

SCIENCE & VIE

LE CHAOS NOUS FAIT NAITRE

EXTRATERRESTