles-François Boudouresque (1) l'a



La caution morale

En subventionnant pour moitié les études sur la caulerpe, l'Union européenne apporte sa caution morale. Les travaux ont été financés dans le cadre du programme LIFE-Environnement, une astuce pour esquerir l'expertise scientifique.

(1) Tous les deux sont algologues (voir article précédent).

confirmé, les contribuables ont payé...

Pour comprendre le mécanisme de cette opération, il faut pénétrer dans les arcanes de la Commission de Bruxelles. Plusieurs directions générales s'en partagent les activités, dont la DG XII pour la recherche scientifique et la DG XI pour les études sur le terrain. Etudes parfois issues des travaux de recherche de la DG XII, mais pas obligatoirement.

« Un programme de recherche doit porter sur quelque chose de complètement nouveau et expérimental, explique Hartmut Barth, responsable actuel des écosystèmes côtiers à la DG XII. Une étude se fonde sur des connaissances déjà acquises : il s'agit de collecter et de synthétiser ces connaissances ». Dans le cas de la caulerpe, c'était bien la DG XII qui aurait dû intervenir, en raison de l'extrême nouveauté du phénomène. Un comité de trois experts scientifiques indépendants aurait alors évalué la qualité de la recherche proposée. Mais, à l'époque, faute de souplesse des mécanismes administratifs européens, il fallait un délai de six mois pour que soit ouvert un ap-

pel d'offre dans le cadre du programme "Environnement et Climat".

En 1992, Kenneth Nolan, responsable de ces questions à la DG XII, décrit les premiers contacts : « M. Boudouresque nous a envoyé une lettre expliquant que des plongeurs avaient constaté la présence en Méditerranée d'une algue qui n'aurait pas dû s'y trouver. » Le GIS-Posidonie (dont Boudouresque est le responsable) avait l'habitude de travailler avec la DG XII et connaissait toutes les procédures administratives, car, depuis dix ans (deux projets de cinq ans), une importante recherche sur la posidonie était engagée. Recherche qui décela une maladie touchant des organismes (les oursins) qui jouent un rôle indispensable dans l'écosystème de la posidonie. Le constat sur le terrain montrait une légère régression, assez ■■■



localisée, dans les zones où il y avait des flux de déchets toxiques.

A la suite de ces conclusions, la DG XII avait refusé au GIS-Posidonie une troisième demande de projet de recherche. Quelques mois plus tard, arrive la caulerpe, que Boudouresque et Meinesz qualifient de dangereuse pour l'homme – effet médiatique garanti... – et de risque majeur pour les herbiers de posidonie – sujet sur lequel ils pou-

sélection (élaboré avec le ministère de l'Environnement) passe par l'évaluation d'un groupe d'experts, qui jugent les projets selon leur thématique.

Dans le cas de la caulerpe, les experts en question étaient ceux que concernent les problèmes d'aménagement du territoire. « Ce n'étaient pas des experts des questions sous-marines, souligne Pierre Henry. La caulerpe est un dossier trop atypique. Il devait y avoir un juriste, un planificateur et un spécialiste de la gestion des risques. » Les critères d'évaluation étaient nombreux (caractère démonstratif du projet, importance du problème, reproductibilité, etc.), mais il n'y avait « aucun critère de validité scientifique ».

Ce responsable nous certifie cependant que ce qui a joué dans ce projet-là, c'est « l'importance du problème environnemental : d'après les travaux de recherche, il y avait une menace sur l'écologie des écosystèmes marins... ». Soit, mais quels travaux ? Si l'on analyse bien le cadre administratif de la Commission, c'est auprès de la DG XII qu'il faut chercher la réponse. Nous avons donc interrogé Kenneth Nolan. Le GIS-Posidonie a-t-il fait une demande de recherche scientifique ? « Non, aucune demande. » Avez-vous été consultés sur les travaux financés par la DG XI ? « Non. Ce sont les Etats membres qui valident l'intérêt des projets LIFE. Nous, tout ce que nous pouvons faire, c'est indiquer à la

DG XI quel projet nous semble important. Mais, franchement,

vaient se prévaloir d'une capacité d'expertise.

« Quand nous avons reçu la demande du GIS-Posidonie, nous avons regardé ce qu'on pouvait faire, explique Kenneth Nolan. Rien dans l'immédiat à la DG XII. Les services de l'environnement de trois pays (France, Espagne, Italie) ont insisté pour qu'on organise une réunion. Cette "task force" s'est retrouvée à la DG XI, qui pouvait financer des études hors recherche, dans le cadre du programme LIFE. Et MM. Boudouresque et Meinesz sont arrivés avec, déjà, un plan d'action. »

Pierre Henry, responsable du suivi des dossiers français dans le cadre de LIFE à la DG XI, note que ce projet de plan d'action avait été transmis par le ministère de l'Environnement français, qui l'avait évalué favorablement. Il correspondait également aux projets LIFE, qui doivent être purement locaux mais présenter un intérêt communautaire. Le processus de

Saler la mer...

L'une des solutions abracadabantes envisagées pour éradiquer la caulerpe consistait à saler la mer ! Une manne pour les entreprises sélectionnées.



A la poursuite de l'algue verte

Afin de sensibiliser les plongeurs de Méditerranée, des avis de recherche en plusieurs langues ont été diffusés par le GIS-Posidonie (Groupement d'intérêt scientifique, chargé de trouver le financement des recherches).



quand j'ai vu que, dans le cadre des études sur la toxicité, on prévoyait des injections d'extraits de caulerpe sur des souris blanches... ». L'ancien responsable des écosystèmes côtiers, maintenant chargé des questions de santé à la DG XII, en rit encore.

Il précise que la seule demande de recherche scientifique effectuée auprès de Bruxelles émanera – une semaine avant la clôture de l'appel d'offre – de chercheurs italiens. Mais, comme un projet de recherche doit impliquer au moins deux Etats membres, la demande a été rejetée pour des raisons purement formelles. Aucune réaction du côté français.

Pourtant, si une structure connaissait parfaitement toutes les procédures, c'était bien le GIS-Posidonie, qui avait l'expérience d'un contrat de dix ans avec la DG XII. Pour la caulerpe, tout au long des années, pas une seule demande, même pour des travaux sur la génétique... Alors qu'Alexandre Meinesz indique (par un fax adressé à la rédaction de *Science & Vie*) que trois demandes furent rédigées, ni la DG XII ni la DG XI n'ont reçu ces propositions.

« Ce serait totalement en dehors du champ d'intervention de la DG XI, explique Pierre Henry. Notre direction n'a pas de perspective scientifique. D'ailleurs, il n'est pas certain que le suivi de l'expansion de la caulerpe relève de la compétence de la Communauté. »

Pour résumer, l'Union européenne finance depuis cinq ans des études pour lutter contre la caulerpe (du suivi de l'expansion aux moyens de l'éradiquer) sans qu'à aucun moment une expertise scientifique indépendante ait été établie. Celle-ci pouvait s'appuyer sur des recherches scientifiques au sein de la Commission (les fonds existaient), mais encore aurait-il fallu passer sous les fourches caudines de l'évaluation d'experts scientifiques.

Au lieu de quoi, l'habile utilisation des médias, grâce à de sensationnels cris d'alarme qui valurent à cette algue le statut – rare pour un végétal – de «tueuse», aura permis de procéder sans contrôle à diverses opérations dont l'intérêt, répétons-le, n'a jamais été scientifiquement établi. Si ce n'est par la caution d'un chargé de mission au ministère de l'Environnement, André Manche, ingénieur en chef du génie rural et des eaux et forêts!

Il est d'ailleurs révélateur que les principaux acteurs de ce vau-

deville contestent à tout autre scientifique la capacité de porter un jugement sur leurs travaux, puisqu'ils seraient les seuls à avoir «étudié» la caulerpe. Ainsi, dans le cadre d'une thèse publiée en février 1997 (2), deux étudiants de l'Ecole des Mines de Paris les ont interrogés sur le colloque de spécialistes que l'Académie des sciences devait réunir au mois de mai : tant Boudouresque que Meinesz ont récusé d'avance les conclusions de ces derniers, notamment celle qui invoque la nécessité d'une détermination biologique de la caulerpe de Méditerranée. Et, quand une équipe indépendante publie (de surcroît dans la revue de référence *Nature*) des travaux qui contredisent leurs thèses, ils emploient tous les moyens pour tenter de la disqualifier.

UNE MISE EN CAUSE DU MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

« Si, au départ du projet, il y a eu des *a priori* qui auraient mérité d'être examinés d'un point de vue purement scientifique, on peut rétrospectivement se demander si le projet était mûr pour être présenté à LIFE et pour recevoir un financement », reconnaît Pierre Henry. Une manière de rejeter la responsabilité d'éventuelles dérives sur le ministère de l'Environnement, garant du GIS-Posidonie. Mais aussi l'aveu qu'il n'y a pas eu d'évaluation sur le bien-fondé scientifique des études entreprises. Un cas d'école qui montre comment on peut obtenir des financements – conséquents – sans avoir de comptes à rendre... ■

(2) "Analyse du monde scientifique : l'algue *Caulerpa taxifolia*. De l'expertise scientifique aux arguments pour convaincre l'opinion publique". Institut supérieur d'ingénierie et de gestion de l'environnement, Valérie Jalton et Christophe Baldi.

Le microscope de la vie

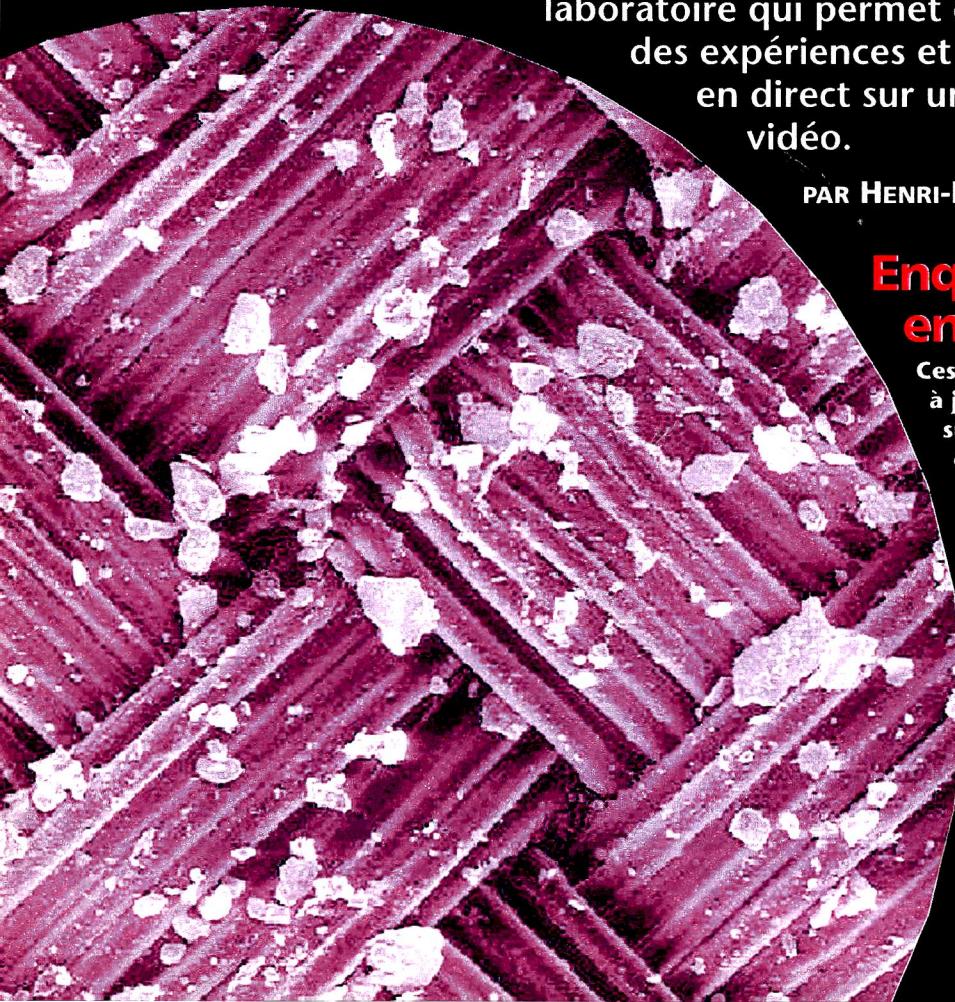
■ Révolution dans la microscopie électronique à balayage. Le microscope "environnemental" mis au point par Philips peut enfin observer la vie à l'état naturel, sans la perturber.

Sa chambre d'observation est un micro-laboratoire qui permet de mener des expériences et de les suivre en direct sur un écran vidéo.

PAR HENRI-PIERRE PENEL

Enquête en direct

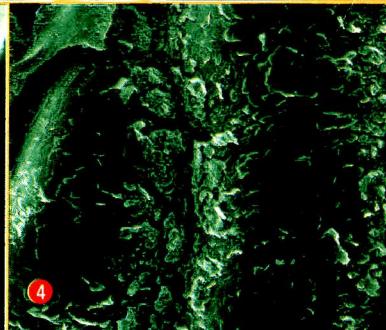
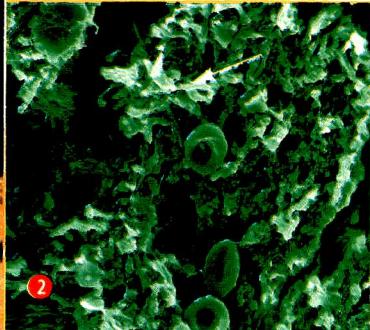
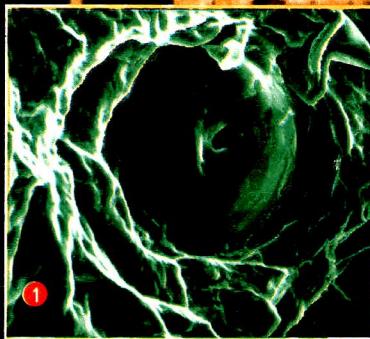
Ces traces de rouge à joue (grossies 250 fois) sur un tissu en Nylon ont pu être observées directement, lors d'une enquête policière, grâce au microscope environnemental. Avec un microscope électronique conventionnel, il aurait fallu métalliser l'échantillon, car le Nylon n'est pas conducteur de l'électricité.



Le respect des formes

Sous le microscope environnemental, cette moisissure du pain (grossie 1 000 fois) garde son apparence réelle. Elle l'aurait perdue sous le microscope électronique classique, car les échantillons doivent subir au préalable une déshydratation, qui modifie la substance.

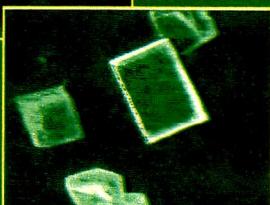
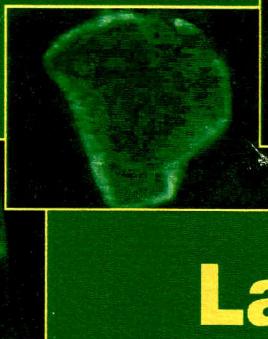
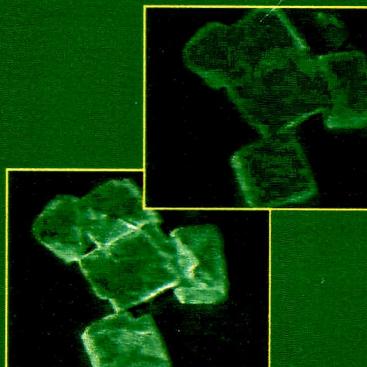
La banale réalité TRANSFIGURÉE



Le corps vivant ausculté

Le nouveau microscope permet d'observer le vivant, car il n'est pas nécessaire de déshydrater et de métalliser les échantillons. Ci-dessus (grossi 200 fois), un pore sudoripare de cochon ①, une bactérie (flèche) et des hématies dans une carie dentaire (grossies 3 000 fois) ②, de la rosée sur un cheveu (grossi 500 fois) ③ ou la peau d'un petit doigt (grossie 100 fois) ④.

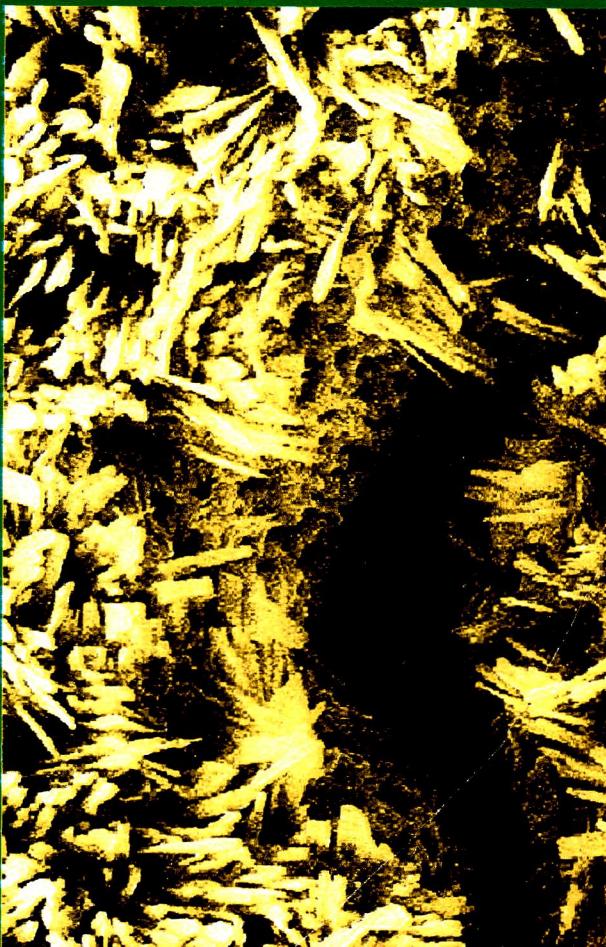
LE MICROSCOPE DE LA VIE



La MATIÈRE se dévoile

Le sel est un phénix

Le film ci-dessus montre des cristaux de sel (chlorure de sodium) qui se dissolvent dans une gouttelette d'eau. Après évaporation, le sel renait tel un phénix : il se recristallise sous sa forme cubique. En variant la pression et la température de la chambre d'observation, on commande la condensation de l'eau, ou son gel (ci-dessous). L'expérience n'a duré que quelques secondes et la machine affiche les images en temps réel sur un moniteur vidéo.





Au cœur des matériaux

La métallisation masque la structure interne de certains échantillons.

Ci-dessus (à droite), en l'absence de traitement, le microscope dévoile la structure délicate du polystyrène expansé, ou celle, cristallisée, d'une substance découverte dans du grès saturé de pétrole (à g.).

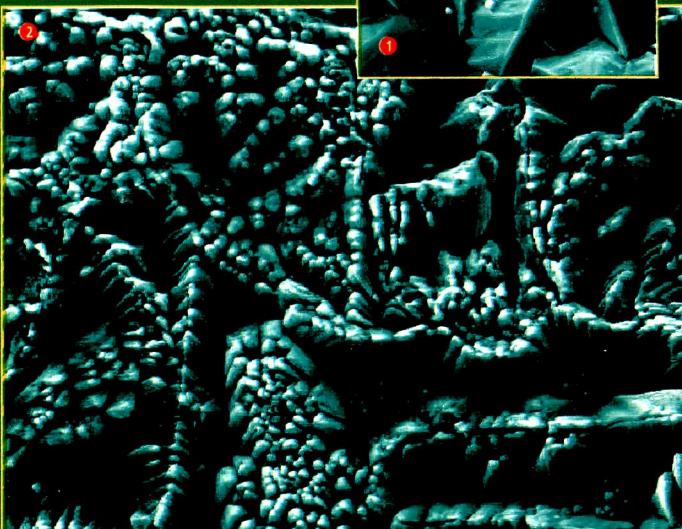


Un laboratoire à haute température

Le micro-four de la chambre d'observation est précieux pour étudier le comportement d'éléments

soumis à de hautes températures (jusqu'à 1000 °C).
A droite, du silicium pur avant fusion ① et après ②.

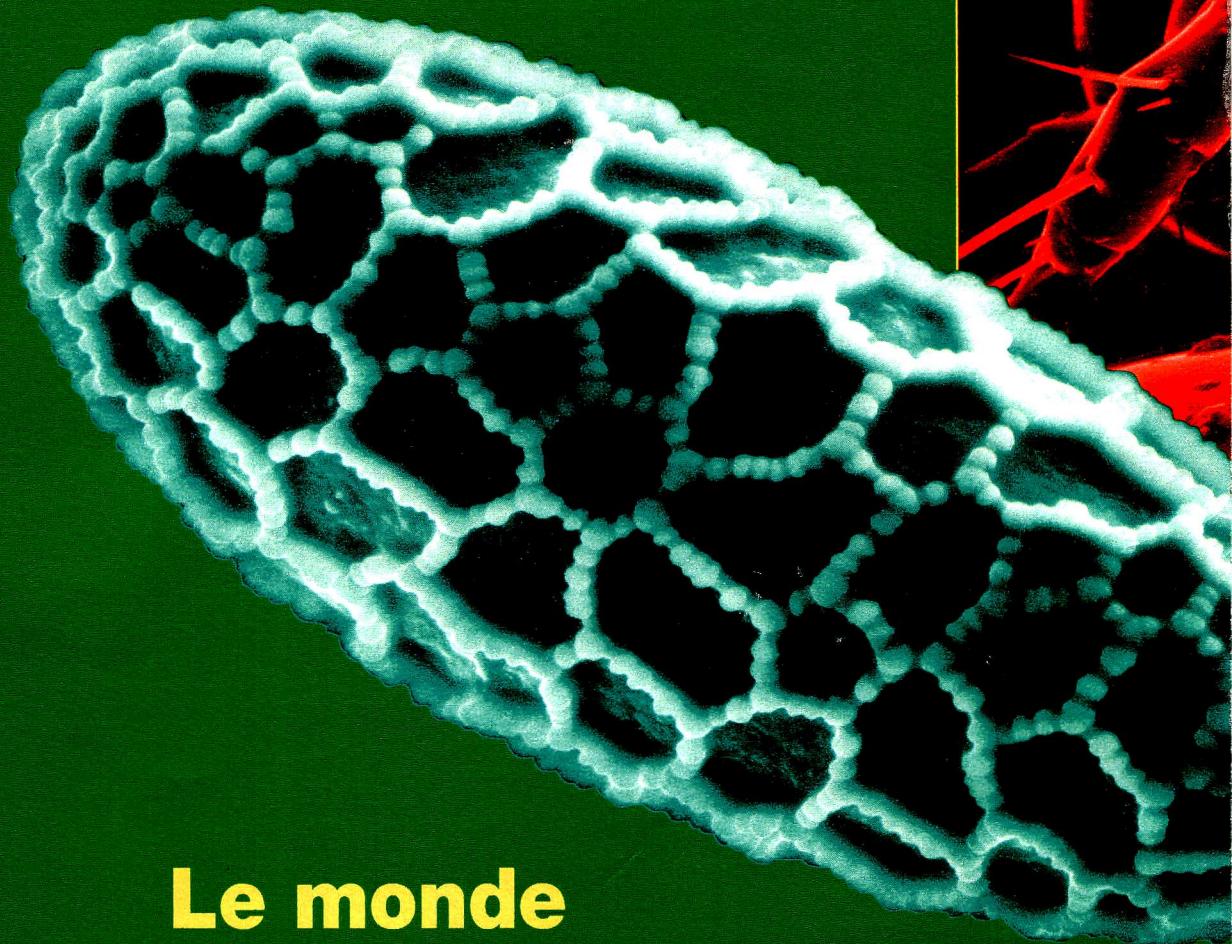
Le "four" permet aussi de suivre la croissance de l'oxydation sur une pièce de fer portée à 860 °C dans un environnement d'oxygène (ci-contre, à g.).



LE MICROSCOPE DE LA VIE

La fraîcheur du monde végétal

Les moindres détails de ce grain de pollen de lys apparaissent. Prélevé quelques secondes seulement avant son observation, il a conservé toute sa fraîcheur.



Le monde du VIVANT encore plus proche

De l'eau pour la vie

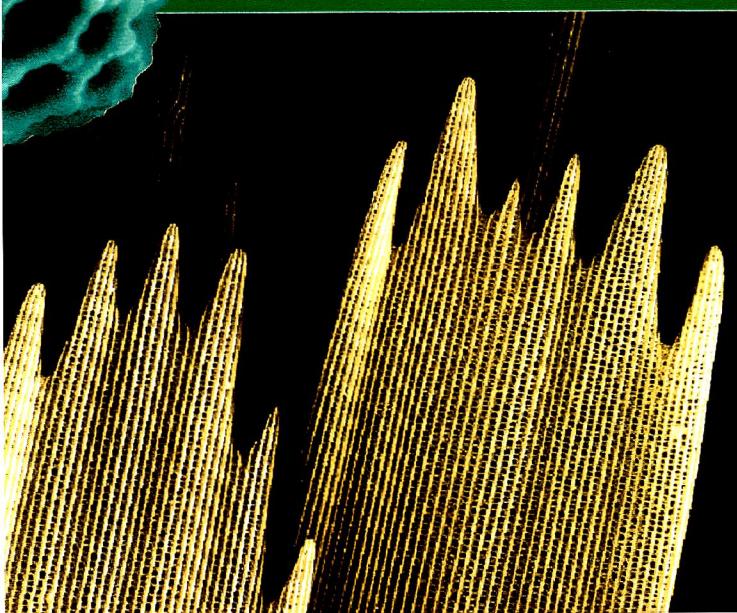
Grâce à l'humidité de la chambre d'observation, les racines d'un plant de betterave se développent comme elles le feraien dans leur milieu naturel.





Gardien de zoo lilliputien

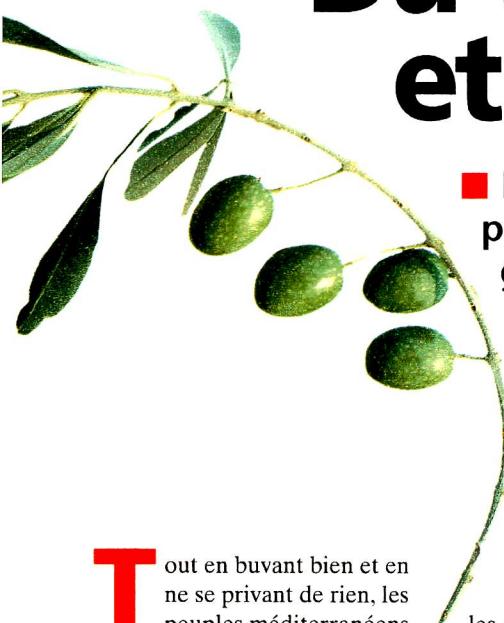
Sous l'œil du microscope, cet acarien pond ses œufs (en incrustation) comme s'il posait devant une microscopique caméra. Observant la vie en direct, le microscope environnemental se transforme en gardien de zoo lilliputien.



La fragilité du papillon

L'extrême finesse de ces écailles d'aile de papillon de nuit (grossies 1 200 fois) n'aurait pas supporté une préparation. Le nouveau microscope leur donne vie.

Du vin, de l'huile et de la santé



■ Pourquoi les Méditerranéens présentent-ils moins de pathologies graves que les peuples nordiques ? Parce qu'ils se nourrissent mieux. Les nutritionnistes viennent de prouver scientifiquement les subtiles vertus de ce régime ensoleillé.

PAR PIERRE ROSSION

Tout en buvant bien et en ne se privant de rien, les peuples méditerranéens sont beaucoup moins sujets que ceux du Nord de l'Europe aux maladies cardio-vasculaires, au cancer, à l'obésité, à l'ostéoporose, au diabète, à la cataracte et à la maladie d'Alzheimer. C'est ce que révèlent

les statistiques de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Or, ni le climat, ni la génétique, ni le niveau de stress n'expliquent ces différences : il ne reste

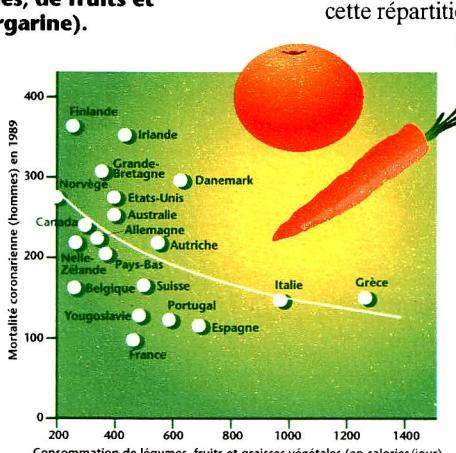
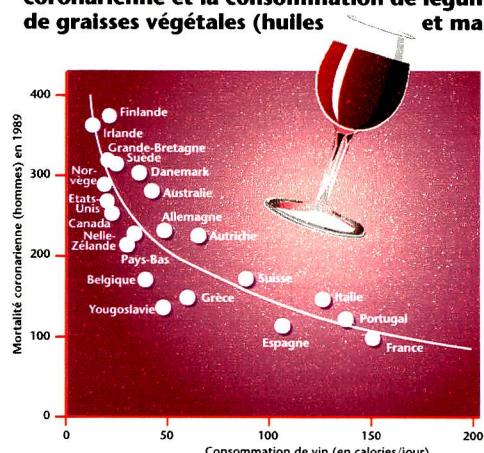
que l'alimentation pour en rendre compte.

Plusieurs équipes de nutritionnistes, en France et à l'étranger (1), sont récemment parvenues à la conclusion que les effets bénéfiques de la nourriture méditerranéenne sont dus aux fibres et aux micronutriments qu'elle contient. Les scientifiques avaient d'abord cru que le secret de l'alimentation méditerranéenne résidait dans un bon dosage des protides, des lipides et des glucides – constituants essentiels des aliments. Mais ils ont constaté que cette répartition est à peu près identique dans la cuisine des pays nordiques.

Reprenant le problème ■ ■ ■

La France boit et la Finlande trinque

C'est dans les pays où l'on boit le plus de vin (parmi les 21 pays industrialisés qui en consomment le plus) que la mortalité coronarienne est la plus faible. Les Français, qui en absorbent l'équivalent de 150 calories par jour, ont près de quatre fois moins de maladies coronariennes que les Finlandais (20 calories par jour). On observe une relation similaire entre la mortalité coronarienne et la consommation de légumes, de fruits et de graisses végétales (huiles).



(1) INRA, Groupe polyphénols, Fédération régionale des industries agroalimentaires, Cellule interface alimentation-nutrition-santé, Institut méditerranéen du vin, de l'alimentation et de la nutrition préventive. Communication faite en juin dernier aux III^e Journées de rencontres industrie-recherche, sous l'égide de la chambre de commerce et d'industrie de Marseille-Provence.

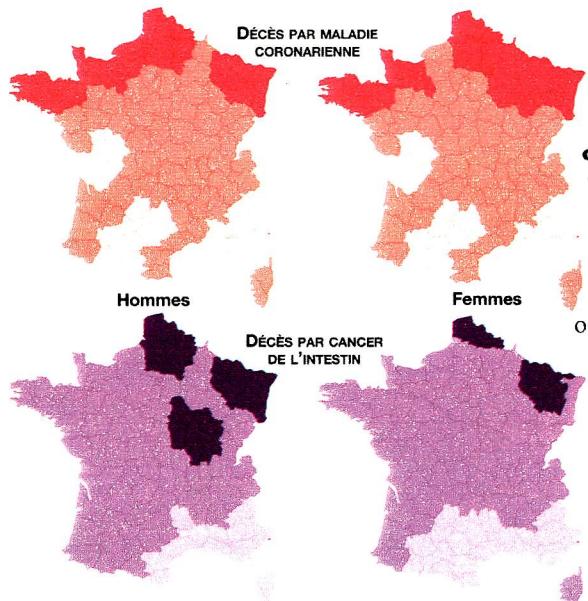
d'oliye

Etal de bienfaits

Tous les ingrédients de la bonne santé sont réunis sur les marchés provençaux.



ALIMENTATION MÉDITERRANÉENNE



Le cœur du Nord au Sud

Pour les nutritionnistes, le régime méditerranéen explique les moindres taux de mortalité par maladie coronarienne et par cancer de l'intestin enregistrés dans le Sud de la France. Les taux les plus forts s'observent dans le Nord et dans l'Est. Ils décroissent progressivement vers le Sud (la Corse semble faire exception, mais, selon l'INSERM, les données recueillies dans ce département sont sujettes à caution).

A. MEYER/SOURCE SC 8 INSERM

on consomme deux fois plus d'huile végétale (surtout d'olive) que dans le Nord. On y boit également plus de vin : environ 0,35 litre par jour à Marseille, contre 0,28 à Lille. En revanche, on y absorbe cinq fois moins de bière ; et beaucoup moins de graisses : 15 grammes de beurre et 22 g de margarine par jour et par personne à Toulouse, contre, respectivement, 24 et 16 g à Lille.

Et encore ne s'agit-il là que de la situation française : si l'on compare les alimentations grecque et irlandaise, le contraste est encore plus marqué.

Les chercheurs ont analysé un à un les aliments spécifiques du régime méditerranéen, afin de mettre en évidence leurs caractéristiques. Ils ont constaté leur extrême richesse en fibres et en micronutriments. Par la suite, ils ont démontré que ce sont bien ces substances, et elles seules, qui exercent une action bénéfique sur la santé.

Longtemps négligé, l'intérêt des fibres alimentaires est maintenant reconnu. On désignait autrefois par ce terme les polysaccharides des parois végétales (cellulose, hemicellulose, pectine), peu ou pas digérés dans l'intestin grêle mais dégradés par la flore microbienne du gros intestin. Aujourd'hui, ce terme désigne l'ensemble des glucides complexes peu digestibles dans l'intestin grêle – essentiellement l'amidon d'origine alimentaire.

L'organisme a besoin d'environ 30 g de fibres par jour. Elles sont présentes dans tous les végétaux, en particulier dans les enveloppes externes des graines (riz, par exemple). Certaines fibres de type visqueux, comme la pectine des fruits, ralentissent le transit intestinal, ce qui a pour effet d'étaler dans le temps l'absorption des nutriments par la paroi de l'intestin grêle, alors que d'autres ont plutôt tendance à l'accélérer.

LA FIBRE PROTECTRICE

De nombreuses enquêtes épidémiologiques ont montré que les fibres, surtout celles fournies par les légumes et par les produits céraliens, réduisent le taux des cancers digestifs. On suppose qu'elles jouent également un rôle protecteur dans le cancer du sein. Enfin, en raison de leur faible pouvoir calorique, elles préviennent l'obésité et le diabète de type II, appelé aussi diabète de type gras ou diabète non insulino-dépendant, qui survient surtout chez l'homme mûr ou âgé, du fait d'un excès d'énergie dû à la consommation excessive de matières grasses. «Les fibres diminuent sensiblement

me à zéro, les nutritionnistes ont comparé les régimes méditerranéen et nordique, afin de voir par quels aliments ils se différencient. Le premier fait la part belle aux légumes frais et variés, aux fruits, aux cé-

15 g de beurre par jour à Toulouse contre 24 g à Lille

réales, à l'huile d'olive, au vin, à l'ail, à l'oignon et aux herbes aromatiques (thym, romarin, sauge, sarriette...). Le second ne fait appel à ces produits qu'en quantité bien moindre – voire pas du tout.

Ainsi, dans le Sud de la France,

La prophylaxie du potager

Les légumes et les fruits sont très riches en fibres et en micronutriments. Leur rôle protecteur contre de nombreuses maladies (cancers, diabète, maladies cardio-vasculaires, obésité...) est aujourd'hui confirmé.



B. BARBIER/FOTOPQR/STONE IMAGES

la sécrétion d'insuline postprandiale (qui suit les repas) et ont donc un effet inhibiteur sur l'apparition des diabètes de type II», nous dit Christian Rémésy (2), directeur de recherche à l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) de Clermont-Ferrand. Les fibres peuvent également agir de façon décisive dans la prévention des maladies cardio-vasculaires, car, selon le chercheur de l'INRA, elles favorisent l'élimination du cholestérol de l'organisme par la voie biliaire.

"NOUVEAUX" NUTRIMENTS

Les micronutriments englobent plusieurs groupes de substances : les oligo-éléments et les vitamines classiques (A, B, C, D, E, K), et des composés organiques d'origine végétale, moins connus parce que plus récemment étudiés, comme les polyphénols et les caroténoïdes.

La preuve de l'action biologique de ces micronutriments a été apportée essentiellement par des tests *in vivo* sur des animaux de laboratoire et, *in vitro*, sur des cellules en culture ; ainsi que, pour une faible part (car elles sont longues à mettre en œuvre, difficiles à réaliser et coûteuses), par des études épidémiologiques chez l'homme.

D'après Christian Rémésy, on n'a isolé que 4000 des quelque 5000 molécules de la classe des polyphénols, dont un très petit nombre a été étudié. Elles se répartissent en deux grandes familles.

La première famille comprend les acides phénoliques, qu'on trouve

ve dans de nombreux fruits (pomme, abricot, tomate), dans le café peu torréfié, dans les agrumes, les céréales et les légumes.

La seconde famille, celle des flavonoïdes, regroupe des pigments blanc ivoire abondants dans les bulbes des oignons et dans la plupart des fruits et légumes. Elle rassemble aussi des pigments bleus, rouges ou violets, appelés anthocyanes, présents dans les fruits rouges (myrtille, cerise, cassis, raisin rouge), dans certains légumes (chou rouge, oignon, rhubarbe, haricot sec) et dans le vin rouge. On range enfin dans les flavonoïdes les tanins du thé, du café, du vin rouge et de certains fruits (fraise en particulier).

Les caroténoïdes sont eux aussi largement répandus dans la nature, notamment dans de nombreux fruits et légumes (carotte, abricot, tomate, me-



Un pays, deux régimes

Le Sud de la France se distingue du Nord par une consommation nettement plus importante de vin, de légumes frais, d'huile d'olive et de fruits.

Mais comment interviennent ces diverses substances ? La majorité des biologistes attribuent le processus du vieillissement et le développement d'un grand nombre de pathologies (maladies cardio-vasculaires, cancers, maladies inflammatoires) à la production par l'organisme de molécules oxygénées, les radicaux libres.

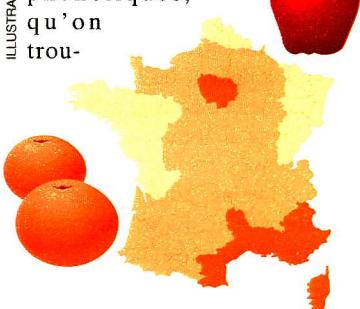
Ces molécules, dites libres parce que leur couche périphérique contient un électron libre, sont produites au niveau des mitochondries, les "centrales thermiques" de l'organisme. C'est là que l'oxygène apporté par la respiration brûle les graisses fournies par l'alimentation, pour produire et stocker l'énergie nécessaire au métabolisme cellulaire.

Or, de même qu'une usine produit des déchets, le métabolisme cellulaire en engendre aussi : ce sont justement les radicaux libres. Des molécules très toxiques pour l'organisme, car elles altèrent les structures et les fonctions de l'ADN, des protéines et des lipides, avec pour conséquence une accélération du vieillissement.



lon, épinard), auxquels ils donnent une coloration orangée ou rouge, souvent masquée par la chlorophylle. Citons le lycopène, le bêta-carotène, la lutéine ou la capsanthine. Certains caroténoïdes sont des précurseurs de la vitamine A et participent à la synthèse de celle-ci, alors que d'autres ont une action biologique directe.

(2) Auteur des *Bonnes Calories* et d'*Alimentation et Santé*, Flammarion.



ALIMENTATION MÉDITERRANÉENNE

Les premiers radicaux libres émis dans le sang sont les radicaux superoxydes. Très réactifs, ils se déplacent dans l'organisme, où ils finissent par rencontrer une enzyme, la superoxyde dismutase. Il s'ensuit une réaction chimique qui produit de l'eau oxygénée. Cette substance, potentiellement toxique, est alors transformée en eau ordinaire par une enzyme nettoyeuse, le glutathion peroxydase. La vie cellulaire résulte donc d'un équilibre entre la production d'eau oxygénée et son inactivation par l'enzyme de nettoyage.

Cependant, à la suite d'une consommation excessive d'alcool, d'une pollution intensive ou, plus simplement, au cours du vieillissement, il arrive que l'enzyme nettoyeuse vienne à manquer. L'eau oxygénée peut alors engendrer, en présence d'ions métalliques (fer, cuivre), d'autres radicaux libres : les radicaux hydroxyles, beaucoup plus toxiques pour la cellule que les premiers.

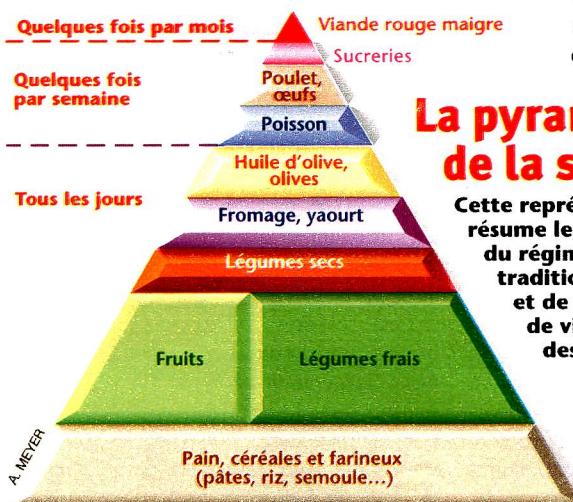
Pour s'en débarrasser, l'organisme fait appel à des substances antioxydantes capables de les piéger. Ces antioxydants sont justement les

taminés E et C réduisent le risque des affections coronariennes et préviennent de manière spectaculaire la cataracte. Les caroténoïdes contenus dans les fruits et les légumes contribuent, pour leur part, à améliorer les réponses immunitaires et semblent jouer un rôle préventif majeur vis-à-vis des cancers de la peau et du poumon.

Quant aux polyphénols, ils dimi-

Enfin, en ajoutant au régime d'animaux de laboratoire des extraits concentrés de polyphénols de thé vert, de vin et de romarin, on freine le processus de cancérogenèse déclenché par l'administration d'un cancérogène chimique puissant, tel que le benzopyrène.

Il convient cependant d'être prudent. Si, en règle générale, les polyphénols ont des pouvoirs anticancérogènes, l'état des connaissances appelle quelques commentaires,



La pyramide de la santé

Cette représentation schématique résume les grandes lignes du régime méditerranéen traditionnel : beaucoup de pain et de farineux, très peu de viande, des fruits et des légumes en abondance.

estime Marc Suschetter, directeur de recherche à l'INRA (Dijon). En premier lieu, les effets

anticancérogènes dépendent de la structure des polyphénols, du type de l'agent cancérogène et de l'organe cible. En outre, certains polyphénols ne sont pas dépourvus de toute toxicité. C'est le cas de la quercétine, en dépit de ses effets antitumoraux. Enfin, les études épidémiologiques portant spécifiquement sur le lien entre consommation de polyphénols et cancer ne permettent pas de tirer des conclusions définitives.

Il n'empêche que, dans l'ensemble, les effets bénéfiques de l'alimentation méditerranéenne sur la santé sont incontestables. L'exceptionnelle longévité de Jeanne Calment, morte cette année à 122 ans, en témoigne peut-être... Depuis la nuit des temps, les Méditerranéens ont su d'instinct adopter une alimentation saine. La science vient d'en faire la démonstration. ■

Les polyphénols du vin et du romarin freinent la cancérogenèse

vitamines, les oligo-éléments, les polyphénols et les caroténoïdes, c'est-à-dire l'ensemble des micronutriments qui se trouvent en abondance dans la cuisine méditerranéenne.

En étudiant spécifiquement chacun de ces micronutriments, les chercheurs ont montré que les vi-

nent le risque de mortalité par affection cardio-vasculaire. Ils peuvent aussi affecter les diverses phases de la cancérogenèse. D'abord, ils freinent l'"initiation" (première phase de transformation cellulaire due à l'altération de l'ADN) en inhibant les enzymes d'activation des cancérogènes, dont ils favorisent la détoxicification (processus par lequel un produit perd sa toxicité). Ensuite, ils retardent la phase de "promotion" (expansion clonale des cellules transformées) en facilitant, par exemple, l'apoptose ("suicide" des cellules).

Les études ont aussi montré que certains polyphénols, comme la quercétine de l'oignon, ont des propriétés antitumorales au niveau de l'intestin grêle, du côlon, de la glande mammaire, et que d'autres, comme la tangéretine des agrumes, peuvent freiner les métastases.



SCIENCE & VIE HORS SÉRIE
évolue pour mieux répondre aux
attentes de ses lecteurs avec plus
de photos et d'explications,
plus de diversité
et de facilité de lecture.

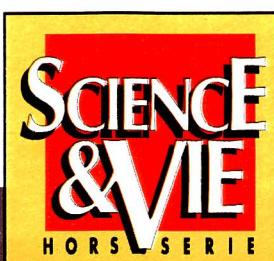
Les sites du patrimoine mondial :

Les plus belles créations de l'humanité.

Science & Vie Hors Série vous fait découvrir les plus beaux sites protégés du monde. Répertoriés par l'Unesco, ces sites sont reconnus pour leur haute technicité traditionnelle et leur harmonie avec le milieu.

Ils sont devenus les symboles de la beauté du monde. Du réseau hydraulique D'Angkor aux maisons-tours de Shibam et des derniers vestiges du système agricole Aztec de Xochimilco aux mines de sel de Wieliczka...

Science & Vie Hors Série vous invite à faire le tour du monde du patrimoine de l'humanité.



Ils ont inventé le BIG



■ Il y a 80 ans, Einstein expose la première théorie globale du cosmos. Mais il y manque l'essentiel : le fameux big bang. L'intuition de deux génies méconnus, le Russe Alexandre Friedmann et le Belge Georges Lemaître, va révolutionner la cosmologie. Leurs travaux sont publiés pour la première fois en France.

PAR JEAN-PIERRE LUMINET *



Einstein a manqué la révolution cosmologique contenue en germe dans sa théorie de la relativité générale, élaborée en 1915. Cette révolution peut se résumer en une phrase : l'Univers a une histoire, donc un commencement. Autrement dit, l'espace n'a pas toujours été identique à lui-même, il est en expansion depuis un "moment" initial connu sous le nom de big bang.

Ce changement de perspective est l'œuvre de deux pionniers, le Russe Alexandre Friedmann (1888-1925) et le Belge Georges Lemaître (1894-1966). Deux de leurs textes au moins, publiés le premier en 1922, le second en 1927, en font les inventeurs du concept du big bang, l'une des découvertes majeures du siècle. Pourtant, leurs noms demeurent méconnus, et leur contribution

* Astrophysicien à l'Observatoire de Meudon, directeur de recherches au CNRS.

BANG

scientifique est sous-estimée par les astrophysiciens et les cosmologistes.

Alexandre Friedmann est né à Saint-Pétersbourg en 1888. Diplômé de physique mathématique en 1910, il participe dans l'aviation russe à la Première Guerre mondiale. Dans la jeune Union soviétique, il est professeur à l'université de Perm, puis, à partir de 1920, à l'université de Leningrad, où il mène de front ses travaux météorologiques, aéronautiques et cosmologiques. Il meurt subitement en 1925, avant que des observations astronomiques aient pu étayer son modèle d'Univers.

La contribution de Friedmann à la cosmologie relativiste tient en trois textes : deux articles techniques,

publiés en allemand en 1922 et 1924, et un ouvrage de semi-vulgarisation – *l'Univers comme espace et temps* –, publié en russe en 1923. Dans son article de 1922, "Sur la courbure de l'espace", Friedmann franchit le pas qu'Einstein n'avait pas osé faire : si l'on abandonne l'hypothèse d'un Univers statique, le problème cosmologique relativiste comprend une infinité de solutions dans lesquelles l'espace varie en fonction du temps – solutions que les physiciens nomment "dynamiques".

Dans son livre de vulgarisa-

■ ■ ■

Les pionniers

Cofondateurs de la cosmologie moderne, le Russe Alexandre Friedmann (à g.) et le Belge Georges Lemaître (à dr.) verront leur théorie confirmée par les observations de l'astronome Edwin Hubble (ci-dessus, la galaxie M31). En haut, un livre clef de Lemaître (1950).



Einstein refuse l'idée

tion, Friedmann écrit : « Le type d'Univers variable engendre une famille beaucoup plus générale de modèles : dans certains cas, le rayon de courbure de l'Univers part d'une certaine valeur et augmente constamment au cours du temps ; dans d'autres cas, le rayon de courbure varie de façon périodique, l'Univers se contractant en un point [de volume nul], puis, à partir de ce point, accroissant son rayon jusqu'à une certaine valeur maximale, puis diminuant à nouveau pour redevenir un point, et ainsi de suite».

L'ÂGE DE L'UNIVERS SOUDAIN MULTIPLIÉ PAR DIX

Friedmann pose pour la première fois en termes scientifiques le problème du début et de la fin de l'Univers. Il ne peut s'empêcher d'y voir une implication métaphysique : « On peut aussi parler de la création du monde à partir de rien. » Friedmann discute également de l'âge de l'Univers : « Si l'on tente de calculer le temps

écoulé depuis le moment où l'Univers fut créé à partir du vide jusqu'à aujourd'hui, c'est-à-dire de calculer le temps depuis la création du monde, on obtient un nombre correspondant à quelques dizaines de milliards de nos années usuelles. » Ce nombre était beaucoup plus grand que l'âge des plus vieux objets de l'Univers connus à l'époque. Au début des années 20, l'âge supposé de la Terre n'était pas supérieur à 1 milliard d'années. Le chiffre avancé aujourd'hui pour l'âge de l'Univers (de 10 à 20 milliards d'années) confirme et précise la géniale intuition de Friedmann.

Une fois lancé dans le champ de la cosmologie relativiste, le terme "création du monde" va susciter remous et malentendus, et bloquer "psychologiquement" la plupart des physiciens. Au premier rang d'entre eux figure Einstein, qui entend d'abord réfuter Friedmann sur la base d'une erreur de calcul. Or, c'est Einstein qui se trompe. Il devra se



Les galaxies s'éloignent...

Edwin Hubble, ici devant un des télescopes du Mont Palomar, mit en évidence la fuite des galaxies et calcula leur vitesse, obtenant des résultats pratiquement identiques à ceux de Lemaître.

rétracter peu après, mais n'acceptera jamais l'idée d'un commencement du monde.

L'article de 1924, "Sur la possibilité d'un Univers à courbure négative constante", pose notamment, avec un demi-siècle d'avance, des questions fondamentales sur la topo-

Le maître de Leningrad

Ses recherches n'ont pas empêché Alexandre Friedmann d'enseigner la relativité générale à l'université de Leningrad (Saint-Pétersbourg). Il a formé, en quatre ans à peine, toute une génération de savants russes.



d'un commencement du monde

gie de l'espace. Hélas, Friedmann disparaît prématurément (à 37 ans), sans que ses idées cosmologiques aient été en rien acceptées.

Au même moment, un autre homme de science européen rentre des Etats-Unis pour enseigner à l'université de Louvain (Belgique). Georges Lemaître va reprendre les intuitions prémonitoires du savant russe et les amplifier pour bâtir le socle de la théorie du big bang.

Il est né à Charleroi en 1894. Ses études d'ingénieur ont été interrompues par la guerre. Il se dirige vers la physique théorique. Parallèlement, il a été ordonné prêtre en 1923. Après des séjours scientifiques en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis, il est nommé, en 1927, professeur à l'université de Louvain, où il restera jusqu'à sa mort, en juin 1966, à l'âge de 72 ans. Contrairement à Friedmann, qui ne vint à l'astronomie que trois ans avant de mourir, Lemaître se passionna toute sa vie pour cette discipline. Il sentait l'absolue nécessité de confronter les faits d'observation et la théorie. Il n'en fut pas moins un remarquable mathématicien.

LE MARIAGE DE LA THÉORIE ET DE L'OBSERVATION

Son œuvre cosmologique s'est construite en deux phases. Il découvre, après Friedmann et indépendamment de lui, que les équations d'Einstein admettent des solutions cosmologiques dynamiques. Simultanément, il prend en compte les observations américaines sur les vitesses des galaxies, auxquelles il donne un sens physique en les interprétant comme les indices d'une expansion de l'Univers. Puis il formule une hypothèse encore plus audacieuse, qui est en partie le prolongement logique du concept d'expansion : si aujourd'hui l'Univers se dilate, dans le passé il a été beaucoup plus petit,

beaucoup plus dense. Un jour infinité lointain, il a donc été condensé en un "atome primitif", dont les fractionnements successifs ont conduit à l'Univers que nous observons à présent. Revue et corrigée au fil du temps, cette conception est devenue la théorie du big bang.

Comment Lemaître en est-il arrivé là, dès les années 20 ? En 1925, l'astronome américain Edwin Hubble fait faire un pas décisif à la cosmologie observationnelle : il démontre que ce qu'on appelait des "nébuleuses spirales" sont des systèmes d'étoiles analogues à la Voie lactée, à savoir d'autres galaxies. Son collègue Vesto Slipher a déjà mis en évidence un décalage vers le rouge quasi systématique des raies spectrales du rayonnement, c'est-à-dire de la lumière de ces nébuleuses. Les décalages impliquent

une vitesse de récession (de "fuite"), mais il n'existe aucune interprétation théorique de ce mouvement de fuite.

En 1927, Lemaître publie en français son article fondamental, "Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extragalactiques". Comme le titre l'annonce, il relie l'expansion de l'Univers qui découle des solutions cosmologiques de la relativité générale aux observations de Slipher et de Hubble. Mariage pour le meilleur de la théorie et de l'observation... Lemaître annonce en outre une relation de proportionnalité entre la vitesse de fuite et la distance.

L'article du jeune savant belge n'est pas plus apprécié que ne l'avaient été ceux de son prédécesseur russe. Lors de sa première ren-

La cosmologie, pomme de discorde

Albert Einstein, qui n'avait pas accepté les théories cosmologiques d'Alexandre Friedmann, reconnaîtra

à Georges Lemaître
des qualités de
mathématicien
mais refusera
toujours
d'adopter
sa conception
de l'Univers.
Ici, leur rencontre
à Pasadena
en
1933.



Une théorie aussi majeure que la ré

contre avec Lemaître, en 1927, Einstein lui décerne quelques louanges sur le plan technique, mais conclut que, du point de vue physique, cela lui paraît « tout à fait abominable ».

En 1929, cependant, Edwin Hubble publie la loi expérimentale de proportionnalité entre la vitesse de fuite des galaxies et la distance (loi qui portera désormais son nom) : ses chiffres sont quasiment identiques à ceux de Lemaître, énoncés deux ans auparavant. En 1931, l'astrophysicien britannique Arthur Stanley Eddington fait traduire en anglais l'article de Lemaître de 1927. Dès lors, l'Univers en expansion est en passe de devenir le nouveau paradigme cosmologique. Einstein lui-même finit, difficilement, par l'accepter.

NÉ D'UN FEU D'ARTIFICE

Mais, au moment où Eddington et Einstein rejoignent Lemaître dans sa vision d'un Univers dynamique, le savant belge est déjà plus loin : il envisage que l'Univers a commencé son expansion à partir d'un état initial singulier, qu'il nomme atome primitif. Entre ces génies va ainsi se creuser le fossé d'une autre controverse, qui ne se comblera pas de leur vivant : celle de la naissance même de l'Univers.

Cette idée capitale, Lemaître la développe dans le texte "L'expansion de l'espace", publié en 1931. Pour lui, la phase initiale de l'histoire cosmique est une expansion de type explosif, issue de la désintégration radioacti-

ve d'un "atome-Univers". Lemaître utilise l'image du "feu d'artifice", certes poétique mais pédagogiquement contestable : elle est à la source d'un malentendu constamment ravivé par la littérature de vulgarisation, qui présente le big bang comme

phénomènes radioactifs, Lemaître conçoit l'Univers primitif comme un quantum unique, dont la désintégration a donné naissance à tous les composants de l'Univers actuel.

Personne n'a pensé ni défendu avec une telle force cette conception du commencement du monde : « Nous pouvons concevoir que l'espace a commencé avec l'atome primitif et que le commencement de

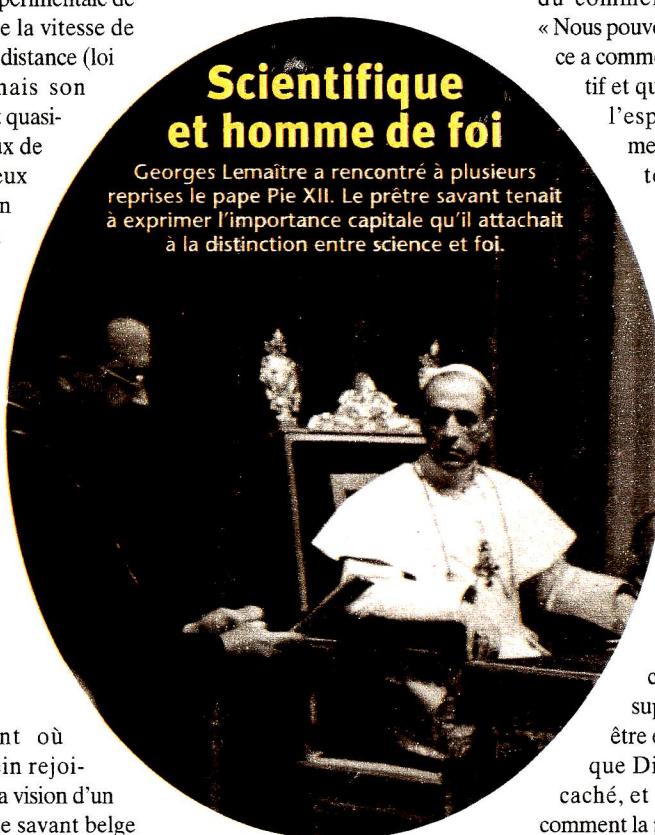
l'espace a marqué le commencement du temps. » Les termes de genèse et de création soulevèrent des tempêtes de protestations chez les physiciens, mais il faut souligner que la vision de Lemaître n'a jamais reposé sur une confusion scientifico-religieuse. Il avait, au contraire, une conception "naturelle" de l'origine, s'opposant à une création surnaturelle.

« Je pense que qui conque croit à un être suprême soutenant chaque être et chaque acte croit aussi que Dieu est essentiellement caché, et peut se réjouir de voir comment la physique actuelle fournit un voile cachant la création », écrit Lemaître dans un texte inédit de 1931. Pour le prêtre savant, Dieu sera toujours un être suprême et inaccessible, ce qui lui permettra de préserver l'origine du monde du surnaturel. Il n'est pas inutile de souligner sa rigueur théologique, quand on voit aujourd'hui des cosmologistes américains déclarer qu'ils ont vu "le visage de Dieu" après avoir détecté expérimentalement les inhomogénéités du fond diffus cosmologique !

Toujours est-il que les physiciens

Scientifique et homme de foi

Georges Lemaître a rencontré à plusieurs reprises le pape Pie XII. Le prêtre savant tenait à exprimer l'importance capitale qu'il attachait à la distinction entre science et foi.



une explosion ponctuelle de matière dans un espace extérieur.

Cette première phase pose la question de l'origine singulière de l'Univers, l'"atome primitif" de Lemaître. Le raisonnement du savant belge se fonde sur sa volonté d'utiliser les nouvelles connaissances de la physique atomique et de lier ainsi les nébulosités aux atomes : « Une cosmogonie vraiment complète devrait expliquer les atomes comme les soleils », écrit-il joliment. Prenant appui sur les

évolution copernicienne

de l'époque reçoivent très mal l'idée de l'atome primitif. Sans doute le statut de mathématicien de Lemaître ainsi que son engagement religieux ont-ils cristallisé les résistances qui accompagnent toujours l'instauration d'une nouvelle vision du monde. Lorsque, en 1950, paraît un ouvrage récapitulatif de sa pensée – *l'Hypothèse de l'atome primitif : essai de cosmogonie* –, la théorie n'est plus à la mode. En effet, depuis 1948 triomphe la théorie cosmologique alternative de l'"état stationnaire", dont les principaux promoteurs sont l'Américain Thomas Gold et les Britanniques Hermann Bondi et Fred Hoyle.

LETTERS DE NOBLESSE POSTHUMES

L'idée forte de ces trois grands scientifiques, c'est que l'Univers a toujours été et sera toujours comme il est aujourd'hui, identique à lui-même au cours du temps. Fred Hoyle n'est guère tendre avec ses adversaires scientifiques. Lors d'une réunion à Pasadena (Californie), en 1960, il accueille Lemaître par ces mots : « *This is the big bang man.* » Mais sa dérision vient de fournir à la théorie le nom qui lui manquait !

Hoyle lui apportera une autre contribution, plus sérieuse, en résolvant la question de l'abondance des éléments chimiques dans l'Univers.

Le "big bang" va passer à la postérité grâce à un ancien étudiant d'Alexandre Friedmann, le physicien américain d'origine russe George Gamow. En effet, si Lemaître imaginait que l'Univers initial devait être plus dense, Gamow précise qu'il devait également être plus chaud. Il prédit l'existence d'un vestige refroidi de l'Univers chaud primitif, sous la forme d'un rayonnement radio aux caractéristiques précises. Arno Penzias et Robert Wilson le découvrent en 1965...

C'est quelques jours avant sa mort que Lemaître apprit la découverte du rayonnement fossile, qu'il avait élégamment désigné comme « l'éclat disparu de la formation des mondes ». Atteint d'une leucémie, il avait été transporté à l'hôpital deux semaines auparavant. Il déclara simplement : « Je suis content... Maintenant, au moins, on en a la preuve. » Sous le nom plus imagé de big bang, l'hypothèse de l'atome primitif devenait enfin une théorie physique. Il faudra quelques années de plus pour qu'elle



Il a repris le flambeau...

George Gamow, un élève de Friedmann, poursuivra les travaux de son maître... et précisera que l'Univers primitif était non seulement plus dense, mais aussi plus chaud.

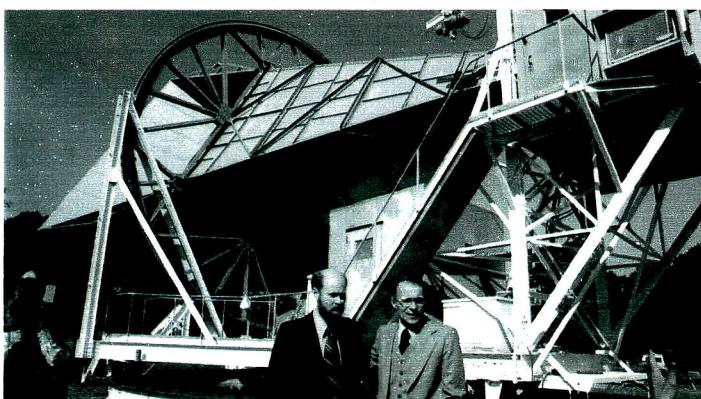
reçoive ses lettres de noblesse : le prix Nobel de physique sera décerné à Penzias et Wilson en 1978.

Cinquante ans plus tôt, Friedmann et Lemaître avaient déclenché une révolution scientifique de même ampleur que la révolution copernicienne. Dans la cosmologie pré-copernicienne, l'espace était centré sur un lieu précis, la Terre. Dans la cosmologie pré-friedmannienne, le déroulement temporel de l'Univers était réduit à un cas particulier, la statичité, c'est-à-dire l'absence de toute évolution. Les cosmologies de Friedmann et de Lemaître introduisent de façon irréversible l'historicité de l'Univers et l'idée d'un commencement.

Ainsi les deux savants s'inscrivent-ils dans la lignée des grands novateurs, Ptolémée, Copernic, Kepler, Galilée, Newton, Einstein... ■

Ils ont trouvé le rayonnement...

Grâce à l'antenne radio de la Bell Telephone Company, Arno Penzias et Robert Wilson découvriront en 1965 le rayonnement de fond cosmologique prévu par Gamow. Ce qui leur vaudra, en 1978, la consécration suprême : le prix Nobel de physique.



POUR EN SAVOIR PLUS

- *Essais de cosmologie*, par Alexandre Friedmann et Georges Lemaître, précédés de *l'Invention du big bang*, par Jean-Pierre Luminet, Le Seuil, collection "Sources du savoir", 1997.

RÉTRO

Il y a 25 ans

par Véronique Rochewsky



Les 29 km les plus dangereux de France

Ce sont ceux du boulevard périphérique de Paris. Alors que 100 accidents provoquent en moyenne 11 morts sur l'ensemble de nos routes, ils en causent 19 sur le périphérique.

Un tiers de la population mondiale vit dans des taudis

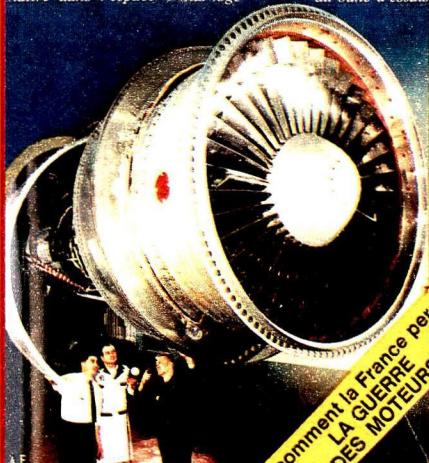
Pour lutter contre ce fléau, à chaque pays sa solution : à Hongkong, comme en France, on construit des HLM à la verticale (photo). En revanche, à Caracas, on bâtit des HLM à l'horizontale, le Vénézuélien démunie ne s'étant pas adapté à vivre dans les étages élevés.

SCIENCE & VIE

Après Apollo : On peut mourir Skis et chaussures 73
vivre et d'être mal logé

vivre dans l'espace mal logé

Skis et chaussures 73 au banc d'essais



Décembre 1972

Nixon a dit «no» au projet de coopération franco-américain pour la construction d'un moteur de 10 tonnes de poussée. Raison officielle : le générateur de gaz à hautes performances que fournirait General Electric est identique à celui qui doit équiper le bombardier North American B-1A...

PHOTOS X - TOUS DROITS RÉSERVÉS

L'invasion des "ballons-soucoupes"

Non, ce n'est pas une soucoupe volante. Il s'agit de la maquette de Pégase, un ballon stratosphérique géostationnaire. Ce ballon de forme lenticulaire, de 300 m de diamètre, devrait effectuer des missions pour le compte de l'ORTF, du CNET, des PTT... A partir de 1979, il pourrait y avoir en permanence vingt ballons au-dessus de la France.

Le cœur sous surveillance

Un détecteur électronique de signaux avertisseurs de crise cardiaque vient d'être commercialisé. Une sonnette d'alarme retentit dès les premiers signes de désordre électrique du cœur, ce qui permet au patient de "téléphoner" le bruit anormal au médecin.



LES **GEOPHILES** DE

3^{ème} ÉDITION

SCIENCE & VIE
JUNIOR

**PARTICIPEZ AU CONCOURS
LE JEUDI 12 MARS 1998**

Clôture des inscriptions le 13 février 1998

LES GÉOPHILES ?

- C'est un jeu-concours de géographie
- Populaire, 160 000 collégiens ont participé en 97
- Facile, il est ouvert à tous les collégiens de France métropolitaine
- Convivial, les professeurs de géographie inscrivent leurs élèves
- Super sympa, des milliers de cadeaux offerts, encore plus nombreux qu'en 97

Pour tout renseignement :

Les GÉOPHILES de SCIENCE & VIE JUNIOR

Sandra KLEIN

1, rue du Colonel Pierre Avia

75 503 Paris cedex 15

Tél. : 01 46 48 48 30 - Fax : 01 46 48 49 39

Ecrivez-nous pour recevoir les annales des GÉOPHILES de SCIENCE & VIE JUNIOR
Retrouvez-nous sur le 3615 GÉOPHILES, 2,23F/min



**Sous le haut patronage
du festival international
de géographie de Saint-Dié**

Le bateau qui vole

■ Un *Hydroptère* entièrement révisé pour pulvériser tous les records. L'étonnant trimaran d'Alain Thébault vole déjà au-dessus de l'eau à une vitesse jamais atteinte. Une aventure d'une décennie, à laquelle participent les plus grands noms de la technologie de pointe.

PAR FRANÇOISE HARROIS-MONIN

C'est un mutant. Une curieuse libellule qui hésite entre le planeur et le trimaran. Une machine à nulle autre pareille qui pourrait bien pulvériser tous les records. Son entrée dans la course devrait redistribuer les cartes dans l'univers de la navigation de compétition. Déjà, il y a quelques semaines, la nouvelle version de l'*Hydroptère* filait à quelques mètres au-dessus des vagues, au large de Saint-Nazaire, à la vitesse de 24 noeuds (1). Et on espère des pointes supérieures à 35 noeuds. Du jamais vu !

Ensuite, le drôle d'engin s'attaquera au record de distance en 24 heures entre Nantes et les

Açores, détenu par Laurent Bourgnon sur *Promagaz* – un trimaran – avec 539 milles parcourus (près de 1000 km). Alain Thébault, mi-pilote d'essai mi-concepteur (avec les architectes Marc Van Peteghem et Vincent Lauriot-Prevost) de l'étonnant *Hydroptère*, compte bien atteindre les 700 milles. En avril

(1) 1 noeud est la vitesse qui correspond à 1 mille marin à l'heure. Sachant que le mille vaut 1.852 m, une vitesse de 24 noeuds est donc égale à environ 44,44 km/h.



1998, ce bateau du troisième type, *nec plus ultra* de la haute technologie, partira pour les Etats-Unis, où il attendra un temps propice pour s'attaquer à la mythique performance de la traversée de l'Atlantique nord (New York-Cap Lizard, en Cornouailles). En 1988, Serge Madec, skipper du catamaran *Jet Service*,

avait effectué cette traversée en six jours et treize heures, à la vitesse moyenne de 18 noeuds.

L'*Hydroptère* ne s'est pas fait en un jour. Voilà plus d'une décennie qu'Alain Thébault – un passionné – travaille à son concept. Au fil des années, il a réuni autour de lui les plus grands noms de la technologie de pointe : Matra, Dassault électronique et aviation, le Centre national d'études spatiales (CNES), le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), la Direction des constructions navales (DCN) et les Chantiers de l'Atlantique.

De leur côté, la région des Pays-de-la-Loire et le ministère de la Recherche ont apporté quelques espèces sonnantes et trébuchantes. Quant à Aérospatiale, elle a rejoint le groupe en 1995, à la demande expresse d'Yves Sillard, l'un des pères de la fusée Ariane, ex-délégué général à l'Armement, qui croit dur comme fer à ce bateau volant.

Qu'avait-il de si étonnant, cet engin hybride, pour rassembler les mastodontes de l'aéronautique et de l'électronique ?

Son concept, d'abord, vieux d'un siècle mais qui n'avait jamais pu être mis en œuvre, faute de technologies adaptées.

FRANCHIR LES LIMITES DE LA PHYSIQUE

Il repose sur une idée simple – la seule qui puisse permettre à un bateau de franchir les limites que lui impose la physique. Plus une embarcation va vite, plus la mer devient "dure" et résiste à son avancée. Et plus ses structures risquent de se disloquer. On a donc vu apparaître des coques effilées comme des lames de couteau pour offrir le moins de résistance possible. Mais, pour limiter encore les points de contact avec la mer et aller encore plus vite, une seule solution : soulever le navire hors de l'eau. Comment ? En plaçant sous les flotteurs du trimaran, situés de chaque côté de la coque centrale, des *foils*, sortes d'ailes de planeur qui, immergées, stabilisent le bateau.

Mais, dès que l'ensemble prend de la vitesse, dès qu'il dépasse les 10 ou 12 noeuds, ces "élytres", profilés comme des ailes d'avion, sont déployés jusqu'à former un angle de 42° à 45° avec le plan de la coque et des flotteurs. Et ils induisent une poussée verticale qui soulève le bateau.

Phase critique, car l'engin hésite encore entre ciel et mer. «A l'inverse de ce qui se pratique sur les bateaux ■■■

Entre ciel et mer

La dernière version du voilier d'Alain Thébault a été mise à l'eau le 24 septembre dernier, à Saint-Nazaire. Les essais "en vol" ont eu lieu quelques jours plus tard : dressé sur ses *foils*, l'*Hydroptère* a filé à 24 noeuds au-dessus des flots.

■ ■ ■ traditionnels, c'est durant ces moments scabreux, explique Alain Thébault, qu'il est impératif d'accélérer. Comme pour un avion, plus on va vite, plus la machine est stable.» Dès que la brise se fait plus forte et qu'il dépasse 15 noeuds,

Quelques années plus tard, après avoir navigué avec Tabarly, Alain Thébault est persuadé que là se trouve l'avenir. Il reprend le concept, avec les matériaux les plus légers. La coque centrale et les flotteurs latéraux (que réalisera la

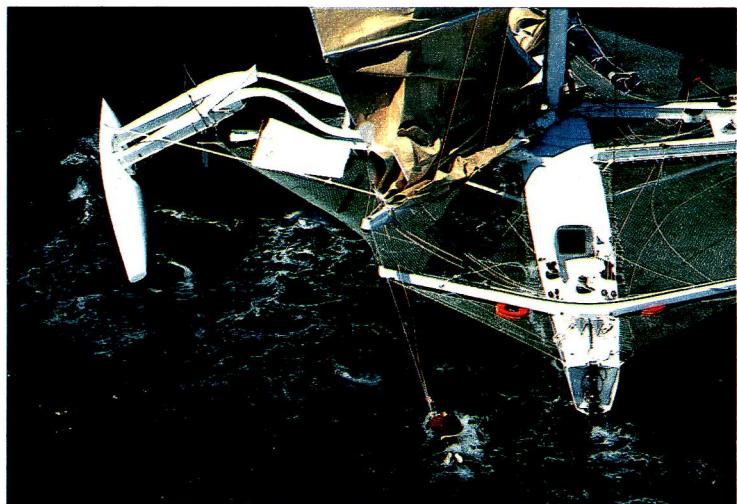
ou vers la gauche. Un empennage horizontal fait office de gouverne de profondeur et contrôle l'assiette longitudinale, c'est-à-dire qu'il permet à cet albatros high-tech de piquer ou de se cabrer – comme un avion. Le mât, semblable à une aile tournante de 27 m de hauteur, lui aussi réalisé en carbone, a été conçu par Matra.

DES VOILES SANS COUTURES

Reste la splendide voilure de la libellule des mers – 270 m² au près (lorsqu'on serre le vent au plus près). Afin qu'elle soit la plus légère possible, Alain Thébault et son équipe ont fait appel au CNES. Les voiles, moulées et sans aucune couture, ont été tissées dans l'étoffe vaporeuse – un laminé de Kevlar prisonnier de deux films de Mylar – et si légère des ballons stratosphériques. Résultat : elles pèsent environ 50 kg de moins qu'un jeu de voiles traditionnelles de même superficie.

En octobre 1994, après des années de tâtonnements, d'essais, de corrections des modèles mathématiques, de réalisation de maquettes à diverses échelles, l'*Hydroptère* grande nature est fin prêt pour sa première sortie, dans la baie de Saint-Nazaire. Il atteint la vitesse de pointe de 33 noeuds. Alain Thébault rayonne.

Six mois plus tard, il déchante. Lors de la seconde sortie en mer, en juin 1995, alors qu'il vole à 2 m



G. Pisson

Amerissage forcé

Juin 1995, La Trinité-sur-Mer. Lors de la seconde sortie de l'*Hydroptère*, un bras de liaison se brise alors que le trimaran fonce à près de 63 km/h, à 2 m au-dessus de l'eau !

l'*Hydroptère* caracole sur les flots.

En 1979, Eric Tabarly, avec l'aide d'Alain De Bergh – à l'époque directeur du département du calcul des structures chez Dassault –, tenta de mettre le principe en application. Ainsi naîtra le *Paul-Ricard*, qui parvient, en 1980, à tra-

DCN) seront faits d'un matériau composite : une fine couche de Kevlar recouvrant des "peaux" de carbone imbibées de résine, entre lesquelles sont prisonnières des structures en nid d'abeilles ultra-légères. Les *foils* sont constitués de carbone et d'aluminium pour les bords d'attaque. Ultra-résistants, ils sont soumis à des efforts équivalents à ceux que subit la voilure d'un avion de chasse. Ils se terminent par de petits ailerons secondaires, les *winglets*, qui stabilisent le trimaran à la surface de l'eau. Afin d'assurer la rigidité de l'ensemble, un bras de liaison – à l'origine en matériau composite – rattache chacun des flotteurs à la coque principale.

C'est l'empennage arrière, sorte de troisième *foil*, qui permet de diriger l'engin. Un volet vertical oriente l'*Hydroptère* vers la droite

Le voilier peut piquer ou se cabrer comme un avion

verser l'Atlantique à la vitesse de 12 noeuds. Le record est battu, mais les espoirs sont déçus. Cet ancêtre de l'*Hydroptère* n'est certainement pas le bolide qu'on attendait. L'engin, principalement constitué d'aluminium, est beaucoup trop lourd.

L'HYDROPTÈRE EN CHIFFRES

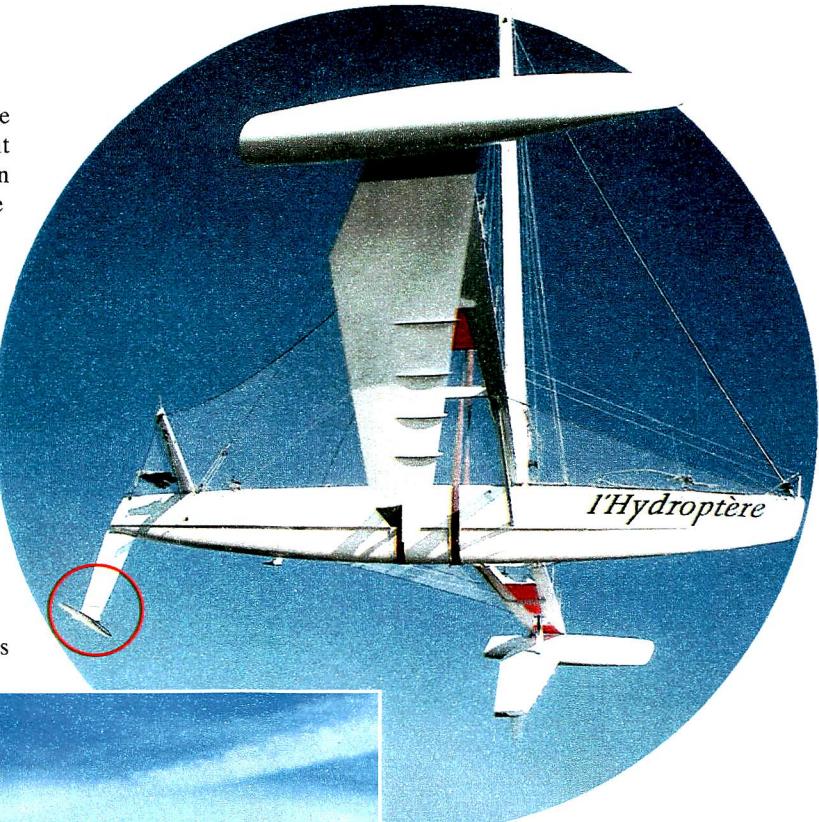
- Longueur : 18 mètres.
- Envergure : 24 mètres.
- Masse : 4,8 tonnes.
- Vitesse de décollage : 10-12 noeuds
- Voilure : 270 m².
- Mât : 27 mètres.
- Longueur et masse de chaque foil : 6 mètres et 240 kg.

au-dessus des flots, à la vitesse de 34 nœuds, un sinistre craquement se fait entendre. Un bras de liaison vient de se rompre. Et le navire sombre. Mais, pour l'équipe, pas question d'abandonner. On fait appel à Aérospatiale pour mettre au point des bras plus résistants. Aujourd'hui, ils mesurent chacun 1 m de plus. Un "millefeuille" de carbone et de résine, cuit en autoclave (une sorte d'autocuiseur) sous pression, renforce les points soumis aux efforts les plus intenses – comme cela se pratique en aéronautique, pour la dérive du Rafale ou pour les caissons de voilure en carbone des ATR 42.

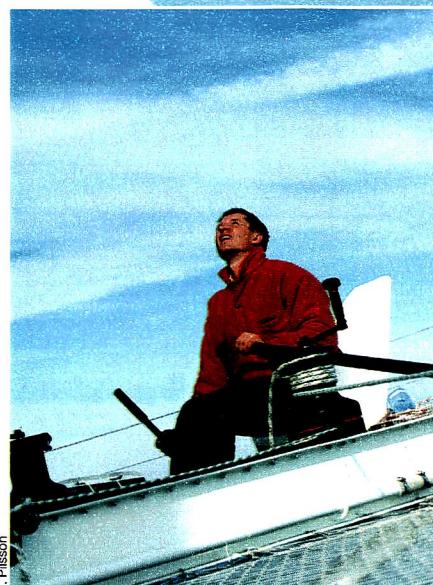
Parallèlement, l'étrange oiseau des mers a été entièrement révisé. Les bords d'attaque des *foils* principaux ont été changés : un composite de carbone remplace l'aluminium. On peut désormais régler leur angle d'incidence de manière à contrôler la hauteur de vol. Les *winglets* horizontaux ont été réduits et reprofilés. L'empennage horizontal arrière voit, lui aussi, son profil modifié et ses matériaux changés.

Aux instruments embarqués, le CEA a ajouté une centrale de surveillance (financée par la région des Pays-de-la-Loire) qui donnera l'alerte dès que certains seuils de sécurité seront dépassés. A l'image d'un compte-tours sur une voiture de sport, le système d'alarme permettra au skipper-pilote de manœuvrer son "hybride de course" avec une plus grande sécurité.

En fin de compte, ces modifications vont accroître la puissance de l'engin de 25 % et diminuer la traînée de 30 %. L'ambitieux projet



F. Perry/AFP



Le trimaran ailé

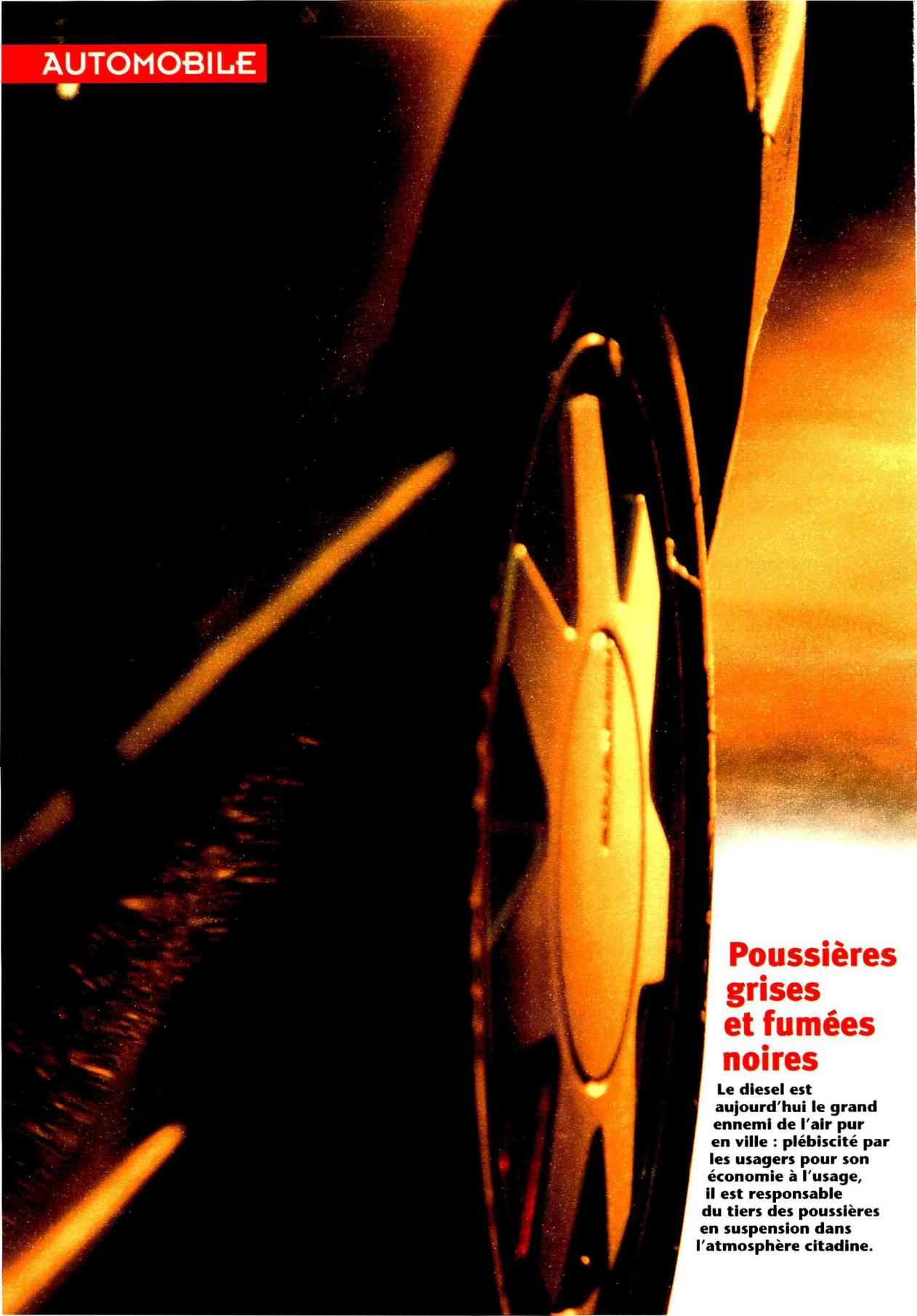
Entièrement révisé, l'oiseau des mers (ci-dessus, à sa sortie des chantiers de l'Atlantique) a repris son vol. L'empennage horizontal arrière (entouré sur la photo), qui sert de gouverne de profondeur, a été reprofilé avec de nouveaux matériaux. Ci-contre, le skipper Alain Thébault barrant son engin.

coqueluche des compétitions de navigation et des grands clubs.

Il y a quelques semaines, la dernière version de ce bolide à voile a pris la mer. Et Alain Thébault est redevenu un marin volant. « Jamais, reconnaît-il, je ne pourrai naviguer autrement. » Sans la griserie qui accompagne la vitesse et ce sentiment de s'être élevé au-dessus des flots... Aujourd'hui, il est devenu, selon ses propres termes, un "hydroptérien". Plus question qu'il rejoigne le morne monde des "archimédiens", ceux qui se contentent de flotter sur l'eau.

aura coûté près de 30 millions de francs, dont 85 % correspondent à des prestations en nature versées par les partenaires, qui considèrent l'opération comme du mécénat technologique.

C'est sur les conseils de François Fillon, ex-ministre de la Recherche, qu'Alain Thébault et son équipe ont déposé quelques brevets, dont le plus important concerne le modèle de stabilité en vol. Sage précaution si l'*Hydroptère* devient la



Poussières grises et fumées noires

Le diesel est aujourd'hui le grand ennemi de l'air pur en ville : plébiscité par les usagers pour son économie à l'usage, il est responsable du tiers des poussières en suspension dans l'atmosphère citadine.

Comment dépolluer le diesel

■ Comparé au moteur à essence, qu'on tenait pour le responsable n° 1 de la pollution, le moteur diesel passait pour "propre". Or, après analyse, il s'avère que le diesel n'a rien d'écologique et qu'il va falloir traiter ses fumées de manière radicale...

PAR RENAUD DE LA TAILLE

Longtemps réservé aux camions, aux tracteurs et à quelques taxis, le moteur diesel équipe aujourd'hui le tiers du parc automobile français et 40 % des voitures particulières actuellement vendues. Cette progression ne doit rien au hasard et beaucoup à la fiscalité : alors que l'essence et le gazole sortent de la raffinerie à peu près au même prix, la disparité des taxes met la première à 6,50 F le litre et le second à 4,50 F. Payer son carburant 30 % moins cher est un premier avantage non négligeable.

Ensuite, la puissance fiscale, qui conditionne le prix de la vignette et celui de l'assurance, est très favorable au diesel : pour des perfor-

mances routières voisines, un modèle sera classé 9 ou 10 CV avec un moteur à essence et 6 ou 7 CV avec un moteur diesel. En période de vaches maigres, c'est un atout important.

Un troisième facteur, technique celui-là, réduit encore la dépense : à vitesse égale pour le même modèle, le diesel consomme de 10 à 20 % de moins que le moteur à essence. Voilà donc une voiture qui paie moins de vignette, moins d'assurance et qui consomme une moindre quantité d'un carburant moins cher : il y a de quoi être séduit...

Toutefois, rien n'étant parfait en ce bas monde, la voiture diesel coûte en moyenne 10 % de plus à l'achat et n'offre que rarement le brio du modèle équipé d'un moteur à essence.

Mais les écarts de vitesse ou de nervosité tendent à s'amenuiser

avec les progrès techniques accomplis d'année en année, et la part du diesel dans les ventes est amenée à s'étendre, non seulement en France, championne du genre, mais aussi en Europe. Du coup, le rôle du diesel dans la pollution urbaine s'est accru, au point de devenir prépondérant. On en vient donc à se demander si ce moteur, longtemps considéré comme "propre" comparé au moteur à essence, ne serait pas pire que lui...

DEUX POTS, DEUX MESURES

A y regarder de plus près, et surtout d'un œil plus serein, les choses ne sont pas si tranchées. Dans l'absolu, c'est-à-dire sans pot catalytique, le diesel est en effet moins polluant que le moteur à essence. Celui-ci a été le premier à recevoir d'autorité (en 1993) le fameux pot. ■ ■ ■

DÉPOLLUER LE DIESEL

De ce fait, le diesel, qui n'en est pourvu que depuis cette année, s'est retrouvé au premier rang des pollueurs. De plus, contrairement au moteur à essence, il émet beaucoup de particules, dont les plus grosses forment des fumées noires jugées très nocives.

En fait, ces deux types de moteur à pistons ont des cycles de combustion très différents. Dans le cas du moteur à essence, le piston aspire un mélange d'air et de vapeur d'essence. Ce mélange est ensuite com-

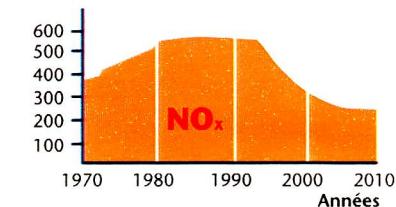
Tous les rejets autres que l'eau et le gaz carbonique sont nuisibles

primé, puis enflammé par la bougie. En effet, l'essence est un produit qui s'évapore très facilement : elle se trouve donc mélangée à l'air sous forme de gaz. Chaque molécule de carburant se trouve au contact de molécules d'oxygène de l'air : la combustion, qui peut être très rapide, est celle d'un gaz dans un gaz.

Dans le cas du diesel, le piston n'aspire que de l'air, qui est ensuite fortement

Une pollution en régression

En vingt-cinq ans, la masse d'oxyde de carbone (CO) et d'imbrûlés (HC) a été réduite d'un facteur compris entre 5 et 10. Seuls résistent encore les oxydes d'azote (NOx), malgré une baisse sensible depuis 1993.

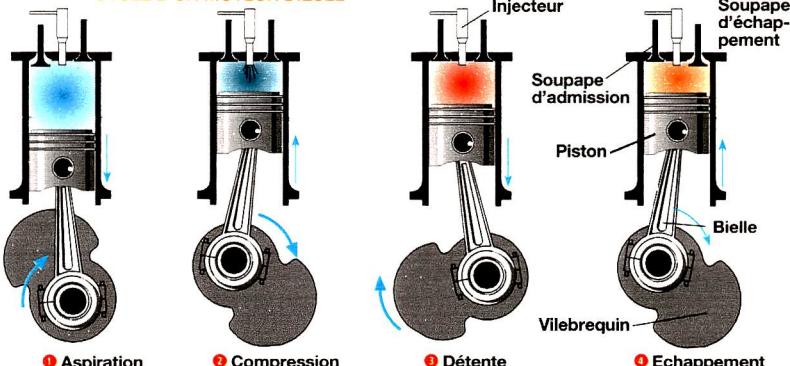


comprimé – vingt fois en moyenne –, ce qui élève sa température à plus de 600 °C (toute compression d'un gaz augmente sa température, comme on peut le vérifier avec une pompe à vélo). En fin de compression, le gazole, combustible peu volatile, est pulvérisé dans la chambre, et, à plus de 600 °C, il s'enflamme spontanément.

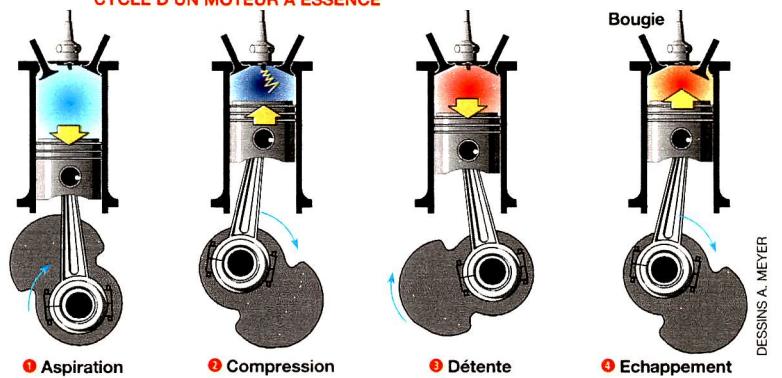
Mais la pulvérisation a simplement mis le carburant sous la forme de gouttelettes très fines : il reste à l'état liquide, et seules les molécules qui se trouvent à la surface de la goutte sont en contact direct

avec les molécules de l'oxygène de l'air. Celles qui se trouvent à l'intérieur devront attendre que les premières aient brûlé pour entrer à leur tour en contact avec les molécules d'oxygène. Moins rapide, la combustion est cette fois celle d'un liquide dans un gaz, ce qui est nettement moins favorable à l'oxyda-

CYCLE D'UN MOTEUR DIESEL



CYCLE D'UN MOTEUR À ESSENCE



A chaque moteur, son cycle

Dans le cycle diesel, le carburant est injecté en fin de compression et s'enflamme dans l'air surchauffé par la compression; la combustion se fait à pression constante et volume croissant. Le rendement est très bon. Dans le cycle essence, le mélange gazeux air-essence est enflammé en fin de compression par l'étincelle d'une bougie; la combustion se fait à volume constant et pression croissante. Actuellement, le rendement est moins bon que celui du diesel, d'où une consommation supérieure.

tion totale des molécules du carburant.

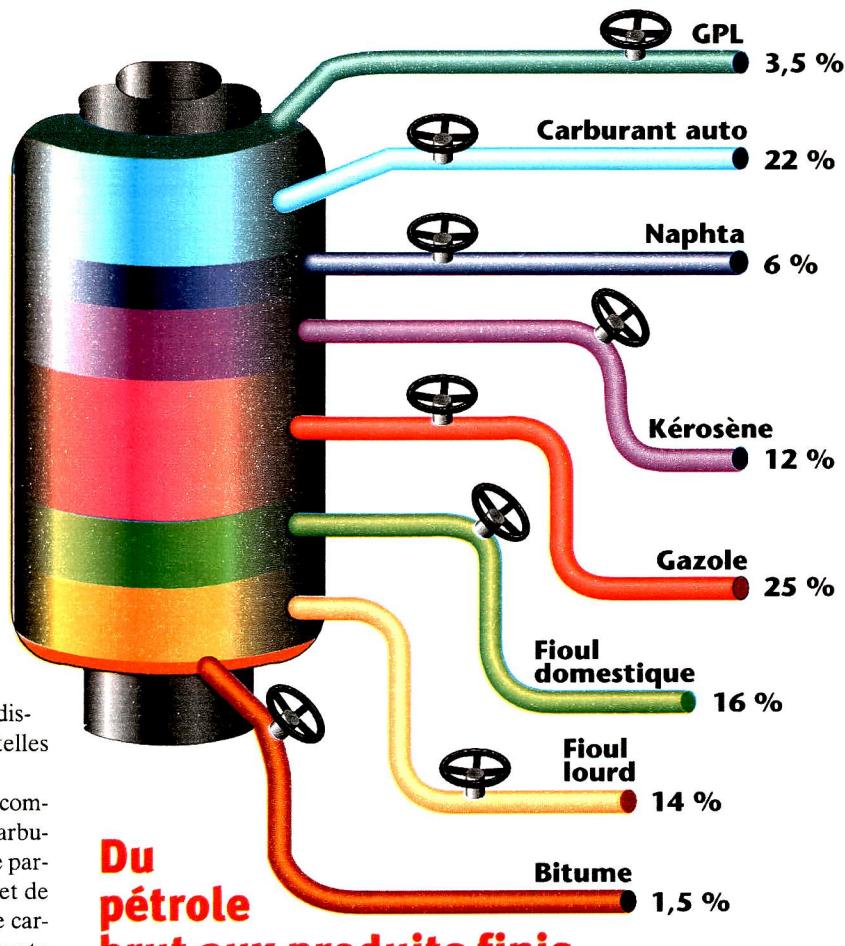
Toutes proportions gardées, la situation est comparable à celle du feu de camp allumé en plein air : le lendemain, on retrouve au milieu des cendres des fragments de bois à moitié carbonisés ou même à peine touchés par la flamme. Dans le cas du gazole, qui, comme l'essence, est un hydrocarbure constitué de combinaisons chimiques carbone-hydrogène, ces fragments ne sont autres que les fameuses particules. Elles sont constituées à 90 % d'un squelette de carbone (l'hydrogène, qui brûle bien plus facilement, a disparu), mêlé à des impuretés telles que soufre, calcium et autres.

D'une manière générale, la combustion dans l'air d'un hydrocarbure assez pur donne en majeure partie du gaz carbonique (CO_2) et de l'eau, mais aussi de l'oxyde de carbone (CO) et des oxydes d'azote NO et NO_2 (confondus sous le sigle NO_x) – l'azote (N) de l'air est inerte à la température ordinaire, mais se combine à l'oxygène aux températures élevées qui règnent dans la chambre au moment de la combustion.

1973, L'ANNÉE CHARNIÈRE

S'y ajoutent des imbrûlés (dits HC), composés d'une multitude de combinaisons chimiques hydrogène-carbone, d'oxyde de soufre (SO_2) et, dans le cas du diesel surtout, de particules solides. Tous les rejets autres que le gaz carbonique et l'eau sont des polluants nuisibles à l'homme (et aux animaux) : il faut donc les éliminer.

Il convient toutefois de préciser que la pollution due aux voitures a considérablement baissé ces dernières années : de 1970 à 1990, donc bien avant l'adoption du pot cata-



Du pétrole brut aux produits finis

En raffinerie, on obtient, par distillation du pétrole, huit grandes catégories de produits, allant du GPL (gazeux) au bitume (quasiment solide). Essence et gazole représentent de 45 % à 50 % du total.

lytique, les émissions de CO avaient déjà été divisées par dix, celles de HC et de NO_x par cinq. Grâce aux premières normes antipollution, qui datent de 1973, et grâce au choc pétrolier de la même année, qui avait incité les constructeurs à améliorer le rendement des moteurs pour restreindre la consommation. Or – c'est une évidence –, si celle-ci diminue, la pollution baisse d'autant.

En outre, les pétroliers avaient fait progresser les techniques de raffinage pour mettre sur le marché des carburants plus purs, dont les centaines de composants étaient soigneusement dosés afin qu'ils brûlent avec le moins de rejets possibles – ni l'essence ni le gazole ne sont des corps purs : ils sont formés

d'une multitude d'hydrocarbures regroupés en trois grandes familles (paraffines, oléfines, aromatiques) comprenant chacune des centaines de composés.

Vint se greffer ensuite un système de traitement des gaz d'échappement, dit pot catalytique parce que les réactions d'oxydation du CO et des HC se font en présence d'un catalyseur. Le progrès s'était donc effectué dans trois domaines : le moteur, où le combustible est brûlé, la raffinerie, où on le prépare, et l'unité de traitement des derniers polluants encore présents. La dépollution du diesel va suivre le même schéma et mobilisera donc les motoristes, les raffineurs, et les fabricants de pots catalytiques.

En ce qui concerne le moteur, la première voie de recherche consiste évidemment à améliorer encore le rendement : moins le moteur consomme pour la même puissance, moins il y a de rejets. Le meilleur moyen d'y arriver, c'est d'accroître l'efficacité de la combustion. Il faut que le carburant injecté soit judicieusement réparti dans la masse d'air comprimé sous la forme de gouttelettes aussi fines que possible : plus le carburant est divisé, plus il brûle vite et complètement, puis-

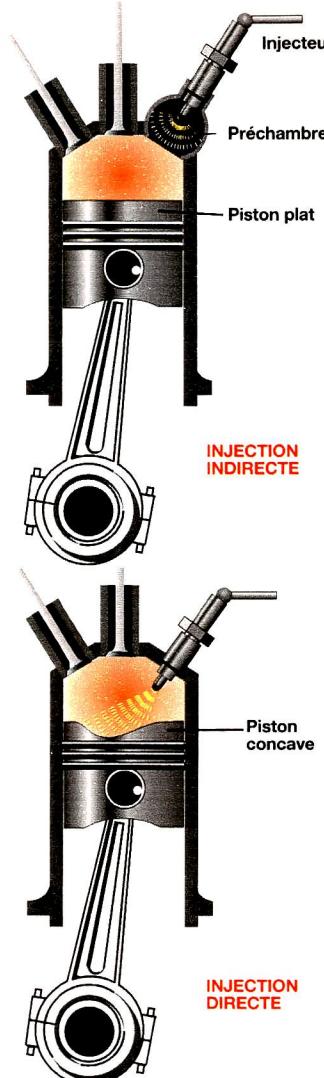
Une baisse des rejets n'entraîne pas toujours une baisse des particules

qu'il offre plus de surface à l'oxygène de l'air.

La façon la plus simple d'obtenir un brouillard de carburant très tenu bien réparti au sein du volume d'air, c'est d'injecter directement ce carburant dans la chambre au-dessus du piston et d'augmenter simultanément la pression d'injection. Sur les moteurs diesel des voitures, la plupart des constructeurs avaient depuis longtemps adopté le système d'injection dans une préchambre de petit volume ménagée dans la culasse et communiquant avec la chambre de compression. Ce système avait l'avantage de faciliter les démarrages et d'atténuer les claquements propres au diesel.

Cette injection, dite indirecte (1), avait pour inconvénient un rendement moins élevé. Elle est en passe d'être abandonnée au profit de l'injection directe dans le cylindre sous très forte pression, avec rampe d'alimentation commune et contrô-

(1) A ne pas confondre avec l'injection indirecte des moteurs à essence, où le carburant est pulvérisé dans le conduit d'admission, et non dans le cylindre.



Aujourd'hui, l'injection directe...

Dans l'injection indirecte, le gazole était envoyé dans une préchambre logée à l'intérieur de la culasse, alors que, dans l'injection directe, il est introduit dans le cylindre, juste au-dessus du piston. Ce type d'injection dégage un peu plus de particules, mais procure une meilleure combustion.

le électrique des injecteurs.

Dans un diesel classique, chaque injecteur est relié à une petite pompe à piston qui lui envoie la quantité de gazole voulue en fin de compression. La pompe complète

comprend donc autant de pistons qu'il y a d'injecteurs. Elle sert en même temps de distributeur et de régulateur pour chaque cylindre du moteur. L'injecteur est normalement fermé par une aiguille sur laquelle appuie un fort ressort, et elle ne s'ouvre qu'au moment où la pression envoyée par le piston de la pompe dépasse la force du ressort.

Inconvénient de cette formule : la pression, qui est de 200 bars en moyenne dans les moteurs à préchambre, n'est pas constante. Elle chute en fin d'injection, d'où une pulvérisation moins fine, génératrice d'imbrûlés et de particules. Pour y remédier, la première étape a consisté à revenir à l'injection directe dans le cylindre, comme sur les moteurs de camion, mais à une pression bien plus élevée : 750 bars.

L'ÉLECTRONIQUE S'EMPAIRE DE L'INJECTEUR

La pompe est toujours une pompe à pistons, mais pourvue d'un système de régulation électronique prenant en compte les paramètres de fonctionnement : régime, charge, température, etc. Le rendement passe de 32 % à 35 %, soit un gain de 10 %. La consommation, donc les rejets, baissent d'autant. Mais ces rejets comprennent toujours des oxydes d'azote NOx, et même un supplément de particules. Ce type de moteur est actuellement commercialisé par Renault et par VAG.

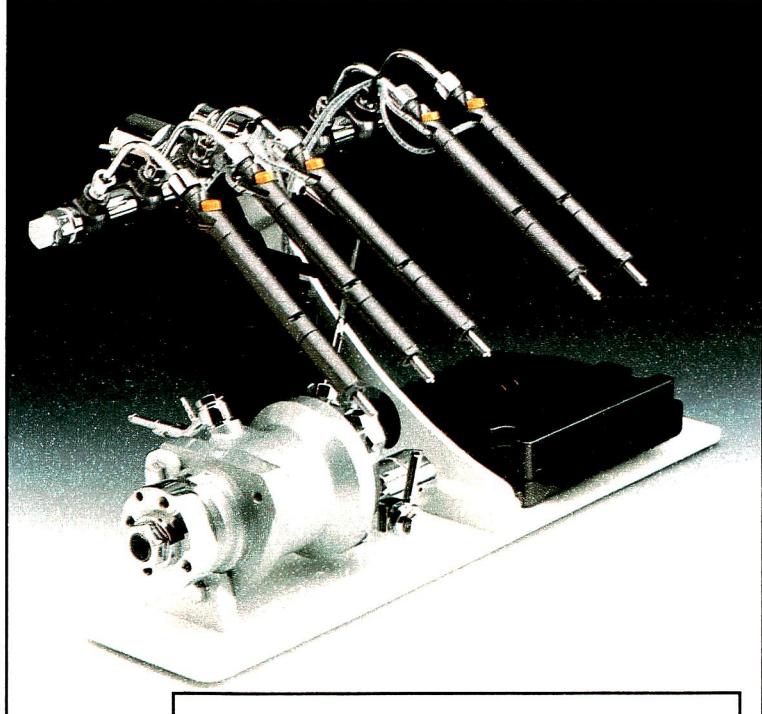
L'étape suivante, à laquelle tout le monde travaille (Renault et Peugeot, Mercedes et VAG, Toyota, Alfa-Romeo, etc.), est celle de l'injection directe avec rampe d'alimentation commune et injecteurs à commande électrique, le tout géré, bien sûr, par traitement électronique. Cette fois, la pompe à pistons, dont le débit est par nature discontinu, disparaît au profit d'une pompe à engrenages à débit continu qui envoie le gazole dans une longue tubulure dite rampe com-

mune. Cette rampe a pour rôle d'accumuler et de réguler la haute pression envoyée par la pompe. Elle constitue en quelque sorte un réservoir de fluide sous pression constante.

UN PISTON REDESSINÉ

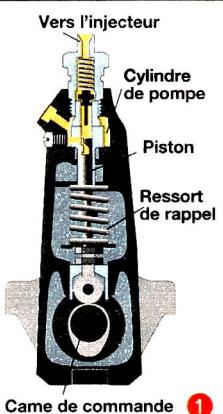
Chaque injecteur est relié à la rampe, et son ouverture est déclenchée par un relais électromécanique relié à la centrale de commande électronique. Pour obtenir une pulvérisation hyperfine du carburant, la pression a été portée à 1 200 bars – valeur considérable : 1 200 bars, c'est la pression d'épreuve d'un fusil de chasse (pression à laquelle est soumis un fusil pour éprouver sa qualité). On conçoit aisément que, chassé avec

IRIS CONSEIL

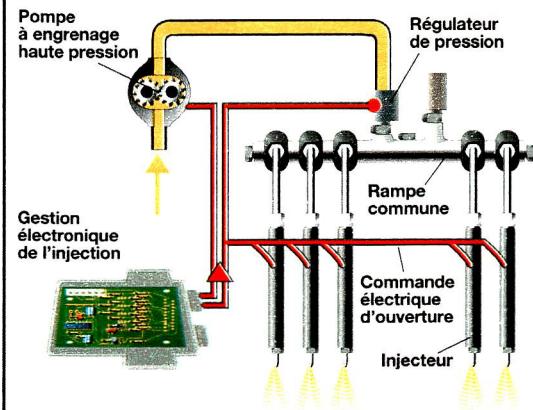


... demain, la rampe commune

Pour améliorer encore le rendement et diminuer la pollution, la pompe à piston classique ① – dont la pression est discontinue, puisqu'elle est commandée par une came – sera remplacée par une pompe rotative à débit continu (photo ci-dessus). Le gazole sera envoyé sous pression constante dans une rampe reliée à des injecteurs dont l'ouverture et la fermeture seront commandées électriquement ②.



①



DESSINS A. MEYER - D. GALLAND

cette force à travers le trou minuscule de l'injecteur, le gazole soit quasiment volatilisé.

L'intérêt de la formule ne s'arrête pas là : la commande électrique de l'ouverture et de la fermeture de chaque injecteur alimenté sous pression constante permet des temps d'injection très nets, dosés avec grande précision et parfaitement adaptés aux paramètres de marche. On a également optimisé le brassage du mélange air-gazole, indispensable à une combustion régu-

lière et complète, donc à une réduction des imbrûlés et des particules.

Pour y parvenir, la forme du piston (dessus évidé en cuvette) et le profil des tubulures d'admission ont été redessinés en fonction de modélisations informatiques ensuite confrontées aux résultats expérimentaux. La maîtrise des tourbillons créés à la fin de la compression, au moment où commence l'injection, joue en effet un rôle primordial dans le brassage du mélange. Grâce à ces nouveaux facteurs,

les motoristes ont porté le rendement à près de 40 %, tout en réduisant de moitié les polluants.

Pour aller plus loin, il faut se tourner vers le carburant. Le gazole, nous l'avons vu, n'est pas un composé simple, tel que l'acétone ou le trichloréthylène : il se compose d'une multitude d'hydrocarbures, dont chacun a ses caractéristiques d'inflammabilité, de pouvoir calorifique ou de vitesse de combustion. Et c'est en fonction de ces critères qu'ils donne- ■ ■ ■

DÉPOLLUER LE DIESEL

■ ■ ■ ront plus ou moins de CO, de NOx ou de particules.

Tout l'art du raffinage consiste à doser ces divers composés pour obtenir un carburant qui assure au moteur le meilleur rendement, tout en produisant le moins de rejets polluants. Or, nous a expliqué André Duval, ingénieur de recherches chez Elf, ce qui élève le rendement peut très bien augmenter la pollution, et inversement : par exemple, les hydrocarbures à haut pouvoir calorifique font monter la température de combustion, donc le rendement, tout en donnant moins de particules. Mais, en élevant la température, on favorise la formation des NOx.

LA DÉSULFURATION, COMPLEXE ET CHERE

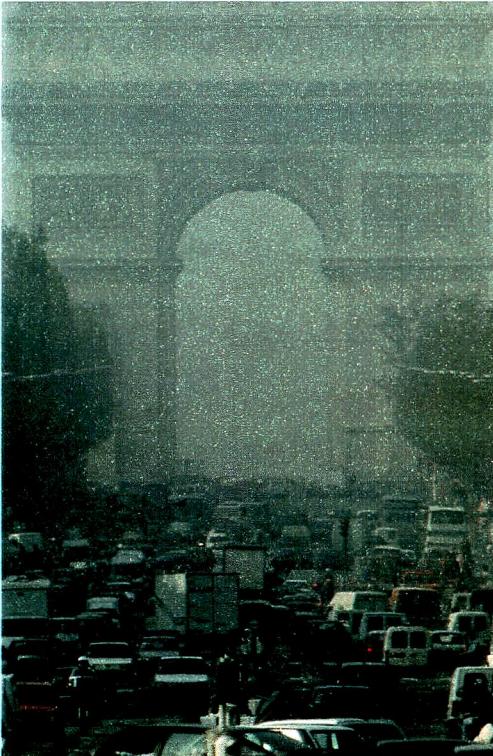
Inversement, si l'on réduit la température, on fait chuter les NOx, mais on accroît les particules. Comme toujours, il faut trouver un juste compromis. Ainsi, pour diminuer les particules, on ajoute au gazole des produits légers qui brûlent vite et facilement, ce qui favorise la combustion des composés plus lourds.

Notons au passage que la combustion de tout liquide, même pulvérisé, donne toujours des particules : les chaudières domestiques en débitent des quantités énormes – il en allait de même des chaudières industrielles, mais celles-ci sont maintenant pourvues de filtres efficaces.

Ces particules, constituées à 90 % de carbone, ne sont pas très nocives en elles-mêmes, mais renferment souvent des HAP (hydrocarbures polyaromatiques), jugés

potentiellement dangereux. Elles emportent aussi des sulfates, dont l'inhalation n'est guère recommandée. *A priori*, réduire les sulfates est assez simple : il suffit de supprimer le soufre du gazole. Pratiquement, cette désulfuration est très complexe, donc très onéreuse.

E. HADJ/SIPA PRESS



Cette brume doit disparaître

Soleil + absence de vent + circulation = alerte à la pollution. Comme on ne peut agir ni sur le Soleil, ni sur le vent, il faut restreindre la circulation, et généraliser les pots catalytiques.

Pour satisfaire aux futures normes antipollution – très rigoureuses –, les raffineries travaillent dans quatre directions : la suppression du soufre (en 2000, le gazole en contiendra moins de 0,035 %) ; l'ajout de davantage de produits légers, qui améliorent aussi bien la pulvérisation que la combustion (densité limitée à 845 kg/m³, au lieu

de 860 kg/m³) ; l'amélioration, de 49 à 51 points, de l'indice de cétane, qui caractérise la qualité de combustion du gazole ; enfin, la limitation à 11 % de la proportion des hydrocarbures di- et tri-aromatiques. Très riches en carbone, très compacts, ceux-ci brûlent plutôt mal. Ce sont de grands pourvoeure de particules.

Après les motoristes et les raffineurs, les derniers sur la brèche sont les fabricants de pots catalytiques. Les pots actuels sont des pots d'oxydation en présence d'un catalyseur. Ils brûlent donc le CO pour donner du CO₂, et les HC pour donner du gaz carbonique et de l'eau. En principe, ils brûlent une fraction des particules de carbone pour donner encore du CO₂. En réalité, les particules sont difficiles à enflammer en continu : on cherche plutôt à les piéger avant de les brûler.

LES OXYDES D'AZOTE FONT DE LA RÉSISTANCE

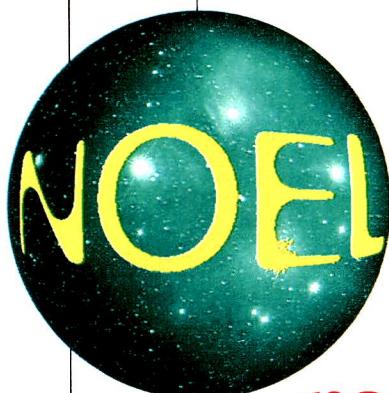
Restent les NOx, précurseurs de l'ozone, qu'il faudrait casser en azote et en oxygène. Pour le moment, on n'a pas de solution efficace – entendons par efficace que le prix, le montage, la consommation d'énergie et l'entretien soient compatibles

avec l'utilisation normal d'une voiture. Avec l'élimination complète des particules, c'est l'un des points faibles de la dépollution du diesel. L'autre étant constitué, bien sûr, par le parc roulant actuel : 11 millions de camions, de camionnettes, d'autobus et de voitures qui ne partiront pas à la casse avant longtemps.



695 FR

PHOTO : C. THIEBAULT



High-Tech

par Henri-Pierre Penel et Jean-Luc Glock

La renaissance de la moto française



Des industriels français ont abandonné le marché de la moto depuis plus de vingt-cinq ans. Jeune société implantée à Issoire (Puy-de-Dôme), Voxan a repris le flambeau. Pour Jacques Gardette, son président, il était inutile de songer à fabriquer une moto routière ou sportive (les Japonais sont passés maîtres en la matière). La conception du moteur a été confiée à Sodemo, entreprise de Magny-Cours (Nièvre) spécialisée dans la conception d'éléments destinés aux moteurs de voiture de compétition. Elle a étudié un gros moteur bicylindre en V de 1 000 cm³, de concept assez classique, mais qui comprend de vraies innovations. Notamment la distribution : actionnées par linguets, les soupapes offrent un couple élevé, quel que soit le régime du moteur. En version libre, il a 125 ch et un couple de 11 mKg. La partie cycle est également très originale. Étudié et fabriqué à Issoire, le cadre se réduit à deux tubes de forte section reliant deux pièces en fonderie d'aluminium. L'une constitue la colonne de direction ; l'autre, l'attache du bras oscillant de la roue arrière. Ce système ingénieux permettra de transformer à moindre coût la partie cycle des modèles ultérieurs. L'angle de chasse et l'empattement, par exemple, se modifient par simple remplacement des tubes du cadre. Semi-auto-porteur, le moteur contribue à la rigidité de l'ensemble et confère à la Voxan un poids plume (187 kg à sec), compte tenu de sa puissance. Un rapport



masse/puissance
qui promet

de belles accélérations...

La Voxan sera disponible en deux versions (Roadster ou Café Racer) en mars 1998. Prix : 75 000 F (Roadster), 79 000 F (Café Racer).



► **La technique du moteur en V à maneton unique peut laisser craindre de fortes vibrations.**

Cependant, sa fiabilité devrait être bonne : la moto bénéficiera d'une garantie de trois ans.



Habilées pour **L'HIVER**

Les montres Casio utilisent le système G. Shock, fondé sur un mouvement sur plaque-amortisseur et sur un capot ultra-résistant à base de résine. Elles adoptent leur costume d'hiver et deviennent résistantes aux basses températures. Elles s'adressent aux fous

de snowboard et de carving.
Prix : modèle masculin, 890 F ;
modèle féminin, 760 F.

► Un double bracelet en Nylon et Velcro permet de les exhiber par-dessus la doudoune : les adeptes de la glisse, par nature peu discrets, pourront afficher un signe distinctif de plus.

Donnez-vous du CACHET...

Artisan passionné, Charles Cevert fabrique ce timbre à sec. Pour donner du cachet aux livres, aux en-têtes de lettre, aux enveloppes, etc. On peut graver les coordonnées de son choix

dans un rond de 4 cm ou dans un rectangle de 5 x 2,5 cm. Prix : 430 F environ.

► Un objet de très belle facture.



ENTRE CIEL ET TERRE

La TW 600-76 de Vivitar est une lunette astronomique équipée d'un objectif de 76 mm de diamètre (focale de 600 mm) et livrée avec trois oculaires (30 x, 50 x et 300 x). Un adaptateur permet de redresser les images à 180° : la lunette astronomique devient ainsi terrestre !

Un chercheur et un réticule permettent de repérer les astres rapidement. Prix : 990 F.

► Bonne qualité générale ; mais un mode d'emploi illisible et un pied rudimentaire.



High-Tech

Caméscope multimédia



Canon se risque enfin dans le créneau des caméscopes

numériques. Son MV1 a une allure proche de celle des appareils-photo du système EOS et une prise en main comparable. Ce caméscope multimédia est aussi un appareil-photo numérique, doté d'une griffe-flash, d'un zoom électrique 14 x (équivalent d'un 35-490 mm) avec son stabilisateur d'images, d'une multitude de programmes et du très efficace système autofocus Flexizone. Le capteur 450 000 pixels à balayage progressif enregistre simultanément deux trames au 1/50 de seconde, alors que les magnétoscopes classiques entrelacent deux trames au 1/25 de seconde : les images sont plus nettes, particulièrement dans les mouvements. En mode photo, la cassette DV (Digital Video) permet d'enregistrer 700 images. Un kit permet de les récupérer sur un PC. Prix : 17 000 F.

► Dans cette gamme d'appareils multimédia, récemment apparue, il s'agit du produit le plus élaboré. Le prix du kit de récupération d'images n'est pas encore fixé.



Initiation à la micro-informatique



Avec l'aide de pédagogues, la société Yeno fabrique une gamme de jeux électroniques élaborés en fonction des programmes de l'Education nationale. Compujunior (à partir de 3 ans) est un ordinateur parlant : le mot est à la fois parlé, illustré par un dessin sur un écran lumineux et écrit sur un écran LCD. Les activités portent sur

l'alphabet, le vocabulaire, les nombres, les jeux, le dessin, la musique et les bruitages. Prix : 299 F. Plus élaboré, Compumalin est destiné aux enfants de 6 ans et plus. Prix : 299 F. Compupro (de 7 à 11 ans) recèle trente-sept activités progressives (mille questions de quiz et des jeux de réflexion, un traducteur anglais-français, etc.). Prix : 699 F.

Compusavant est celui qui s'apparente le plus à un vrai PC : il dispose d'un lecteur de CD-Rom et sa mémoire de 8 Mo permet de transférer des fichiers vers un micro-ordinateur. Prix : 999 F.

► Une gamme homogène qui offre une bonne initiation à la micro-informatique.



UN PARFUM D'ENFANCE

Créé par la société Sentosphère et dû à Véronique Debrouse, ingénier et créatrice de parfums, le Loto des odeurs a révolutionné le monde des jeux pour enfants. Aujourd'hui, Sentosphère enrichit sa gamme "Secret de fabrication" de trois jeux qui permettent de fabriquer des savons, des bains moussants et... des bonbons. Prix : respectivement 145 F, 150 F et 99 F.

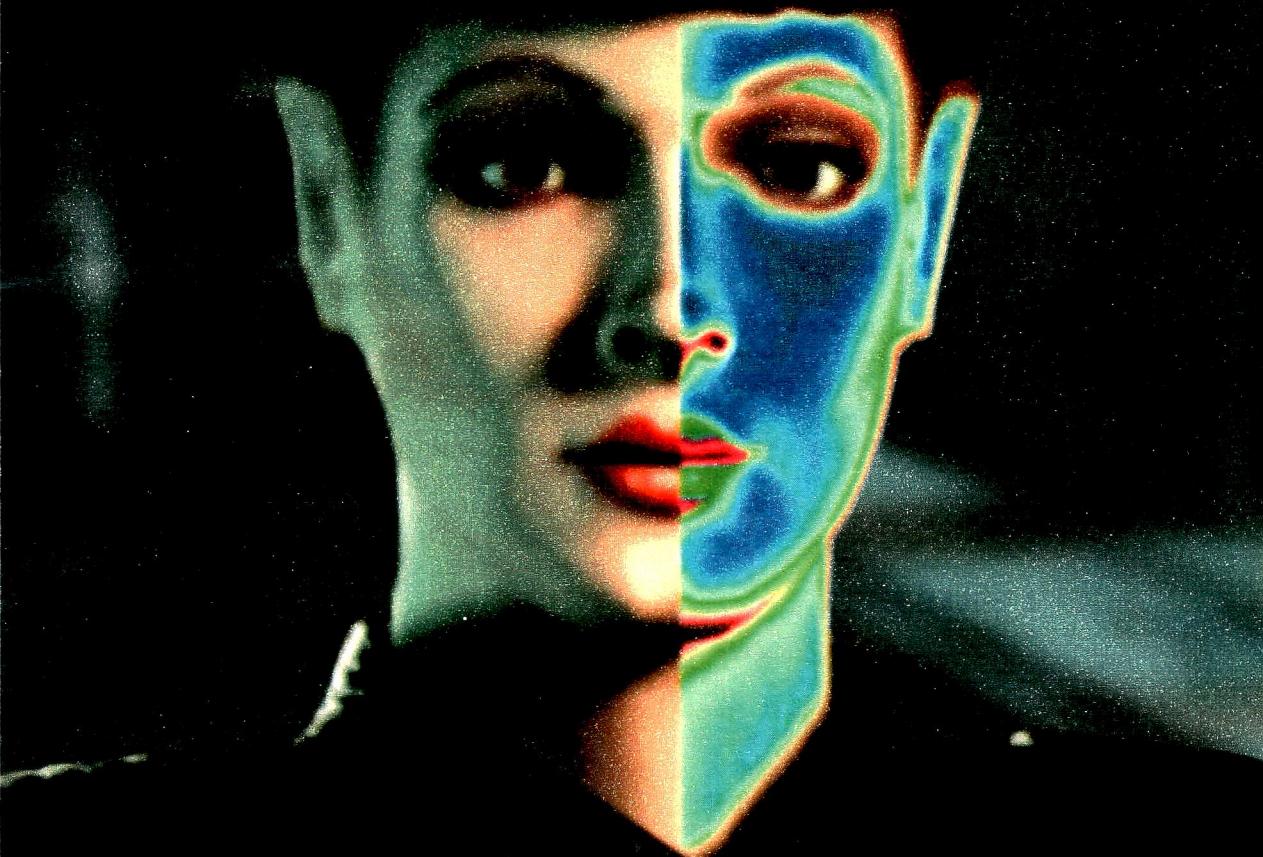
► Une conception et une réalisation très soignées.



SAUREZ-VOUS DIRE NON
À TOUS LES RÉPLIQUANTS ?

BLADE RUNNER™

LE JEU SUR CD ROM PC



3615
VIRGIN GAMES
Astuces,
infos,...
cadeaux.
08 36 68 94 95*

* 0,23 F la minute

Blade Runner, the film © 1982 The Blade Runner Partnership. Blade Runner, the computer game © 1997 Blade Runner/Westwood Partnership. Blade Runner is a trademark of The Blade Runner Partnership. Developed by Westwood Studios, Inc. Westwood Studios, Inc. is a trademark of Westwood Studios, Inc. Published by Virgin Interactive Entertainment (Europe) Ltd. Virgin is a registered trademark of Virgin Enterprises Ltd. All rights reserved.

Westwood
STUDIOS™

<http://www.virgininteractive.fr>

<http://www.bladerunner.net>

Ça décape !

Pionnier des perceuses à percussion, Metabo lance trois nouveautés qui révolutionnent le décapage des surfaces.

La fraiseuse à bois 4S LF 714 S est la première à bénéficier de deux couteaux en carbure de tungstène, qui procurent un gain de temps de 70 % par rapport à une classique fraiseuse à bande. On peut traiter deux surfaces perpendiculaires. Prix : 3 460 F. La ponceuse à excentrique SX E 450 DUO est la première à posséder deux positions de réglage du cercle d'oscillation. Le grand cercle améliore l'action abrasive de

70 %, tandis que le petit cercle donne une finition très soignée. Un procédé empêche la formation de stries lorsque la ponceuse en marche est posée sur le matériau. Elle ponce le bois, mais aussi les plastiques, les métaux non ferreux et la tôle d'acier. Prix : 2 699 F. La ponceuse à patin triangulaire DS E 170 est l'outil de finition qui permet

d'accéder à des endroits difficiles, tels que les jalousies. Prix : 1 224 F.

► Un ensemble très performant. Pour la même surface, une fraiseuse à bande nécessitera 42 bandes (environ 800 F),

alors qu'il faudra deux couteaux (environ 70 F) à la nouvelle fraiseuse 4S LF 714 S.



LE MODEM VEILLE

Le Sportster MessagePlus, de US Robotics, est un modem capable de recevoir des données ou des télecopies même si le PC est éteint. Il stocke jusqu'à 40 pages de télecopie ou 2 mégaoctets de données. Ses caractéristiques techniques le classent parmi les meilleurs produits actuels. Sa vitesse de transmission atteint 56 Kbps. Une mémoire flash permettra, à l'avenir,

l'augmenter et d'intégrer la future norme de télecopie 28 800. Prix : 1 925 F.

► Beaucoup d'atouts pour ce modem, dont l'évolutivité.



Les jumelles s'affinent

Les nouveaux modèles de jumelles de Leica Camera (8 x 20 et 10 x 25) bénéficient, par rapport aux modèles antérieurs, d'une amélioration de 30 % de leurs performances optiques. Un traitement spécial des prismes en toit a permis d'affiner la qualité de résolution et de contraste des structures fines. Prix : de 3 150 F à 3 650 F.

► Il y a peu d'innovations dans ce domaine. Voilà donc un perfectionnement bienvenu.



N'est pas "OCCASIONS DU LION" qui veut

* THE SALES MACHINE Automobiles PEUGEOT R/C Paris B 550 144 503



L'achat d'un véhicule d'occasion ne doit pas s'effectuer au hasard.

C'est pour cela qu'**Automobiles Peugeot et plus de 400 de ses concessionnaires** ont créé le nouveau "**Réseau Occasions du Lion**". **Un réseau constitué exclusivement de professionnels**, où chacun de ses membres s'engage sur une charte qualité **pour votre plus grande sécurité et celle de vos passagers**.

Aujourd'hui choisir son véhicule d'occasion chez l'un des membres du "**Réseau Occasions du Lion**", c'est avoir la certitude que votre véhicule sera préparé par des hommes **compétents, parfaitement qualifiés, rigoureux**, qui s'engagent à vous faire bénéficier d'un large éventail de couverture avec la "**Garantie Occasions du Lion**"*.



- **54 points de contrôle systématique** pour tous les véhicules.



- **12 mois de garantie pièces et main-d'œuvre** sur l'ensemble des pièces mécaniques, électriques et électroniques*.



- **L'assistance dépannage-remorquage gratuite 24 heures sur 24** dans l'ensemble de l'Europe sur une période de 1 an*.



- Pendant 12 mois, **mise à disposition d'un véhicule de remplacement** si la durée des travaux est supérieure à 1 jour*.



- **Votre véhicule remplacé par un véhicule de même catégorie**, pendant les 5 jours suivant l'achat, dans la limite de 1500 km parcourus, si vous n'en êtes pas satisfait*.



- **Le remboursement de la perte financière** entre le prix d'achat du véhicule d'occasion et la valeur Argus de celui-ci au jour de la livraison en cas d'accident, d'incendie ou de vol*.



- **La possibilité de souscrire jusqu'à 3 ans de garantie complémentaire**, en cas d'acquisition financée par Peugeot Financement et selon ses conditions financières en vigueur.

* Selon les conditions générales de vente et de garantie des "Occasions du Lion" consultables dans le réseau "Occasions du Lion".

 **RESEAU** 
OCCASIONS DU LION

Ecolo en herbe

Bioviva est un jeu de société sur l'environnement qui, loin d'être austère comme on pourrait le craindre, recèle plus de mille questions savantes, insolites ou amusantes sur la planète, sur la nature, sur l'histoire ou sur les sciences. Imaginé par un jeune ingénieur agronome, ce jeu procure le plaisir d'apprendre en s'amusant. Chaque question a trois réponses possibles. Un commentaire, toujours intéressant, parfois drôle, explicite la solution. Prix : 295 F.

► Premier jeu recommandé par le ministère de l'Environnement, Bioviva a récolté de nombreux prix, dont celui du "Meilleur nouveau talent" au Salon international du jouet de Paris.

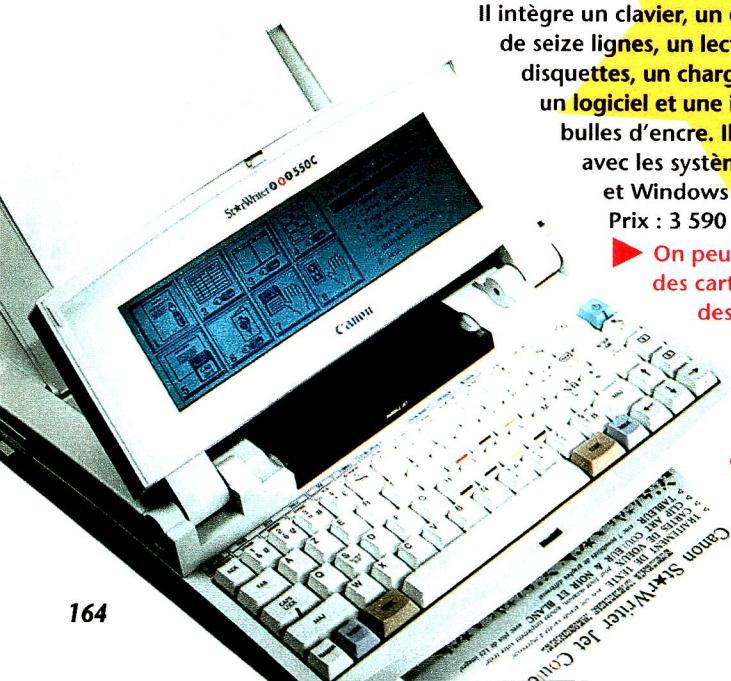


Mise en page sans ordinateur

Le StarWriter Jet 550c n'est pas un ordinateur. Ce produit hybride, très populaire dans les pays anglo-saxons, est une alternative au PC et à l'imprimante couleur.

Il intègre un clavier, un écran LCD de seize lignes, un lecteur de disquettes, un chargeur de feuilles, un logiciel et une imprimante à bulles d'encre. Il est compatible avec les systèmes DOS et Windows (Word et Excel).
Prix : 3 590 F.

► On peut créer des cartes de vœux, des invitations, des impressions sur tee-shirt, dans plus de 700 variétés de styles d'écriture, de symboles et de dessins.



QUE LA FORCE SOIT AVEC TOI !

Grâce à sa technologie évoluée, à son microprocesseur de 16 bits, associé à 2 Ko de mémoire vive et à deux petits moteurs asservis, le tout nouveau Side Winder

Force Feedback Pro 2.0 de Microsoft réalise des effets de retours de force très réaliste. Donnant une nouvelle dimension aux jeux informatiques, il est particulièrement recommandé pour des jeux tels que Tom Raider ou G-Police. Prix : 1 290 F.

► Ce joystick donne le meilleur de lui-même avec des simulateurs tels que Daytona USA, BMG SpearHeads Sabre Ace et Flight Simulator 98, la nouvelle version du célèbre logiciel de vol de Microsoft.





Livres

par Jean-René Germain

Le poète du ciel

Serge Brunier

L'UNIVERS

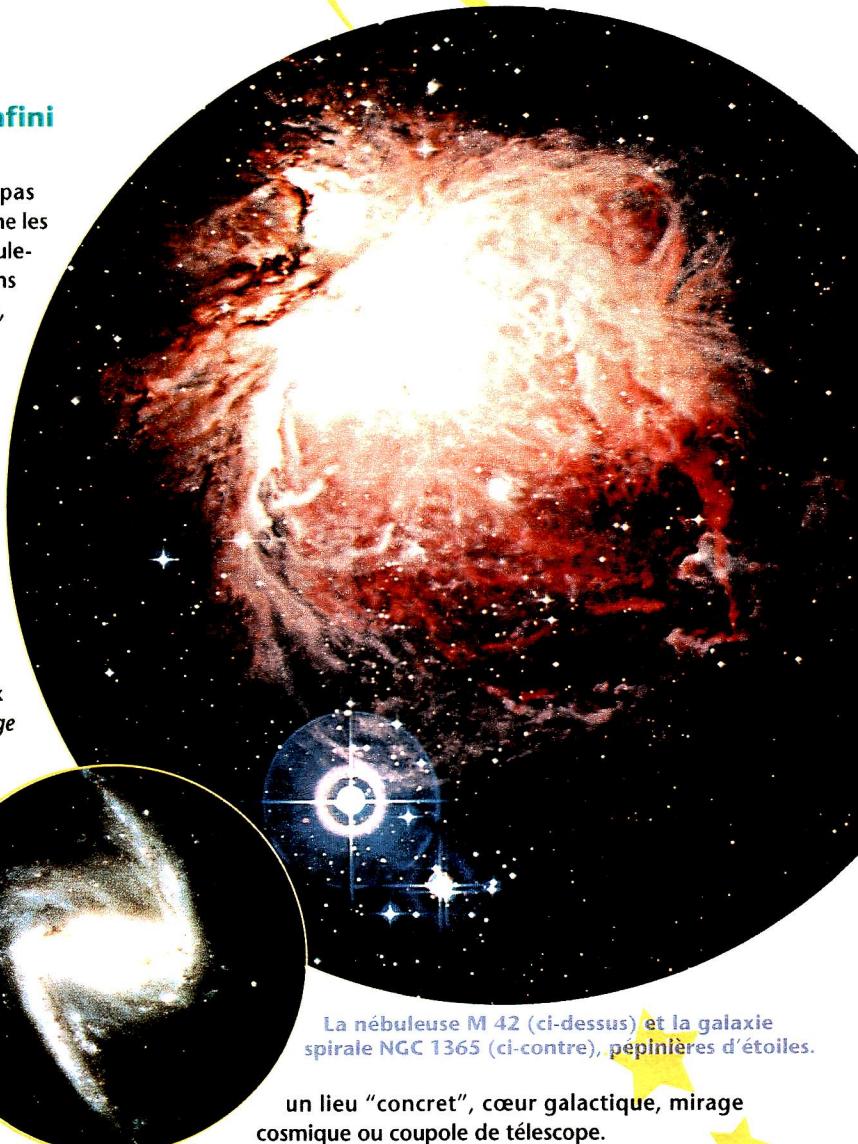
Une exploration de l'infini

Bordas, 216 p., 299 F.

Serge Brunier n'est pas un astronome comme les autres. Il n'a pas seulement dormi à la belle étoile dans les déserts les plus inhospitaliers, au sommet des montagnes glacées... Il s'est lové au creux des étoiles, réchauffé par les géantes rouges, la tête enfouie dans les amas globulaires, le regard attendri posé sur les turbulents quasars, touchant presque les lointaines draperies galactiques.

L'histoire de l'Univers qu'il nous conte ici est tout simplement vécue. Reprenant son bâton de pèlerin, qu'il avait laissé aux confins du système solaire (*Voyage dans le système solaire*, Bordas, 1994), cet amoureux du ciel, rédacteur en chef de la revue *Ciel et Espace*, nous propose cette fois de plonger en sa compagnie dans le "Grand Tout", l'Univers.

Mais, s'il nous dispense généreusement son savoir, il s'attache surtout à nous faire voyager par une douce et claire nuit imaginaire. Car Serge Brunier est poète, peintre, musicien... Il ne craint pas d'employer plusieurs fois le mot galaxie dans une phrase, si la musique l'impose. Il ne commence pas ses chapitres au sommet d'une froide théorie mathématique, mais toujours en



La nébuleuse M 42 (ci-dessus) et la galaxie spirale NGC 1365 (ci-contre), pépinières d'étoiles.

un lieu "concret", cœur galactique, mirage cosmique ou coupole de télescope.

Il dénombre les milliards d'atomes d'hydrogène irrémédiablement brûlés, chaque seconde, à l'intérieur du Soleil comme autant d'étincelles de vie. Magie des chiffres, beauté de la langue, sérieux du propos : ce voyage ne s'oublie pas.

Jean-François Robredo

L'Egypte revisitée

Sous la direction de
David P. Silverman

AU COEUR DE L'EGYPTE ANCIENNE

Larousse, 256 p.,
250 F.

Voici un excellent et bel ouvrage d'initiation à l'une des civilisations qui ont le plus marqué le monde occidental par son originalité, son charme et son envergure. Dépassant la vision traditionnelle, un peu

Ma-
quette
d'un
convoy
funèbre, déposée
dans une tombe vers
1900 avant notre ère.

figée, des dynasties, des dieux et des momies, l'auteur et ses collaborateurs, tous égyptologues et américains, proposent un portrait plus vivant et plus complet de l'Egypte ancienne, qui intègre les avan-

cées récentes de leur discipline et rejette niaiseries et poncifs.

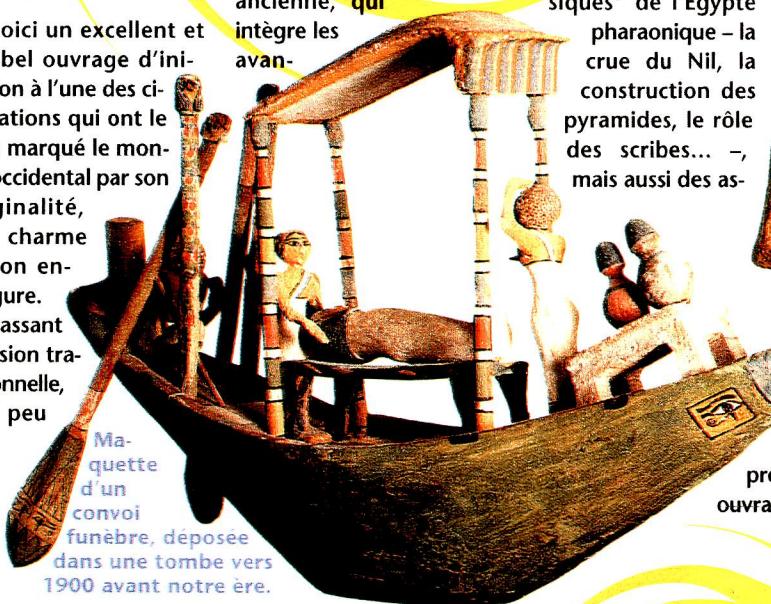
Des chapitres divisés en doubles pages thématiques abordent non seulement les grands "classiques" de l'Egypte pharaonique – la crue du Nil, la construction des pyramides, le rôle des scribes... –, mais aussi des as-



Boîte à onguents provenant de la tombe de Toutankhamon.

pects nouvellement découverts ou étudiés – les relations de l'empire avec la Méditerranée et l'Asie, la vie urbaine, les liens familiaux... Les textes simples – et non simplistes –, les exemples concrets, l'illustration judicieuse, le précieux index composent un ouvrage facile et attrayant.

Catherine Chauveau



NOËL

Dans la chaleur des glaces

Nicolas Vanier

NORD Grands voyages dans les pays d'en haut

Editions de
La Martinière, 340 p.,
320 F (295 F jusqu'au
31 janvier 1998).

Grand voyageur des pays d'en haut (Sibérie, Lapone, Alaska, Canada), Nicolas Vanier signe un beau livre plein

de chaleur, en dépit de la température des lieux... Ses carnets de route trouvent dans ce format l'espace requis pour s'épanouir et nourrir des rêves d'évasion. Les récits sont brefs, mais entremêlés d'encadrés techniques qui leur

confèrent une dimension très réaliste. Un moyen de pénétrer de plain-pied dans l'aventure...

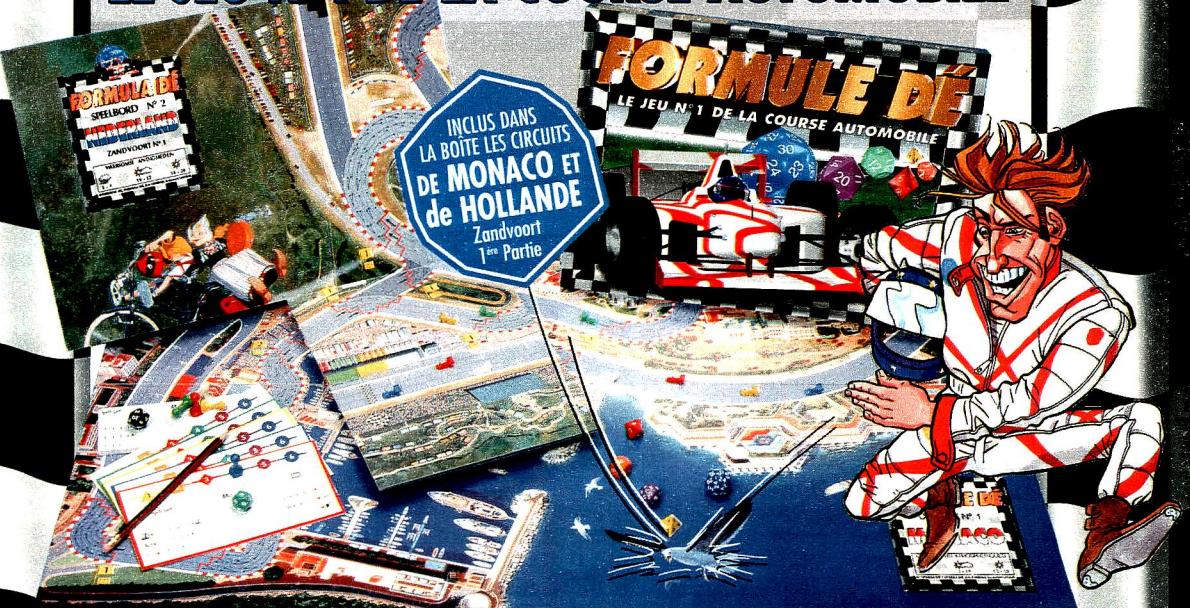
Isabelle Bourdial

A pied,
à cheval,
à renne ou
en traineau
autour du
pôle Nord.



FORMULE DÉ

LE JEU N°1 DE LA COURSE AUTOMOBILE



VOUS AIMEZ LA FORMULE 1 ? NE RÊVEZ PLUS !...

Découvrez enfin les émotions d'une vraie course en pilotant votre première monoplace : une **FORMULE DÉ**.

Prise de risque, anticipation, tactique, chance et stratégie, c'est le cocktail détonnant à jouer sur les circuits les plus prestigieux du monde.

En vente dans les RELAIS DESCARTES, chez TOYS R'US et dans les meilleures boutiques de jeux (Prix public conseillé : 220,00 F).

CIRCUITS DISPONIBLES : ZANDVOORT 2 (Hollande) & SPA-FRANCORCHAMPS (Belgique), KYALAMI (Afrique du Sud) & IMOLA (Saint Marin), MAGNY-COURS (France) & MONZA (Italie), INTERLAGOS (Brésil) & ESTORIL (Portugal) - prix public conseillé 110 F.

ACCESOIRES : Un set de dés et des voitures en métal à peindre vous-même pour augmenter encore votre confort et votre plaisir de jeu.

Un jeu EUROGAMES édité par JEUX DESCARTES, 1, rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris cedex 15



Un amour de planète

Jay Apt, Michael Helfert et Justin Wilkinson

ORBITE

Les astronautes de la NASA photographient la Terre

National Geographic Society/Minerva, 224 p., 298 F.

Le 20 février 1962, l'astronaute américain John Glenn, aux commandes de *Friendship 7*, le premier vaisseau spatial américain, photographiait pour la première fois la Terre à partir d'une orbite spatiale. Depuis ce jour histo-

rique, des millions d'autres

photos de la planète bleue ont été prises, aussi bien par les cosmonautes que par les sondes automatiques. Comme le dit John Ross : « Les souvenirs du vol spatial s'estompent ; ce qui reste, ce sont les photos que nous avons prises nous-mêmes. »

L'émotion devant une éruption volcanique vue de l'espace.

Partagez donc l'intense émotion des astronautes, en contemplant, à 400 km d'altitude, les splendides vues de notre globe reproduites dans cet album exceptionnel. Emerveillez-vous, comme eux, de la beauté du monde...



Le jeu de la découverte

Jay Young

FOU DE SCIENCE II

Le Seuil, 14 pages animées, 139 F.

Ce livre en trois dimensions tourne autour de six thèmes scientifiques, de l'énergie au cinéma en passant par la communication. Dans chaque domaine est dressé un inventaire des découvertes, expliquées par des résu-

NOËL



més clairs et concis, agrémentés de photos. Des montages en 3 D animent chaque page de façon amusante. Dans le chapitre "Faitez votre cinéma", par exemple, la copie d'un jouet inventé en 1833, le phénakistoscope, permet de voir un dessin animé en mouvement. Une méthode simple pour comprendre le principe du cinéma ou des animations par ordinateur.

Sablier, téléphone-ficelle, boulier chinois : autant d'instruments en 3 D qui permettent de mettre ses connaissances scientifiques en pratique tout en jouant.

Didier Dubrana

L'aventure humaine

Jacques Bertin

ATLAS HISTORIQUE UNIVERSEL

Panorama de l'histoire du monde

Minerva, 180 p., 249 F.

Résumer l'histoire du monde de l'origine de l'homme à nos jours en moins de 200 pages, sans omettre de période his-

torique ni de zone géographique, telle est la gageure des auteurs de cet atlas historique.

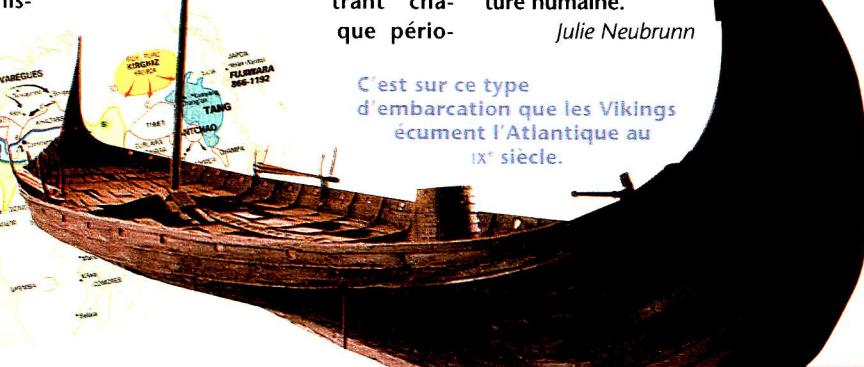
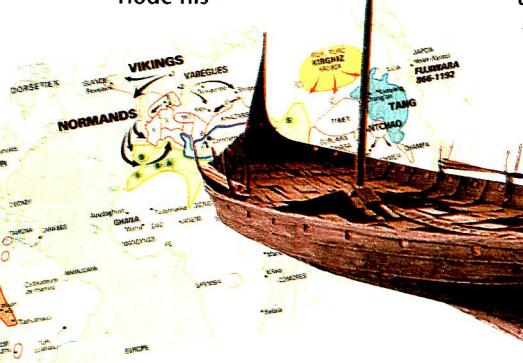
Les événements majeurs de l'histoire de l'humanité (premiers peuplements, naissance de l'agriculture, grandes migrations, action des principaux personnages...) sont relatés à la fois dans l'espace et dans le temps, grâce à des planisphères illustrant chaque période-

de. A ces cartes s'ajoutent des pages récapitulatives et des séquences iconographiques, où les informations sont classées par continent.

Si les données restent évidemment succinctes, l'ouvrage présente une vue synthétique fort intéressante. Un excellent outil pédagogique pour comprendre l'aventure humaine.

Julie Neubrunn

C'est sur ce type d'embarcation que les Vikings écumant l'Atlantique au IX^e siècle.

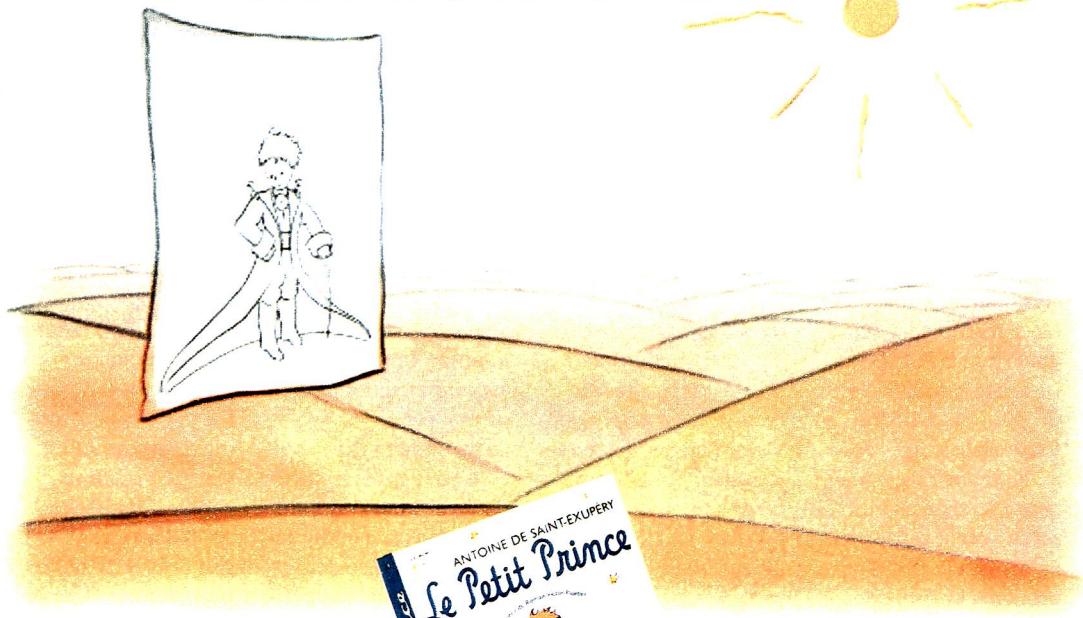




CD-Rom

par Jean-René Germain

Dessine-moi un Saint-Ex



LE PETIT PRINCE

Gallimard
Multimédia, 299 F
(pour Mac et PC).

« Si tu viens,
par exemple, à
quatre heures de
l'après-midi, dès trois
heures je commencerai
d'être heureux. » Ces
paroles du renard au
Petit Prince sont, parmi
tant d'autres,
inoubliables. L'ouvrage
d'Antoine de Saint-
Exupéry est un poème

comme on en trouve dans les cahiers d'écolier, support des premières émotions, clé des premières réflexions, toujours présent dans une mémoire floue mais vivante, prête à renaître de ses cendres. *Le Petit Prince* est de ces textes magiques, uniques. Mais ce qui est unique peut-il avoir une suite ? Le multimédia se moque de cette question. Il af-



Des animations en trois dimensions qui respectent l'univers graphique et le texte de Saint-Exupéry.

firme que toute chose a de multiples facettes, offre d'innombrables points de vue : le support crée la perspective. Même pour les chefs-d'œuvre ? Sans doute... Qui peut empêcher ceux qui détiennent les droits juridiques de les transformer en droits esthétiques ? On a vu des tableaux de maître compactés sur

CD-Rom et proposés à la rage "rectificatrice" du premier venu. Interactivité oblige. Jusqu'à présent, ce type de traitement avait épargné les œuvres écrites



Cet astéroïde n'a été aperçu qu'une fois au télescope, en 1909, par un astronome turc.

Il avait fait alors une grande démonstration de sa découverte à un Congrès International d'Astronomie. Mais personne ne l'avait croisé, sauf son costume. Les crânes avaient l'air de faire ça.



Heureusement pour la réputation de l'astéroïde B 612 un dictateur turc imposa à son peuple, sous peine de mort, de s'habiller à l'Européenne. L'astronome refit sa démonstration en 1920, dans un habit très élégant. Et cette fois-ci tout le monde fut de son avis.

■ ■ ■ (on traitait des auteurs, des périodes, jamais des livres). Mais voilà que, dans les semaines récentes, *le Monde de Sophie* est disponible en version numérique (Seuil Multimédia), ainsi, donc, que *le Petit Prince*. Disons-le d'emblée, le CD-Rom des éditions Gallimard est une réussite. Pour une raison majeure : le texte a été scrupuleusement respecté. Et, s'il est plaisant d'apprécier le réalisme des animations en trois dimensions qui parsèment le texte, c'est aussi parce qu'on sent (et on peut le vérifier) que les dessins virtuels sont en parfaite concordance avec ceux de Saint-Exupéry.

Le texte (ci-dessus) est lu par Sami Frey. Ci-dessous, le renard évolue en fonction des réactions du joueur.

Correspondance technique nécessaire mais non suffisante. Car faire "crever la page" à des personnages comme le Petit Prince, le renard, le businessman ou le buveur pour qu'ils évoluent dans des scènes de cinéma (d'animation) demande du doigté, de l'esprit. C'est à Romain Victor-Pujebet qu'en revient le mérite. Il aurait pu se contenter de reproduire les dessins originaux, mais il est parvenu à leur donner un nouveau souffle poétique, sans masquer ni détourner l'ancien. Qu'y a-t-il donc de plus dans ce CD-Rom ? Il se présente en trois parties inégales mais complémentaires.

Taires. La première est la plus "à la mode" et la plus ludique : la relation virtuelle. Sur Terre, le renard du livre propose aux enfants – ou à ce qu'il reste d'enfance en nous, comme le suggère la dédicace de Saint-Exupéry – de se laisser apprivoiser. Sur le terrain de jeu, l'animal, d'abord sauvage, va progressivement évoluer, en fonction de l'attitude de l'enfant, jusqu'à ce que s'instaure une "relation unique", une amitié virtuelle. Reprenant le fonctionnement du tamagotchi ou d'autres animaux à adopter sur Internet, ce jeu diffuse avec bonheur un parfum de modernité.

La seconde partie consiste dans la lecture du livre. Sami Frey lit le texte dans son intégralité, tandis que se déroulent les animations adéquates. Du boa au marchand de pilules perfectionnées, en passant par le renard et les moutons, tous les personnages reprennent

vie. Plaisir des oreilles et des yeux, plaisir aussi de la découverte (quand on "clique" sur certaines images, des animations surprises apparaissent) : les sens sont toujours sollicités.

Dernière partie : cinq chapitres de la vie de Saint-Exupéry expliqués, commentés et mis en images, agrémentés de photos, de dessins originaux et de textes de l'auteur (lettres, autres ouvrages). Séjour (forcé) à Cap Juby, voyage dans la cordillère des Andes, accident dans le désert de Libye, impressions de New York (où Saint-Ex a écrit *le Petit Prince*)...

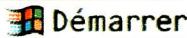
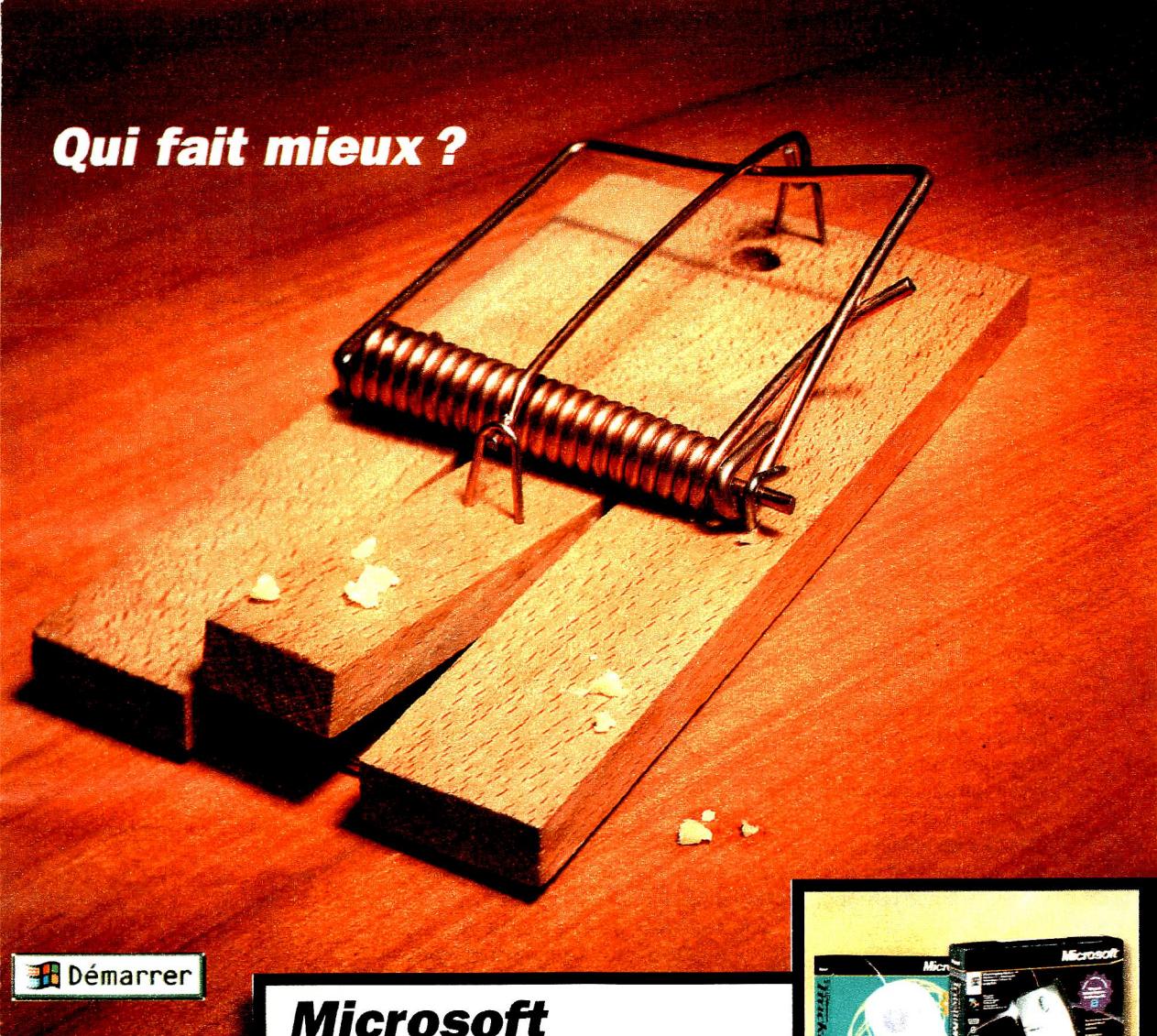
Pas une biographie exhaustive, mais des documents originaux et complémentaires.

Les enfants pourront ouvrir un carnet de voyage personnel, y raconter des histoires qu'ils illustreront de dessins tirés du *Petit Prince*, puis bien sûr l'imprimer. Avant d'aller voir comment se porte leur ami le renard.

Jean-François Robredo



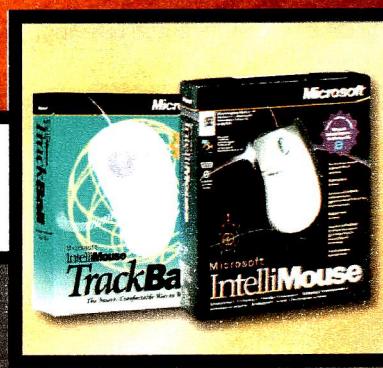
Qui fait mieux ?



Microsoft *IntelliMouse*

La pratique prouve l'efficacité des souris IntelliMouse™.

On peut penser qu'elles doivent cette incomparable rapidité à leur ligne. Oui, mais pas seulement. L'ergonomie n'est rien sans l'intelligence. Justement, l'espace est bien rempli entre leurs deux oreilles : un astucieux bouton roulette permet de gagner un temps fou. Il remplace les ascenseurs dans les applications compatibles, permet un zoom sur des détails importants, le surf à grande vitesse sur Internet... alors un conseil, si vous attrapez une souris ou un TrackBall IntelliMouse™, attachez-les à votre PC.



Microsoft

Jusqu'où irez-vous ?™ www.microsoft.com/france/chezvous/

CD-Rom

Promenade dans les étoiles

BALADE À CIEL OUVERT Itinéraire d'un monteur d'étoiles

Ciel et Espace/AFA, BP 13, 91167 Longjumeau, Cedex 9, 290 F (pour PC).

Réalisé par l'Association française d'astronomie (AFA), cet ouvrage à l'esthétique particulièrement soignée est une merveille : au fur et à mesure que la nuit tombe, apparaît un ciel pur, sans nuages. La promenade dans les étoiles peut commencer, où qu'on se trouve sur la Terre et quelle que soit l'heure de la nuit ou le jour de l'année. Naturellement, une boussole permet de s'orienter et de savoir dans quelle direction on regarde les étoiles, les planètes, les galaxies, les nébuleuses... Quatre grossissements sont disponibles : œil nu, jumelles, télescope d'amateur et même grand télescope professionnel. Plus de 200 000 étoiles sont recensées, accompagnées de

200 photos. La navigation dans le menu est extrêmement simple. Les

commentaires de l'auteur, Alain Superbie, constituent une excellente initiation à l'astronomie. Un superbe cadeau de Noël si l'on a un PC.

Un CD-Rom qui permet de voir dans le cosmos, grâce à des grossissements successifs, le visible et l'invisible .



Au septième ciel !

FLIGHT SIMULATOR 98

NOËL

Microsoft, 449 F
(pour PC).

Plébiscité depuis quinze ans par 10 millions de pilotes virtuels sur PC, la version 1998 de Flight Simulator dépasse les espérances des passionnés d'aviation. Grâce à la technologie MMX et à l'optimisation pour cartes accélératrices, les animations sont plus fluides et plus "vraies" qu'auparavant.

On peut jouer à plusieurs en réseau. Mais, surtout, Flight Simulator 98 est compatible avec le joystick à retour de force Side Winder Force Feedback Pro 2.0 (voir rubrique High-Tech), qui lui donne un réalisme étonnant : on sent la poussée au décollage, les trous d'air, les traversées de turbulences ou les baisses de régime du moteur. En prime, trois mille aéroports, sept avions, un hélicoptère et des modèles de vol certifiés par les constructeurs Cessna et Learjet...





Konica Z-UP 140 : zoom 140 mm, flash intelligent, automatisme sans faille... un concentré de technologie de seulement 280 grammes.

Compacts en Gamme Majeure

avec 28 références, Konica propose le choix le plus large



KONICA A PROFONDÉMENT MARQUÉ l'évolution des appareils-photo compacts. Il fût le premier à incorporer un flash électronique, la mise au point automatique et à en réduire considérablement leur taille. Aujourd'hui les compacts Konica comptent une trentaine de références, une gamme riche par sa diversité du fix focus au zoom télé, de l'APS au 24 x 36.

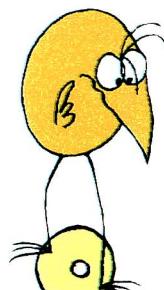
Chacun de ces compacts réunit les mêmes principes qu'applique Konica depuis toujours : compacité, simplicité, efficacité. Tout simplement pour élaborer des appareils au service de vos photos.

En choisissant un Konica vous êtes certain de trouver le compact qui correspond parfaitement à vos attentes.



Konica

3 allée du Ponant 95948 Roissy CDG CEDEX, Tél 01 49 38 65 50 - fax 01 48 63 80 69



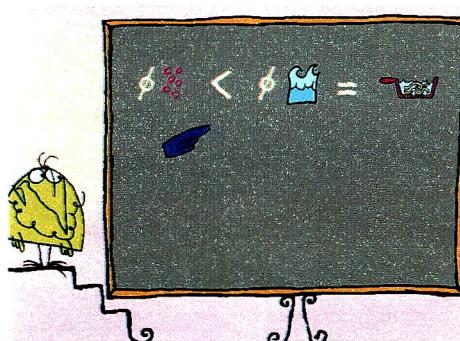
Ga, bu, zo, meu

LES SHADOKS Le jeu, la promenade

Bidulus Rex/Microfolie's, 299 F (pour Mac et PC).



Les voilà. Les shadoks sont de retour pour notre plus grand plaisir dans ce joyeux CD-Rom ! Forts de leurs deux principes fondamentaux - « Pourquoi faire simple quand on peut faire compliqué ? » et « Plus ça rate, plus on a de chances que ça marche », les personnages inventés en 1968 pour la télévision par Jacques Roussel et auxquels Claude Piéplu a prêté sa voix inimitable nous entraînent dans une série d'aventures délirantes. Pour faire décoller leur fusée interplanétaire ou pour éliminer Gégène, le monstre de l'espace, les shadoks se servent de leur logique si particulière, actionnée par les quatre mots de leur vocabulaire, "ga", "bu", "zo", "meu". Ils nous enseignent aussi qu'une démonstration quelconque peut avoir sa logique interne, implacable et juste, mais que, si elle n'est pas confrontée à la réalité, les conclusions deviennent abracadabantes. A méditer.



Du "théorème des passoires" à "la sérénade préférée de Gégène" : un univers désolant.



Du big bang au XXI^e siècle

DÉCOUVERTES Vivre la grande aventure du monde

Cette magnifique encyclopédie sonore et visuelle en trois dimensions est incontestablement l'événement de cette fin d'année. Conçue à partir des vingt volumes de l'encyclopédie Gallimard-Larousse, c'est, grâce à ses animations en 3 D, un instrument unique pour découvrir un sujet ou une époque. La navigation se fait selon trois axes - chronologique, géographique, thématique - et mèle en un seul espace virtuel musique, sons et images. Grâce à une technologie toute particulière de navigation, les "Pages-

Documents" donnent la possibilité de composer soi-même ses écrans. Un index des mots clés (plus de 13 000) et un index des images par genre d'objet ou par détail visuel (une innovation) fournissent tout de suite l'illustration qu'on recherche.

On peut ainsi constituer des dossiers et les imprimer. Une connexion Internet permet de télécharger des sites en 3 D pour actualiser l'encyclopédie, mettre à jour ses logiciels internes, etc. Une approche entièrement nouvelle de la connaissance.

L'Europe au microscope

PHOTOSPACE L'atlas de l'Europe vue de l'espace

MSat, 269 F

(pour Mac et PC).

Ce CD-Rom est le premier du genre : grâce à plus de 300 images spatiales prises par les satellites *Landsat 5* et *NOAA*, on plonge au cœur de l'Europe. Des zooms permettent de reconnaître sa région avec une résolution de 30 m ! On peut faire apparaître l'emplacement d'une ville, d'un fleuve ou d'une route, obtenir des informations sur les pays visités. Et on peut imprimer en couleur la carte de son choix.



Saveurs exotiques

LA GASTRONOMIE

Emme Interactive, 199 F (pour Mac et PC).

Science & Vie se passionne évidemment pour la science et la technologie, mais ne se désintéresse pas de la gastronomie ! C'est pourquoi il nous est agréable de présenter, à l'occasion des fêtes de fin d'année, cet ouvrage alléchant. Archie Arcimboldo nous initie aux cuisines de tous les pays. Il nous

enseigne les mille et un tours de main nécessaires à la préparation des plats qu'il recommande. Et il nous indique les boissons qui se marient avec eux. Notre curiosité sera



satisfait sur bien d'autres points : pourquoi les Chinois ne mangent pas de produits laitiers, pourquoi le curry est épice, etc. Bien sûr, une sortie sur Internet permet d'accéder aux astuces et aux informations proposées par ce CD-Rom. Il s'agit du premier ouvrage d'une nouvelle collection d'Emme Interactive, "les Must", dont l'objectif est de faire découvrir l'essentiel d'un sujet à travers un guide cosmopolite.

Une initiation aux cuisines de tous les pays, avec toutes les astuces de réalisation.

NOËL



**COLLECTIONNEZ
LE SAVOIR
AVEC
LA RELIURE
SCIENCE & VIE**

BON DE COMMANDE
à compléter et à retourner par envoi joint à SCIENCE & VIE
1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 PARIS cedex 15

**OUI, je commande _____ reliure (*) SCIENCE & VIE
au prix de 95 francs - Etranger : 100 francs**

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

NOM _____ Prénom _____
ADRESSE _____
CODE POSTAL _____ VILLE _____

(*) Chaque reliure est conçue pour classer 12 numéros. (**) Dans la limite des stocks disponibles.
OFFRE VALABLE JUSQU'A FIN 97

GANYMÈDE 380 L LA LUNETTE DE GRAND DIAMÈTRE



Diamètre 80 mm. Focale 900 mm.

Objectif Achromatique, traité.

Chercheur 6x30 réticulé.

Monture équatoriale avec freins, mouvements lents et cercles divisés.

Motorisation en option.

Trépied métal réglable en hauteur.

Livré avec 3 oculaires :

45x, 72x et 225x ;

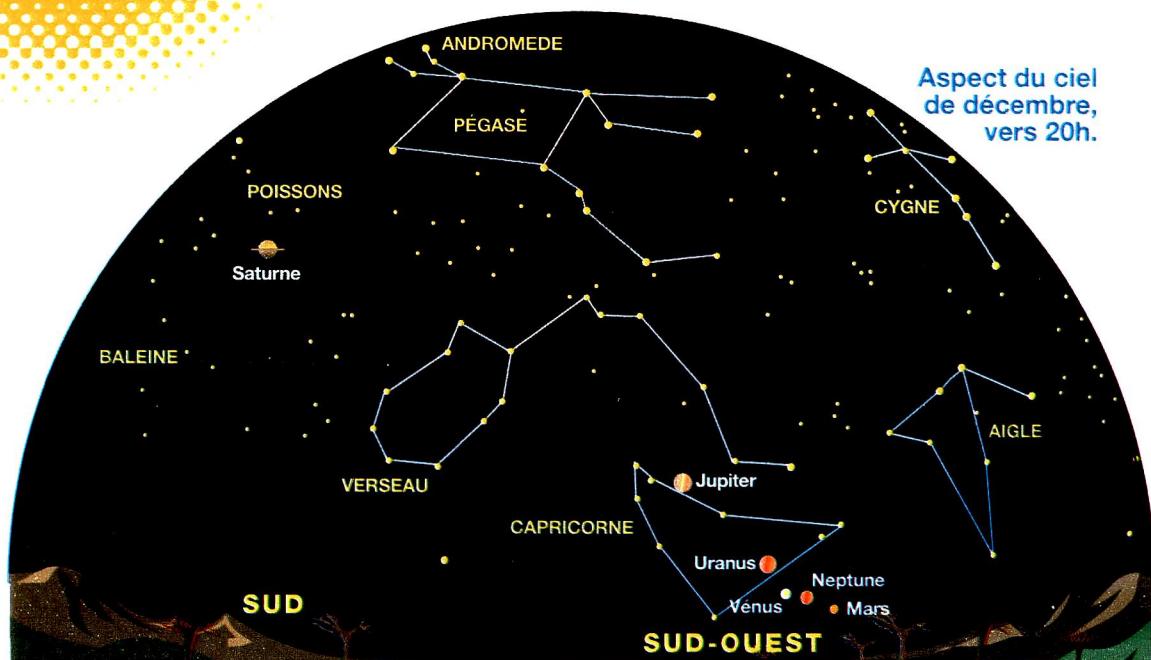
renvoi coudé à 90° ;
redresseur terrestre, notice.

Ouvert les 14, 15, 21 et 22 décembre
Vente au magasin et par correspondance
Expédition rapide toutes destinations
Commande par téléphone ou fax
Règlement par carte Visa

Au cœur de Paris, métro Hôtel de Ville
Magasin ouvert du Mardi au Samedi de 9h 45 à 18h 45
Tél. : 01 42 77 99 55 - Fax : 01 48 87 40 87
la maison de l'Astronomie - 33-35, rue de Rivoli - 75004 Paris

Le ciel

PAR YVES DELAYE



C'est en décembre, aux alentours du solstice d'hiver, que, sous nos latitudes, les nuits sont les plus longues. La durée de la nuit, période séparant le coucher et le lever du Soleil, peut dépasser une quinzaine d'heures. Bien entendu, cette durée dépend de la latitude du lieu d'observation. Ainsi, en France métropolitaine, la nuit maximale varie de 14 h 50 (à Bonifacio) à 16 h 10 (à Dunkerque).

Ce n'est pas parce que le Soleil est couché ou qu'il n'est pas encore levé qu'il est possible d'observer, car il faut aussi tenir compte du crépuscule et de l'aurore. Si le critère retenu est la visibilité des étoiles les plus brillantes, cela correspond à peu près au crépuscule nautique, soit une

Toutes les étoiles en une nuit

durée d'environ 1 h 15 en cette période.

Il faut également choisir une nuit sans Lune, laquelle, par son éclat, gênerait considérablement l'observation.

A la date idéale du 22 décembre, la Lune, dans son dernier quartier, est gênante. Il faut donc choisir une autre nuit, aux environs de la nouvelle Lune, entre le 26 et le 28 décembre.

Ces nuits-là, dès la fin du crépuscule, on pourra observer sur l'horizon ouest, en partant du nord-ouest jusqu'au sud : la partie supérieure du Bouvier,

la Couronne boréale, Hercule, une partie d'Ophiucus, quelques étoiles du Sagittaire au ras de l'horizon. Et, en plein ciel : le Grand Triangle d'été – Cygne, Lyre et Aigle –, le Capricorne, le Verseau, Pégase, Andromède, le Poisson austral, puis la Baleine, les Poissons, Eridan, le Taureau.

Au cours de la nuit, vont apparaître Orion, le Grand Chien, les Gémeaux, la Poupe, le Petit Chien, le Cancer, le Lynx, puis l'Hydre, le Lion. Vers 2 heures du matin : lever de la Coupe, du Corbeau, de la Vierge, puis le Bou-

vier et la Couronne boréale redeviendront visibles, suivis du Serpent et de la Balance.

Alors que les premières lueurs de l'aurore teinteront l'horizon est, quelques étoiles du Centaure et du Scorpion seront visibles au ras de l'horizon, tandis que la Lyre et le Cygne grimperont au nord-est.

Le tour du ciel est terminé. Nous aurons pu contempler la quasi-totalité du ciel visible sous nos latitudes, à l'exception d'une partie du Scorpion et du Sagittaire !

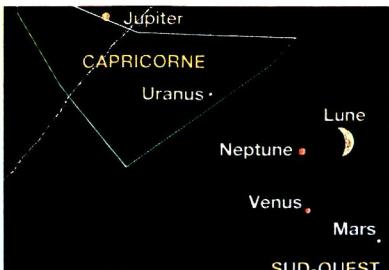
3615 SCV
LES POSITIONS DES PLANÈTES CHAQUE SOIR

QUELLE CONJONCTION VILLE ?

► A L'ŒIL NU

■ Voilà longtemps que des planètes ne s'étaient retrouvées ensemble en si grand nombre. Tout au long de ce mois, on suivra dans le ciel crépusculaire, tout de suite après le coucher du Soleil, le ballet de Vénus, Mars, Jupiter, Uranus et Neptune, que la Lune rejoindra à deux reprises.

Les rassemblements planétaires et les conjonctions avec la Lune fournissent au néophyte la possibilité de repérer ces astres vagabonds. En effet, la Lune ou Vénus, qui est toujours très brillante, sont faciles à localiser ; il est dès lors aisément d'identifier les



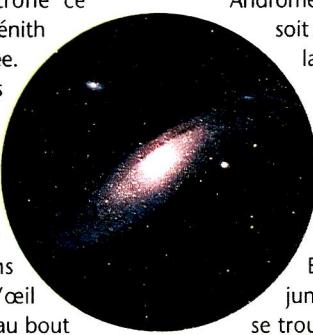
A. MEYER

planètes voisines. Jupiter est généralement assez brillante. Même aux simples jumelles, elle apparaît sous la forme d'un petit disque légèrement ovale, parfois accompagné d'un à quatre minuscules points brillants, ses satellites galiléens.

► AUX JUMELLES

■ Messier 31 trône ce mois-ci près du zénith en début de soirée.

Plus connue sous le nom d'Andromède, c'est la seule galaxie visible à l'œil nu sous nos latitudes. De nos jours, la pollution du ciel oblige à s'écartier des grands centres urbains pour l'identifier. Lorsque l'œil s'est habitué à l'obscurité, au bout d'environ une demi-heure, il voit une large condensation blanchâtre de forme ovale. Sans expérience, il est difficile



d'apprecier l'étendue apparente de la galaxie. Dans sa plus grande dimension, Andromède mesure près de 3,5°, soit sept fois le diamètre de la pleine Lune. M 31 est si vaste qu'il est impossible de l'observer en entier dans une lunette ou dans un télescope, dont le champ de vision est trop restreint. En revanche, dans des jumelles, cette galaxie, qui se trouve à plus de 2 millions d'années-lumière, révèle le poudroirément laiteux et majestueux de ses 100 milliards d'étoiles...

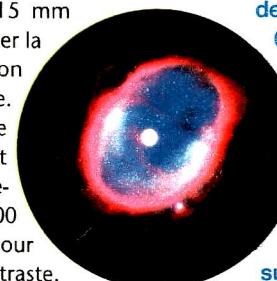
► AU TÉLESCOPE

■ NGC 2392 est une nébuleuse planétaire, surnommée la nébuleuse du Clown en raison de sa vague ressemblance avec la face grimée de l'auguste du cirque. C'est William Herschell qui l'observa le premier, en 1787. Les nébuleuses planétaires, petites nébuleuses de forme circulaire, sont en général assez difficiles à observer.

NGC 2392 sort de la moyenne : son diamètre apparent, d'environ 43'', est égal à celui de Jupiter. Sa magnitude frôle 10, ce qui la rend détectable par des instruments modestes. Chose remarquable : l'étoile centrale qui lui a donné naissance est à peine plus faible (magnitude 10,2). Un

télescope de 115 mm permet d'observer la nébuleuse et son étoile centrale. Avec un diamètre de 200 mm et plus, un grossissement de 200 à 300 fois sera utilisé pour améliorer le contraste.

NGC 2392 se trouve à mi-chemin entre Kappa et Delta des Gémeaux. En décembre, vers 23 h (heure légale), on pointera Delta des Gémeaux, situé à une quarantaine de degrés au-dessus de l'horizon est. La nébuleuse se trouve alors à 2,5° au-dessous. Une étoile de magnitude 8 se situe juste à côté.



MARDI 2

La Lune est en conjonction avec Mars.

A observer le soir, après le coucher du Soleil.

MERCREDI 3

Dans les mêmes conditions que la veille, la Lune se trouve à proximité de Vénus et Neptune.

LUNDI 8

Au-dessus de l'horizon sud-est, beau rapprochement, en soirée, de la Lune et de Saturne.

SAMEDI 13

Dans le crépuscule, sur l'horizon ouest, Neptune, Vénus et Mars forment un triangle isocèle de 4° de côté.

DIMANCHE 21

Solstice d'hiver à 21 h 44 mn 8 s. Dans l'hémisphère nord, les nuits sont les plus longues.

LUNDI 22

Mars dépasse Vénus, qui s'apprête à rétrograder.

VENDREDI 26

La conjonction serrée de Mars et Uranus, à 0° 36', permet de repérer la planète lointaine avec une lunette ou un télescope.

DIMANCHE 28

Vers 8 h (légale), sur l'horizon sud-est, la Lune est près de Mercure : une bonne occasion d'observer cette planète.

MERCREDI 31

Dans la soirée, beau rassemblement de la Lune, Vénus, Mars, Uranus, Neptune et Jupiter.



URKESH

Les leçons de l'archéologie

par Catherine Chauveau



En ce mois de Noël, l'intérêt pour l'univers de la Bible est naturellement ravivé. Ayant longtemps servi, dans le monde judéo-chrétien, de source principale pour retracer

l'histoire des origines du monde, la Bible n'est plus reconnue par les historiens contemporains comme un texte historique. Mais elle reste, bien sûr, le texte sacré des juifs et des chrétiens et, de toute façon, l'un des écrits fondateurs de la société occidentale. Cela explique que les recherches en archéologie biblique se

Le musée virtuel de l'Oriental Institute Museum (université de Chicago)

Dans l'univers de la Bible

Le site le plus spécialisé : celui de la revue Biblical Archaeologist.

poursuivent activement. Leur but est non pas de prouver, de légitimer ou d'infirmer le contenu des deux Testaments, mais de présenter la vie quotidienne des peuples qui ont vécu dans les lieux et aux époques évoquées par la Bible.

C'est surtout aux Etats-Unis que ce type de recherche se développe. Quelques sites Internet de qualité, tous en anglais, permettent de suivre les travaux en cours. Ils émanent de la communauté scientifique.

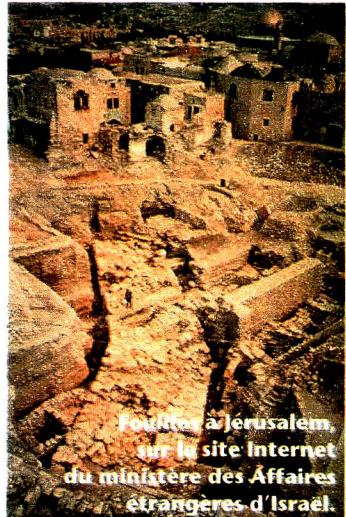
Le site le plus spécialisé est celui de la revue *Biblical Archeologist*, publiée par The American Schools of Oriental Research :

<http://scholar.cc.emory.edu/scripts/ASOR/BA/BAHP.html>

On trouvera les données les plus récentes sur le site de l'université de Chicago :

<http://spirit.lib.uconn.edu/ArchNet/Regions/Near.html>

et sur celui de l'Oriental Institute Museum, rattaché à la précédente université :



Fouilles à Jérusalem, sur le site Internet du ministère des Affaires étrangères d'Israël.

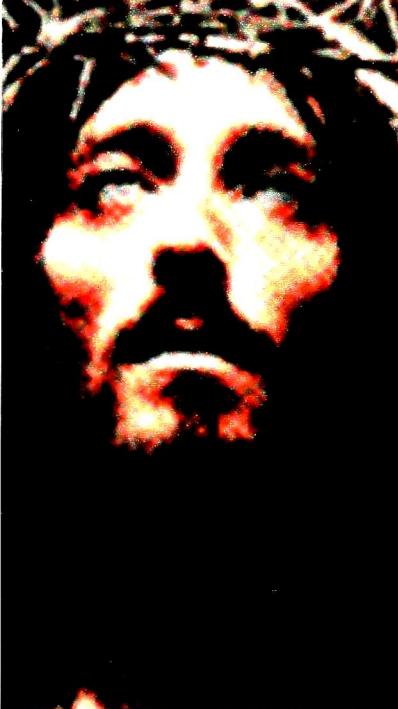
<http://www-oi.uchicago.edu/OI/MUS/QTVR96/QTVR96.html>

L'archéologie biblique n'est que l'un des nombreux axes de recherche de ces institutions.

Enfin, pour obtenir les résumés des principaux chantiers de fouilles internationaux en Israël, on consultera le site du ministère des Affaires étrangères d'Israël :

<http://www.iafa.gov.il/facts/>





Jésus revient, il est sur Internet

par Norbert Régina

Prudence ! Sur Internet on trouve le meilleur comme le pire. Les sites dont nous communiquons chaque mois les adresses dans ces pages ont été explorés et vérifiés par notre rédaction. Ils sont bien sûr parfaitement crédibles et renseignent les passionnés des sciences sur les recherches les plus récentes.

Mais si l'on poursuit sa quête solitaire, on risque de tomber dans des pièges que rien, à première vue, ne permet d'éviter. Les sites les plus farfelus, les plus dangereux parfois, se présentent, eux aussi, sous les ha-

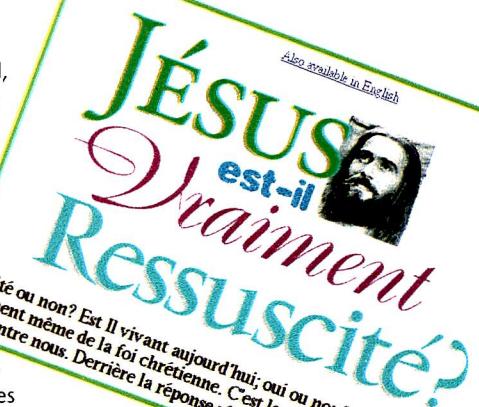
bits de la respectabilité.

Un exemple : à la veille de Noël, on peut légitimement – qu'on soit croyant ou pas – vouloir s'informer de l'état des connaissances sur le problème de l'historicité de Jésus (cette discipline se nomme la christologie).

Un ouvrage publié par les éditions Michel Lafon, dans la collection "Lu sur Internet", recense, sur ce thème, quelques-uns des innombrables textes diffusés sur le réseau mondial.

Le livre est ainsi présenté en quatrième de couverture : « Jésus a-t-il jamais aimé une femme ? S'est-il recueilli dans un monastère bouddhiste ? Etait-il amusant [sic], bagarreur [re-sic], globe-trotter ? A-t-il fini ses jours en Inde, ou entouré de ses enfants dans le sud de la France ? » Mise en scène clinquante qui contraste avec la remarquable introduction de Frédéric Lepage, lequel avertit honnêtement le lecteur qu'il rencontrera ici, outre des « hypothèses, de nombreux délires, un peu d'humour et beaucoup de déroulement ».

En effet, les analyses sérieuses ne manquent pas, notamment celles des étudiants de l'université de Lausanne. Il est exact que la fête de Mithra, le 25 décembre, est à l'origine de Noël. L'idée de l'enfantement d'une vierge (due, dans le christianisme, à une traduction erronée d'Isaïe) s'inscrit en effet dans de nombreuses cultures : on la trouve dans le culte de Zoroastre et dans celui d'Ishtar, chez les Grecs aussi, où Persée naît de la vierge Danaé, en qui Zeus s'est répandu sous la forme d'une pluie d'or.



suscité ou non? Est-il vivant aujourd'hui; oui ou non? Le fait qu'il soit revenu indéniablement de la mort, de la mort même de la foi chrétienne. C'est la question la plus importante jamais posée à l'humanité. La réponse réside dans la destinée de notre âme éternelle.

Bien argumenté également, le débat sur les "frères" de Jésus ; bien exposé, l'apport de la découverte des manuscrits de Qumrân et de la redécouverte des écrits apocryphes

Mais, à côté, que d'absurdités ! Un site de l'inévitable New Age présente la naissance de Jésus comme le fruit d'une enquête menée par l'ange Gabriel sur Urantia (la Terre), enquête au terme de laquelle il a choisi Joseph et Marie comme parents de « l'enfant d'effusion ». Joseph lui-même est issu d'une lignée qui remonte à Abraham et, au-delà, aux Sumériens et aux anciens hommes bleus !

Ici, on apprendra que Jésus est l'ancêtre du roi Dagobert ; qu'il a prêché le bouddhisme ; qu'il a séjourné en Inde et en Afghanistan et qu'il est enterré au Cachemire, où l'on a d'ailleurs retrouvé sa tombe, à Srinagar... Ailleurs, enfin, on est prié de croire mordicus à la Résurrection, car elle est « d'ordre historique, appuyée par un grand nombre de faits tangibles ». Suit une démonstration aberrante, qui, à vrai dire, fait froid dans le dos, tant elle trahit la volonté de manier des arguments pseudo-scientifiques à des fins de propagande.

Dieu merci – si l'on ose dire –, quelque humour éclaire ce pot au noir. « Trois preuves que Jésus était juif : 1. il a repris l'affaire de son père ; 2. il a vécu chez ses parents jusqu'à l'âge de 33 ans ; 3. il était sûr que sa mère était vierge et sa mère était certaine que son fils était Dieu. »



LA GUERRE COMMERCIALE sera aussi ÉCOLOGIQUE

■ Qu'est-ce que l'écologie industrielle? Une nouvelle discipline qui vise à réduire l'emploi des matières premières et à améliorer les processus de fabrication pour préserver l'environnement. Cette louable attitude cache un gigantesque enjeu commercial.

PAR Loïc CHAUVEAU

« Je ne travaille pas pour le bonheur de l'humanité, mais pour les dividendes de mes actionnaires. » Pour que les choses soient bien claires, David Buzzelli, vice-président de Dow Chemical, deuxième groupe chimique mondial, assène toujours à ses interlocuteurs ce préambule très libéral. Buzzelli n'est

pas un écolo rêveur. Pourtant, passé l'avertissement, l'industriel déroule un discours volontariste où l'on comprend que Dow Chemical a décidé de rompre avec ses mauvaises habitudes.

Le fournisseur officiel en napalm de l'armée américaine lors de la guerre du Vietnam vient d'adopter un programme de

2 milliards de dollars (12 milliards de francs) d'investissements d'ici à 2005. Objectif: réduire les rejets de ses usines dans l'atmosphère et améliorer les modes de fabrication des produits chimiques afin d'utiliser moins d'eau et de matières premières. David Buzzelli est l'un des chantres de l'"écologie industrielle", qui fait ■■■



Un Investissement VITAL

Au nombre des grandes entreprises qui se plient à l'écologie industrielle, on compte Intel, numéro un mondial des microprocesseurs, qui a réduit de moitié sa production de déchets et banni l'emploi de substances nocives pour la couche d'ozone.

A l'avenir, les sociétés qui auront investi dans l'écologie industrielle seront les mieux placées pour emporter des marchés.

■ ■ ■ fureur aux Etats-Unis et au Japon.

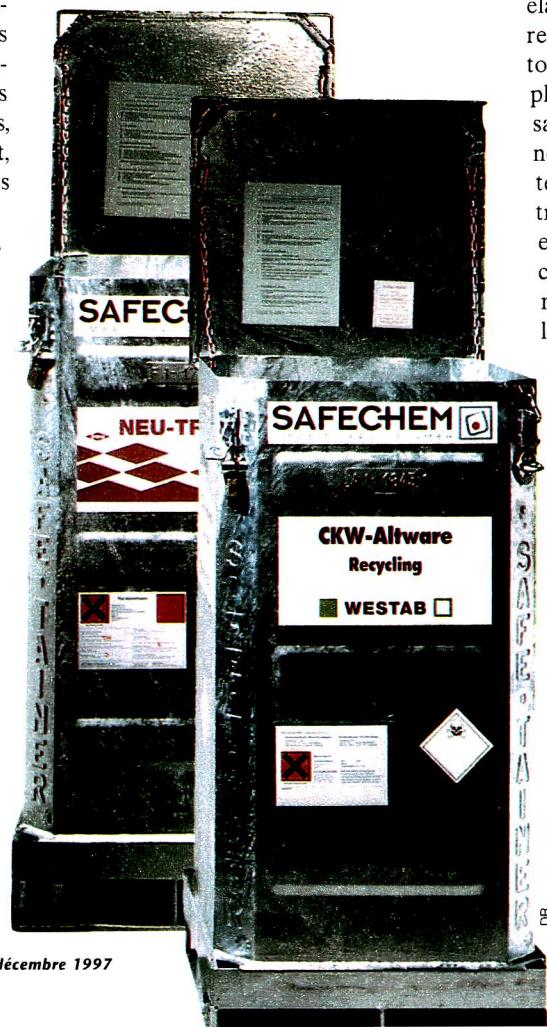
Réduction de l'utilisation des matières premières, amélioration des processus de fabrication, atténuation des impacts sur l'environnement, recyclage total de l'objet en fin de vie. Ainsi se résume l'écoologie industrielle. Dans la réalité, tout est beaucoup plus compliqué : « L'écoologie industrielle doit être pensée comme l'étude objective, multidisciplinaire des ensembles industriels et économiques et de leurs liens avec les systèmes naturels fondamentaux, physique, chimique et biologique, explique l'un des pères de cette nouvelle science, Brad Allenby, vice-président d'AT & T, le géant américain des télécommunications (1). Cela comprend les recherches concernant la production d'énergie et son utilisation, les nouveaux matériaux, les nouvelles technologies, les sciences fondamentales, les sciences économiques, le droit, le management, l'anthropologie et les sciences humaines. »

Selon Brad Allenby, cette nouvelle discipline, qui pourrait aussi s'appeler la "science de la durabilité", doit fournir les bases scientifi-

(1) Brad Allenby est l'auteur d'*Industrial Ecology*, publié par Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

Solvants CONSIGNÉS

La société allemande Safechem vend du solvant chloré en pot consigné. Elle récupère le solvant qui n'a pas été utilisé pour le recycler. Elle évite ainsi le rejet d'un produit toxique dans la nature.



Insecticide NON TOXIQUE

Un nouvel insecticide fait fureur aux Etats-Unis : des sticks de bois, placés autour de la maison et enduits de phéromones (messagers chimiques sexuels des insectes), attirent les termites. Il n'est plus nécessaire de pulvériser un produit toxique sur les poutres de la maison.

ques théoriques qui permettront de construire une économie globale épargnant l'environnement. Aujourd'hui, ce secteur est pratiquement en friche. Les analyses de cycle de vie (ACV), qui étudient la vie d'un objet industriel de l'extraction de la matière première à la fin de son utilisation, sont encore

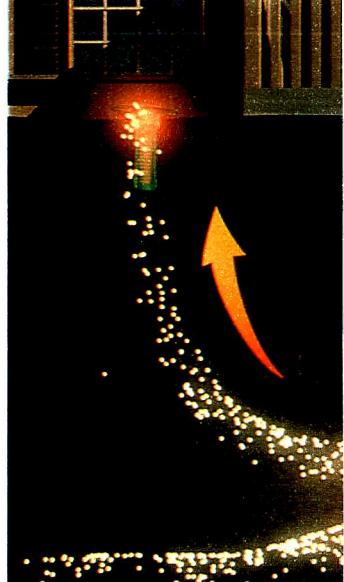
embryonnaires. Les données permettant aux industriels d'optimiser leurs choix sont soit partielles, soit inexistantes.

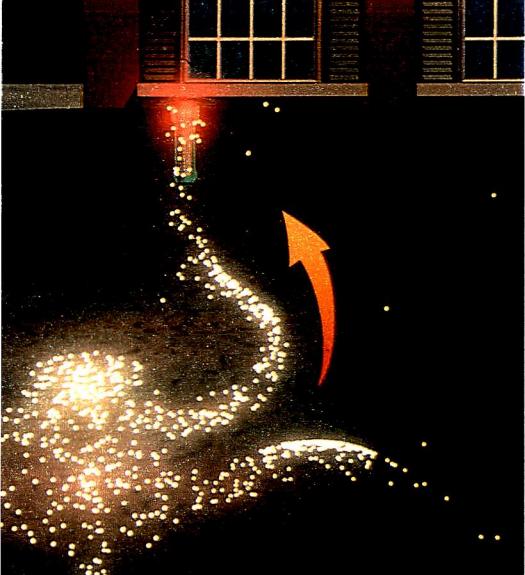
« Si, demain, je demande qu'on élabore un téléphone parfaitement respectueux de l'environnement, tout le monde sera d'accord, explique Allenby. Mais personne ne saura comment faire, car les données favorisant le choix de tel ou tel plastique, les problèmes de transport de la matière première et de l'objet manufacturé, l'efficacité de la chaîne de production, rien n'a jamais été étudié avec des lunettes environnementalistes. »

Pour entreprendre sa croisade, Brad Allenby s'est vu octroyer par l'administration américaine 250 millions de dollars afin de développer le futur programme fédéral sur l'énergie et l'environnement.

UN MOYEN D'ÉLIMINER LA CONCURRENCE

Chez Dow Chemical en tout cas, l'écoécologie industrielle est en marche. Les notions de production chimique et de préservation de l'environnement ne sont plus antinomiques. A preuve, affirme David Buzzelli, « je suis vice-président de la commission fédérale du développement





DOW

durable et, à ce titre, j'ai des relations très amicales avec Jonathan Larsh, qui représente les défenseurs de l'environnement ».

Cette position l'autorise à expliquer inlassablement que l'industrie doit en finir avec l'idée qu'il faut produire toujours plus : « Ce n'est pas parce que votre production augmente que les bénéfices que vous reversez à vos actionnaires vont croître. Tous les ans, les gaspillages tout au long de la chaîne de fabrication nous font perdre 50 millions de dollars et nous n'ignorons pas que nos rejets dans l'atmosphère et dans l'eau nous coûteront de plus en plus cher en dépollution et en impôts. Aussi, d'ici à 2005, avons-nous pour objectif de réduire de 75 % nos émissions dans l'air et dans l'eau, et de 50 % nos pollutions chimiques. Nous devrons également économiser 20 % de l'énergie nécessaire à la fabrication de tous nos produits. » L'opération est rentable. Le retour sur investissement de ce programme va être extrêmement rapide. Les actionnaires devraient être contents.

Dow Chemical est l'entreprise qui tient le discours le plus volontariste. Ces idées sont plus timide-

ment soutenues par ses concurrents tels qu'Amoco. Les grandes de la chimie ont pourtant signé, au Canada, en 1987, un code de déontologie environnementale, le "Responsible Care". Dix ans plus tard, les progrès sont insuffisants, au point que les Etats membres de l'ONU s'en sont mêlés. Le 24 janvier dernier, la division

environnement de la commission économique des Nations unies pour l'Europe (CEE-ONU) a établi une liste de quinze polluants organiques persistants (POP) – substances chimiques qui s'accumulent dans les organismes biologiques – dont il conviendrait d'interdire l'utilisation.

Cette liste a été adoptée le 7 février suivant par le conseil d'administration du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE). On y retrouve les polychlorés (PCB), les dioxines et les furanes, ainsi que des pesticides très utilisés comme l'aldrine, le

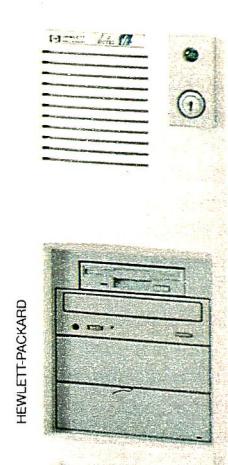
chlordanne, le chlordecone (Kepone), le mirex ou le toxaphène. L'interdiction sera effective en 1998. Commentaire de David Buzelli : « Ce sera dur, notamment pour les dioxines et les furanes, mais nous nous conformerons à la directive ». Dow Chemical entend aussi in-

« CHAQUE ANNÉE, NOUS GASPILLONS 50 MILLIONS DE DOLLARS »

tervenir sur l'utilisation de ses produits, donc sur les mœurs du consommateur. Il s'agit de lutter contre le gaspillage et de favoriser le recyclage en fin de vie de produits extrêmement toxiques. L'idée est de vendre non pas des kilos de matière, mais un service. La firme met en avant deux produits emblématiques de cette nouvelle philoso- ■■■

Ordinateurs RECYCLABLES

Les ordinateurs sont aisément démontables et recyclables. Le Vectra, de Hewlett-Packard, se démonte en quatre minutes et s'ouvre grâce à quatre vis.



HEWLETT-PACKARD

phie. Le Sentricon, d'abord, vient d'arriver sur le marché des insecticides spécialisés contre les termites. Aux Etats-Unis seulement, ce secteur représente une dépense annuelle de 8 milliards de dollars.

Grâce au Sentricon, Dow Chemical veut rompre avec l'habitude de pulvériser un produit chimique sur toutes les boiseries de la maison. Méthode nocive pour les poumons de l'utilisateur et des habitants, elle emploie beaucoup plus de produit qu'il n'en faut et favorise la dispersion de molécules dans l'atmosphère. Dow Chemical propose des sticks de bois enduits d'in-

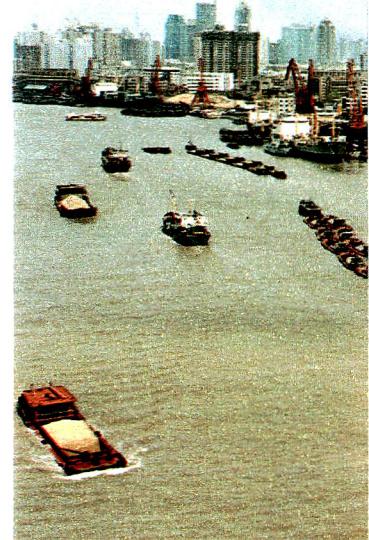
Dow Chemical n'est pas la seule société à tenter de rationaliser ses coûts et ses processus de fabrication. Les ordinateurs Vectra de Hewlett-Packard sont aisément recyclables : ils se démontent en moins de quatre minutes. D'une génération d'ordinateur à l'autre, le nombre de pièces est passé de 1650 à 350, le poids a diminué de 6 kg et Vectra s'ouvre grâce à quatre vis...

De son côté, Intel, numéro un mondial des microprocesseurs, a réduit de moitié sa production de déchets et s'interdit d'employer des substances nocives pour la couche d'ozone. La nouvelle génération des téléviseurs Sony consomme 60 % d'électricité de moins et nécessite 9 % d'énergie de moins pour son assemblage. Ses peintures sont dépourvues de solvant.

Dans un mouvement qui s'accélère, les Américains ont pris une longueur d'avance. Un peu par respect de l'environnement, beaucoup pour des raisons de conquête des marchés. L'"éco-efficacité" est un bon argument de vente. C'est aussi un moyen d'éliminer la concurrence. Les normes environnementales actuelles, et surtout à venir, nécessitent d'énormes investissements. Si les industriels américains font montre de bonne volonté, c'est que, dans les années 80, au cœur du libéralisme reaganien pur et dur, la réglementation s'est sensiblement renforcée tant en matière de déchets que d'eau et d'air.

MULTINATIONALES "ÉCO-CERTIFIÉES"

Les investissements ayant été effectués, il reste à imposer ces normes de rejet au reste du monde. Les Etats-Unis savent pertinemment qu'elles peuvent constituer un moyen de gagner des marchés à l'étranger. « Nous sommes tenus d'aider les sociétés américaines à accroître leur suprématie sur le marché des technologies environnementales. C'est un marché de



400 milliards de dollars », a déclaré, en novembre 1996, l'ancien secrétaire d'Etat Warren Christopher devant les étudiants de l'université Stanford, à Palo Alto (Californie).

L'avertissement a été entendu par les Japonais et les Coréens. Depuis le milieu des années 90, les grands groupes du Sud-Est asiatique se sont lancés dans les analyses de cycle de vie. Leurs motivations sont, là aussi, plus économiques que strictement environnementales. Les consommateurs changent. Et, demain, les multinationales devront être "éco-certifiées" pour pouvoir répondre aux appels d'offre internationaux. Pour rester dans la course, il faut donc en passer par les critères environnementaux. Les plus attardés sont les Européens. A tort. « La révolution de l'éco-efficacité se joue maintenant, dit Jean-François Bensahel, président d'Ecobilan, une entreprise spécialisée dans les ACV. Ceux qui regarderont le train passer pendant les trois ou quatre prochaines années perdront. »

Les industriels américains n'ont donc pas attendu les politiques. Da-

LES AMÉRICAINS ONT PRIS DE L'AVANCE POUR CONQUÉRIR LES MARCHÉS

secticides et de phéromones – les messages chimiques sexuels des insectes. On enterre ces bâtonnets aux endroits stratégiques sur le pourtour de la maison afin d'y attirer les termites. Procédé plus simple et plus efficace que la pulvérisation, qui, selon le produit, demande dix mille fois plus d'insecticide. Sentricon commence à faire un malheur aux Etats-Unis.

En Allemagne, Safechem, filiale de Dow Chemical, tente de remettre la consigne au goût du jour avec le Safe-Tainer, un système de livraison en boucle fermée. Il consiste à vendre en leasing du solvant chloré, commercialisé en pots consignés, ce qui contraint l'acheteur à rendre au négociant le volume de solvant qu'il n'a pas utilisé. Safechem récupère ainsi un produit qu'elle peut revendre et contrôle les rejets dans la nature. Le consommateur, lui, n'est plus encombré d'un pot à moitié vide qui traîne inutilement dans son garage.



L'INCONNUE

Quel sera le coût écologique du décollage économique des pays "émergents" (ici, le port de Shanghai) ? Le processus adopté autrefois par les pays développés semble périlleux pour des nations plus peuplées et moins riches en matières premières.

tée et gourmande en énergie, puis industrie manufacturière incluant la recherche des valeurs ajoutées, amélioration des techniques, enfin production de haute technologie.

Selon le second scénario, celui du leapfrog, les pays pauvres s'affranchiront de ces étapes pour atteindre directement le niveau technique de production des Etats développés, grâce à un transfert massif de technologies propres.

Les conséquences du premier scénario sont incalculables. En moins d'une décennie, le décollage de l'Afrique, de l'Amérique du Sud et d'une partie du Sud-Est asiatique épouserait les réserves pétrolières de la planète. Devant les étudiants de Stanford, Warren Christopher a lancé cet avertissement : « Avec 22 % de la population mondiale, la Chine ne dispose que de 7 % de l'eau potable, 3 % des terres arables, 3 % des forêts et 2 % des réserves pétrolières. La combinaison de la rapide croissance économique chinoise et de l'accroissement de la population va constituer une pression environnementale énorme. »

Brad Allenby est plus optimiste : « Le leapfrog est inévitable. Si les pays en développement choisissent des structures peu respectueuses de l'environnement, ils en paieront longtemps le prix. S'ils optent pour des technologies efficaces, ils peuvent gagner en compétitivité face à des pays dont les infrastructures sont plus anciennes ». Le premier terrain d'application de l'écologie industrielle est en place. C'est un champ de bataille.

vid Buzzelli raconte volontiers que les usines de Dow Chemical situées en Thaïlande sont les plus propres de la multinationale, « parce qu'il faut montrer l'exemple partout, même dans les pays en voie de développement ». Plus prosaïquement, Dow Chemical a réussi à convaincre le gouvernement thaï d'aligner la réglementation locale sur ses propres critères de production. La concurrence a dû s'adapter ou mourir...

Comme les pays en voie de développement craignent de voir leur secteur industriel naissant laminé par de nouveaux règlements contraignants, ils reculent à s'engager plus avant dans la lutte contre l'effet de serre engagée au Sommet de la Terre de Rio. Ainsi, le secteur privé égyptien, en plein décollage, redoute comme la peste les règles environnementales européennes, qui risqueraient de l'empêcher d'exporter. Car ces PME sont incapables de produire selon les critères européens.

Les règlements de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) ne les rassurent pas. Un gouverne-

ment ne peut empêcher l'entrée sur son territoire d'une marchandise similaire à celle qui est fabriquée dans le pays. Mais les normes environnementales constituent une entorse à ce principe. Un pays peut interdire l'entrée de citrons traités par un pesticide que prohibe la réglementation intérieure.

"SAUT DE GRENOUILLE"

Cet embryon de guerre commerciale Nord-Sud est le point le plus sensible qu'examinent les tenants de l'écologie industrielle. Alors que cette discipline a pour objet d'étudier le long terme (la "durabilité"), sa naissance est marquée par une situation d'urgence que les Américains ont baptisée "leapfrog" (saut de grenouille). Comment va s'opérer le décollage industriel des pays du Sud ?

Deux scénarios s'opposent. D'après le premier, ces nations, où vivent les deux tiers de l'humanité, vont nécessairement emprunter aux pays du Nord leur processus de développement, pour les rejoindre au bout de quelques décennies : industrie lourde à faible valeur ajoutée et gourmande en énergie, puis industrie manufacturière incluant la recherche des valeurs ajoutées, amélioration des techniques, enfin production de haute technologie.

Quelle place pour L'HOMME dans L'

Interrogé en septembre dernier sur la politique spatiale, le ministre de l'Enseignement et de la Recherche, Claude Allègre, n'a pas fait dans la dentelle. Pour lui, les vols habités «sont une fausse route. [...] Les Américains essaient de nous amarrer à la station internationale. [...] Pourquoi Ariane 5 ne lancerait-elle pas une sonde vers Mars ?»

Encore cette analyse du ministre se situe-t-elle nettement en retrait des fracassantes déclarations du scientifique, en février 1996. Claude Allègre qualifiait alors les vols habités de «manèges absurdes dont on ne perçoit ni l'intérêt scientifique ni l'intérêt humain». Quant à la participation de l'Europe à la future station internationale *Alpha*, dont le budget actuel s'élève à 90 milliards de francs, il la jugeait ainsi : «Fasci-

SUCCÈS automatique

Le succès scientifique et médiatique de la mission du robot Sojourner sur Mars conforte les partisans des engins automatiques pour l'exploration spatiale.

■ **Vols habités ou vols automatiques ? La controverse fait rage depuis les débuts de l'ère spatiale. Mais, aujourd'hui, les restrictions budgétaires imposent à la France et à l'Allemagne de choisir l'intérêt scientifique plutôt que le prestige.**

PAR GERMAIN CHAMBOST

née par l'Amérique, même dans la stupidité, l'Europe emboîte le pas.»

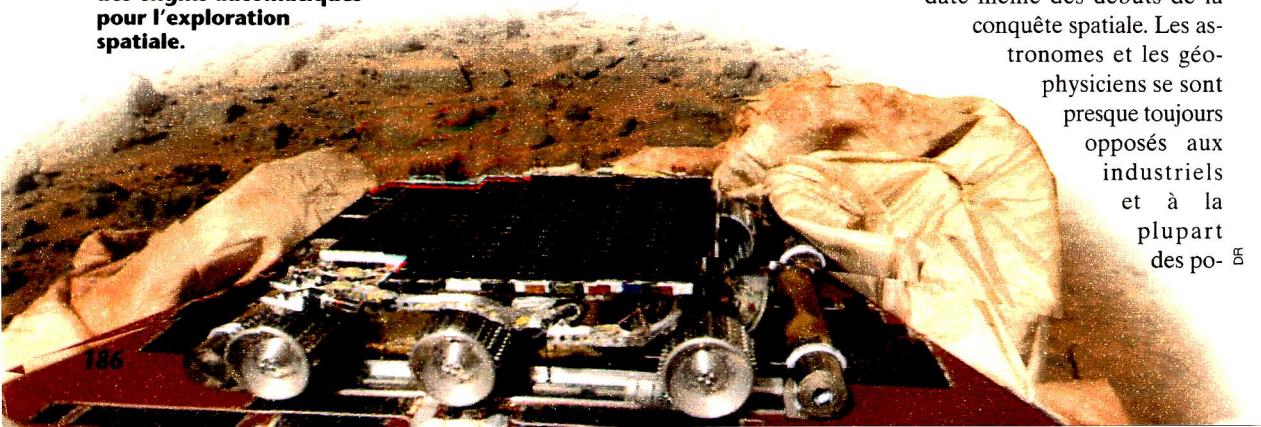
La prise de position rejoue celle d'André Lebeau, ancien président du Centre national d'études spatiales (CNES), qui considérait naguère que l'engagement français (et européen) dans la station *Alpha* était une erreur. Désavoué par les pouvoirs publics, Lebeau avait rendu son tablier.

L'opinion d'Allègre est également partagée par un grand nombre de scientifiques – pour ne pas dire leur quasi-totalité – qui déplorent le gâchis financier des vols habités. «Je rejoins le point de vue de Claude Allègre», déclare ainsi Hubert Curien, ancien ministre de la Recherche, «même si cela ne

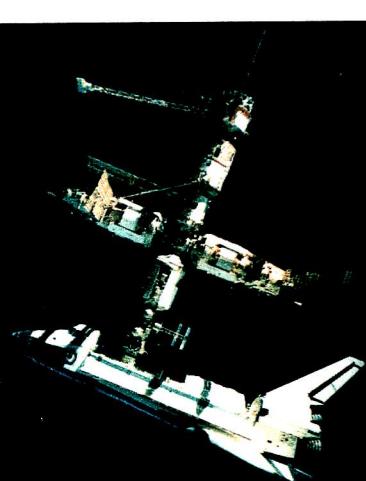
m'empêche pas d'admirer Jean-Loup Chrétien et Claudie André-Deshays, nos spationautes. Ce ne sont pas eux qui sont en cause. Mais il faut faire des choix budgétaires. Et les perspectives qu'offre la robotique spatiale – par exemple, l'envoi d'une sonde automatique vers Mars – sont autrement attrayantes, en termes scientifiques, que des séjours en orbite. L'argent investi sera bien mieux employé, et les retombées, d'une tout autre ampleur.»

SCIENTIFIQUES CONTRE POLITIQUES

Entre les vols habités autour de la Terre et l'envoi de robots vers Mars, il donc faut choisir. On dira que le débat n'est pas nouveau, qu'il date même des débuts de la conquête spatiale. Les astronomes et les géophysiciens se sont presque toujours opposés aux industriels et à la plupart des po-



ESPACE ?



DR

litiques. Ils considèrent que les budgets de la recherche, dont ils déplorent quasi rituellement le trop modeste niveau, seraient bien mieux employés à l'exploration automatique de l'espace.

Pour les industriels, le séjour de l'homme en orbite impose, pour garantir sa sécurité, des critères technologiques qui sont générateurs de progrès pour l'ensemble de l'industrie. Les tenants de la présence de l'homme dans l'espace la justifient aussi par ses capacités d'adaptation, d'improvisation et d'observation, qui le rendent apte à pallier les éventuelles défaillances du système. Quant aux politiques, ils mettent en avant le prestige national et son effet sur les contribuables, bailleurs de fonds des entreprises spatiales.

Le succès de la sonde automatique américaine *Mars Pathfinder* et de son robot *So-*

AFP PHOTO NASA



Séjour GRATUIT

La NASA accueille gratuitement les astronautes européens à bord de ses navettes (le Français Jean-Loup Chrétien a ainsi participé à la rencontre d'Atlantis avec la station Mir, en septembre dernier – à gauche). Volonté de coopération ou... manœuvre de diversion ?

■ ■ ■ **jouner** (budget total, lancement compris : 1 milliard de francs) semble conforter les scientifiques. Il bat en brèche l'un des arguments des industriels et des politiques. Car les images de l'exploration du sol martien, retransmises par la télévision et sur Internet, ont ravi les spectateurs du monde entier, à commencer par les Américains.

Alors que, simultanément, les problèmes de la station *Mir*, dans laquelle les cosmonautes jouaient le rôle pathétique de dépanneurs improvisés, jouaient en défaveur des vols habités.

C'est au nom de la rationalité budgétaire que Claude Allègre réclame une réorientation radicale de la politique spatiale française. Celle-ci doit être « pilotée par des objectifs économiques ou scientifiques clairs, et non par la seule technologie ». Pour enfacer davantage le clou, il ajoute : « On ne peut laisser des petits comités décider seuls [...] », ce n'est pas aux industriels de décider ce qui est bon pour l'espace. »

Comme dans d'autres secteurs – par exemple, la défense –, il fut un temps où, l'argent coulant abon-

compte. Le prestige national pri- mait souvent l'utilité réelle. Ces temps sont révolus.

Aux yeux de Claude Allègre, la présence de l'homme en orbite n'est pas une priorité. Notamment celle d'astronautes français et européens

spatiale, « c'est d'abord la France et, après, les autres ».

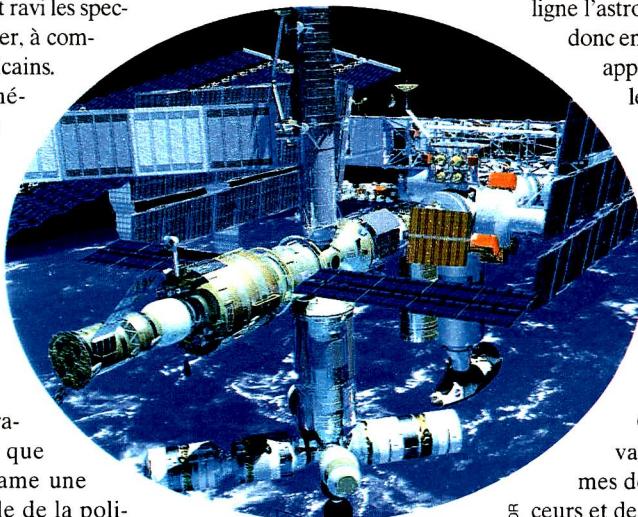
Les vols effectués à bord de la navette spatiale américaine par des astronautes européens, comme Jean-Loup Chrétien il y a deux mois (vols que la NASA ne facture pas, souligne l'astronaute français), seraient donc en quelque sorte destinés à appâter les Européens, pour les impliquer dans un programme de vols habi-

tés (1). Et, si l'on en croit Claude Allègre, les neutraliser, les empêcher de mettre sur pied, ensemble, des missions vers Mars ou Vénus semblables à celles des Américains.

Ou d'entreprendre de vastes et juteux programmes de mise en orbite de lanceurs et de satellites commerciaux, notamment grâce à Ariane 5.

Peut-être la véhémence des arguments de Claude Allègre vise-t-elle à modifier la position de la France vis-à-vis de ses partenaires européens et des Etats-Unis. Le ministre rappelle que le CNES verse chaque année 5 milliards de francs à l'Agence spatiale européenne, soit le tiers du budget total de celle-ci, mais que, lors des décisions, notre pays ne dispose que d'une voix sur vingt. Et il en va pratiquement de même pour l'Allemagne et l'Italie, autres gros contributeurs.

Quant aux Américains, pourquoi n'accepteraient-ils pas que l'Europe participe autrement que de manière symbolique aux prestigieuses missions automatiques vers telle ou telle planète ? Une sonde martienne internationale décollant de Kourou au sommet d'une fusée Ariane 5 rassérénerait à coup sûr le bouillant ministre... ■



Le PIÈGE Alpha

Pour le ministre français de la Recherche, la contribution des Européens à la future station internationale Alpha risque de les empêcher de développer leurs propres programmes. Ce serait précisément l'objectif des Américains...

à bord d'*Alpha*. La contribution française à la station internationale (le programme entrera dans sa phase active à partir de 1999) s'élève à 400 millions de francs par an, soit 27 % de l'effort européen total pour construire *Alpha*. Dans quel but ? Pour y jouer un rôle très secondaire, estime le ministre : les Américains « nous laissent placer quelques boulons dans leur future station ». Ce qu'il juge intolérable.

Il va même plus loin : il accuse les Américains de nous avoir embarqués dans ce programme uniquement pour empêcher « la France et l'Europe de développer leur propre stratégie ». Surtout la France, car, dit-il, quand on parle de l'Europe

(1) Les séjours à bord de la station russe *Mir*, eux, sont payants. La mission de deux semaines de Claudie André-Deshays a ainsi coûté au CNES 74 millions de francs.

LES PASSAGERS DE MIR, PATHÉTIQUES DÉPANNEURS IMPROVISÉS

damment, on pouvait mener de front plusieurs programmes sans trop se préoccuper de leur finalité opérationnelle. Avionneurs, motocyclistes, missiliers, équipementiers, chantiers navals, ateliers d'armement terrestre y trouvaient leur

Aujourd'hui
en profitant de notre offre
exceptionnelle d'abonnement...

...faites
vous aussi partie des
4 millions de lecteurs
de
SCIENCE & VIE

12 numéros
mensuels

**226
francs**
seulement

PHOTO HALSMAN/AFP



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

Oui Je m'abonne à SCIENCE & VIE
pour 1 an soit 12 mensuels.

Je règle la somme de **226 francs*** seulement.

Nom _____
Prénom _____
Adresse _____
Code postal _____
Ville _____

Je choisis de régler par :

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

N° _____

expire à fin _____ mois _____ année _____

Date et signature obligatoires

* Au lieu de 276 francs
prix normal de vente
des magazines chez
votre marchand de journaux

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1997 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE METROPOLITaine.

Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 17
ou Minitel : tapez 36 15 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 pourrez 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.

RC PARIS B 572 134 773

SV 963

FUTURS

C'EST DÉJÀ DEMAIN!

par Leïla Haddad



Le meilleur des mondes

Economies florissantes, maladies vaincues, environnement propre... Vers 2010-2020, les Terriens seront heureux. Peut-être.

Dévoilé par la revue américaine *Wired*, le scénario des prochaines années laisse pantois. Rompt avec la morosité ambiante, ses auteurs, Peter Schwartz et Peter Layden, y font preuve d'un bel optimisme. Du moins, en ce qui concerne le monde occidental – et tous ceux qui suivront le modèle américain en général.

Nouvelles technologies (Internet, biotechnolo-

gies, etc.) et capitalisme débridé sont les deux mamelles du bonheur à venir. Grâce à ce cocktail détonnant, le bon élève Chine aura en 2020 la première économie du monde, à égalité avec les Etats-Unis – certes moins riches mais technologiquement plus avancés.

Le monde sera prospère, hormis quelques zones comme le Moyen-Orient, privé de sa manne pétrolière pour

cause d'énergies propres et qui tombera entre des mains obscurantistes. Quant à l'Afrique, nos visionnaires *made in USA* lui règleront cruellement son compte : 5 millions de morts en moins de six mois dans un conflit ethnique en 2015 (bilan alourdi par l'introduction des armes biologiques et par l'apparition d'une nouvelle épidémie)...

Sur Internet, le montant des transactions com-

merciales atteindra 10 milliards de dollars en 2000. En 2005, 20 % des Américains commanderont leur épicerie via le réseau.

Les biotechnologies seront reines : en 2007, la plupart des produits agroalimentaires américains seront fabriqués par génie génétique.

En 2005, on réussira à modifier les organes des animaux pour les besoins des greffes humaines. En 2012, les cancers seront soignés par thérapie génique et, cinq ans plus tard, ces techniques permettront d'éviter un tiers des maladies génétiques.

Les nanotechnologies triompheront vers 2015, et, dès 2018, de petites machines pénétreront dans nos corps pour réparer nos cellules.

Les voitures commenceront à abandonner l'essence en 2005, au profit d'un compromis entre le gaz naturel et l'électricité, en attendant les moteurs à hydrogène, prévus aux alentours de 2010. Et, bien entendu, l'homme (américain?) ira sur Mars en 2020.

Faut-il croire à ces lendemains qui chantent ? Les futurologues se sont si souvent trompés...

Cyber hôtel

● Le Century Plaza Hotel de Los Angeles teste les chambres du futur. Leur prototype, la "Cyber Suite", est équipé d'un système de vidéoconférence. Un robot reconnaît la voix du client, qui lui ordonne d'ouvrir les rideaux, d'allumer les lampes ou la télévision, etc. Il suffit d'enfiler le casque connecté à un écran plat pour entrer dans les univers virtuels de jeux vidéo, et le monde entier est à portée de voix grâce à un téléphone cellulaire. La Cyber Suite est encore réservée aux businessmen fortunés...

ESPACE

Et si Mir nous tombait sur la tête ?

En l'an 2000, la station Mir sera désintégrée dans l'espace... sans risque pour les Terriens.

A en croire l'enquête de la revue *Ciel et Espace* (septembre 1997), il n'y a aucun risque que Mir, la station orbitale russe, tombe brutalement sur notre planète. Les ingénieurs de Moscou ont

calculé leur coup au millimètre près : dans son retour vers la Terre, Mir sera ralentie, et sa trajectoire, soigneusement orientée vers les eaux du

Pacifique sud. L'an 2000 sonnera le glas de la vieille chose désormais insalubre : 95 % de ses 115 tonnes finiront désintégrées dans l'espace.

TRANSPORTS AÉRIENS

LES RUSSES OUVENT LEUR CIEL

■ Jusqu'à preuve du contraire, le plus court chemin reste la ligne droite. Les Russes ont donc proposé à l'Organisation internationale de l'aviation civile de nouvelles vols aériennes reliant les Etats-Unis à l'Asie en passant au-dessus du pôle Nord et de la Sibérie.

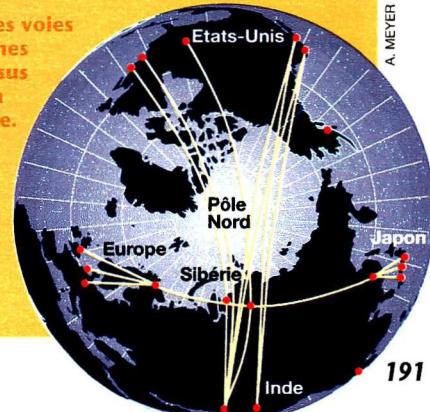
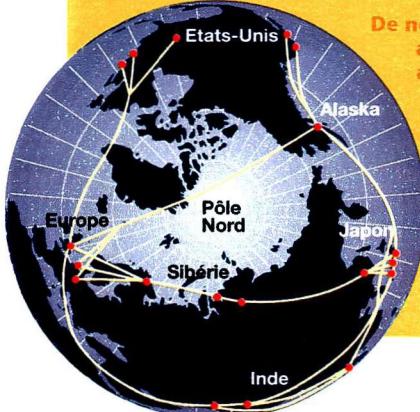
VOIES EXISTANTES

Actuellement, pour se rendre de Karachi ou de Delhi (Inde) à Washington, les avions font un large détour par l'Europe. Idem à l'Est, où une escale au Japon est nécessaire avant de rallier Los Angeles. L'offre de Moscou permettrait de gagner trois heures sur ces trajets.

NOUVELLES VOIES

De nouvelles voies aériennes au-dessus de la Sibérie.

A. MEYER



JAPON

Le pays du soleil couchant?

C. BOISVIEUX



En 2020, un quart des Japonais aura plus de 60 ans.

Un Japonais sur six est aujourd'hui âgé de plus de 65 ans. En 2020, un habitant de l'archipel sur quatre aura plus de 60 ans, et le Japon sera le pays le plus vieux de la planète. Un travailleur devra débourser plus de 6 millions de yens par an (environ 300 000 F) en impôts divers et en charges

sociales pour financer la retraite des anciens.

Les gros bas de laine japonais vont fondre comme neige au soleil, ce qui entraînera pour le pays une baisse des investissements et un taux de croissance bien plus faible.

Pour autant, les Japonais

n'envisagent pas de travailler davantage. D'après une enquête du géant de la publicité Dentsu, le mythe du Japonais travailleur forcené a du plomb dans l'aile. Le nombre d'heures laborieuses s'est réduit de 10 % en huit ans : un Japonais travaille en moyenne 1900 heures par an, au lieu de 2100 en 1989 (l'Européen n'en fait que 1600).

Pour ne pas être accusés d'avoir mauvais esprit, les Nipppons continuent à ne pas prendre la totalité de leurs vacances – seulement la moitié des vingt jours consécutifs auxquels ils ont droit. Mais 83 % d'entre eux aimeraient avoir plus de temps libre. ■

Le travail et l'avenir des femmes

● Les femmes sont de plus en plus nombreuses à travailler. En 2000, la France comptera 11,5 millions de travailleuses, au lieu de 6,5 millions en 1960. A priori, c'est une bonne nouvelle, surtout en ces temps de crise. Malheureusement, il y a aussi plus de chômeuses que de chômeurs. Les femmes ne représentent que 45 % des actifs, mais 51 % des chômeurs sont des femmes...

D'après l'INSEE, alors que le taux global de chômage est de 12,1 % de la population active, le taux féminin est de 14,2 %, contre 10,4 % chez les hommes. Le sort des jeunes femmes de 18 à 25 ans est plutôt morose : 32 % d'entre elles cherchent un travail, tandis que les jeunes hommes sont 22 % dans ce cas. Sachant que 85 % des tâches à temps partiel sont remplies par des femmes, leur avenir n'est guère souriant...

MODE

ÇA NE FAIT PAS UN PLI...

■ 100 % coton mais garantie infroissable : serait-ce la chemise du futur que la marque Pierre Clarence lance sur le marché ? Sachant que 18 millions de foyers français totalisent 1 milliard d'heures de repassage, l'idée n'est pas mauvaise. Cette chemise, qui a subi un rigoureux prétraitement (plusieurs bains dans de

la résine synthétique, soins particuliers apportés au fil pour éviter le gondolage aux poignets...), est censée sortir de la machine à laver dans un état impeccable.

Pur coton, mais sans repassage !



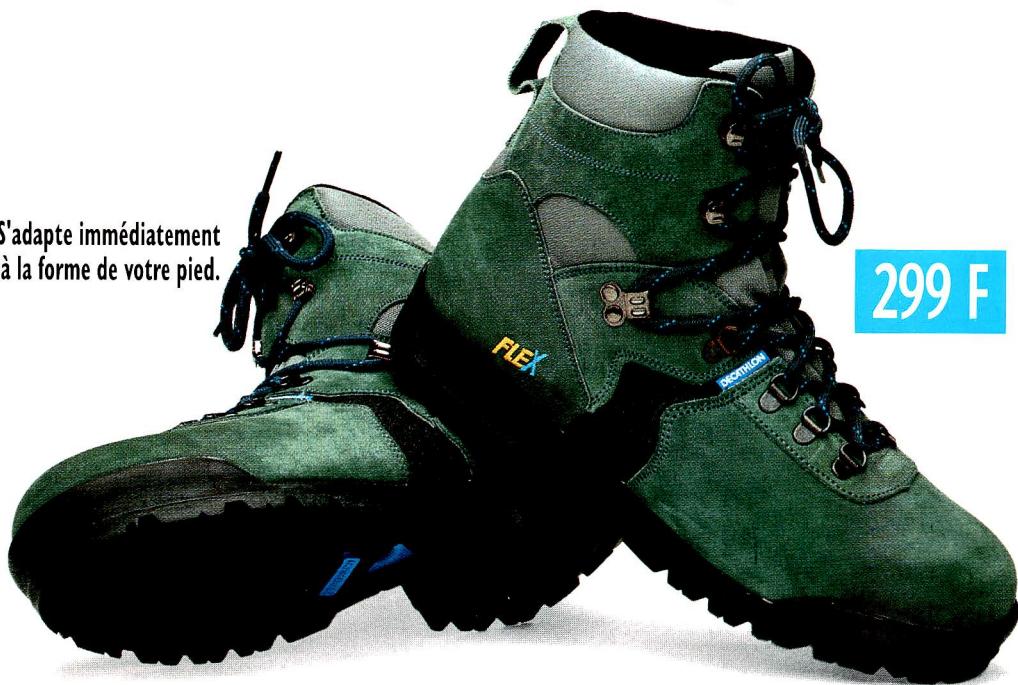
3615
SCV

Abonnez-vous sur minitel !
(mot clé ABON, puis ENVOI).

Chaussure Décathlon Maya Flex

S'adapte immédiatement
à la forme de votre pied.

299 F



Du côté de Teno Alto (Canaries).

Usage : Balade fréquente à la journée sur terrain peu accidenté.

Confort : Le système Flex vous apporte un confort exceptionnel.

La chaussure s'adapte automatiquement à la forme de votre pied en mouvement (fruit de la recherche Décathlon très poussée en laboratoire sur les mouvements du pied).

Les échauffements entre votre pied et la chaussure sont supprimés.

Le chaussage est facilité par l'ouverture très large de la languette à soufflet.

Le rembourrage du haut de tige et de la languette est

recouvert d'un tissu en tricot polyester bouclette doublé d'une mousse polyuréthane pour un confort optimal des maléoles et du coup de pied.

Sécurité : La semelle monobloc caoutchouc et le pivot Flex en Hytrell® et polyuréthane haute résistance garantissent solidité et fiabilité au système Flex. Sur cette chaussure, tout est conçu pour offrir une excellente protection :

- Bas de tige tout cuir + soufflets extensibles renforcés Kevlar®.
- Bout renforcé à l'avant du pied contre les pierres.
- Tige montante et système de lacage mixte (anneaux + crochets autobloquants) permettant un parfait ajustage et donc un bon maintien de vos chevilles.



Fiche technique :

- Qualité : Croute de cuir vachette et polyester 600 deniers. Semelle caoutchouc haute résistance.
- Poids : homme : 1210 g en 41.
Lady : 1090 g en 37.
Junior : 780 g en 31.

- Coloris : homme : vert de gris.
Lady : plutonium. Junior : plutonium/rouge babord.
- Pointure : homme : 39 au 47.
Lady : 36 au 42. Junior : 30 au 38.
- Prix : adulte : 299 F. Junior : 249 F.
- Garantie : 1 an en usage normal.

Attention : Non conçue pour la randonnée sur terrains très accidentés. Cette chaussure n'est pas imperméable. Possibilité d'utiliser une bombe imperméabilisante pour lui apporter une protection supplémentaire.

Entre Marcheurs on se comprend. Comme vous, nous avons la même exigence et la même recherche du produit technique. C'est pourquoi plus de cent ingénieurs de Décathlon Production travaillent afin de concevoir et produire les meilleurs articles au meilleur rapport qualité prix.

FLEX
DECATHLON
A FOND LA FORME

A PARTIR DU 27 NOVEMBRE 1997

Plongez dans la 3^{ème} dimension



EIDOS
INTERACTIVE

ACERENTRA 200 MHz
avec technologie MMX™

7990 F
400 F/mois*

LE MULTIMEDIA'PACK®
OFFERT :

Détail de l'offre
en magasin.



LEXMARK



Microprocesseur : AMD K6 200 Mhz avec technologie MMX™ -
Mémoire vive : 16 Mo - Lecteur CD-ROM : 16X - Disque dur : 2 Go
Carte vidéo : ATI Rage 3D 2 Mo - Ecran : 15"
MMX est une marque d'INTEL CORPORATION

FRAIBRZ

*Avec la carte Pass. Exemple : pour un achat de 7990 F :
23 mensualités de 400 F + 1 dernière de 37,88 F.
Coût total du crédit (hors assurance facultative) :
9237,88 F - TEG : 1,24% / mois soit 14,88% l'an.

Abonnement annuel : 35 F en paiement comptant immédiat et
65 F en paiement comptant différé (sous réserve d'acceptation
du dossier par S2P). Rendez-vous à l'Espace Services Financiers
de votre magasin.

2000 micro-ordinateurs disponibles.
Garantie sur site et assistance téléphonique
7 jours/7 de 9 h à 22 h pendant 1 an.
Adresses, plan d'accès et services des magasins.
Tapez 3615 Carrefour (1,29 F la minute).

Avec Carrefour
je positive!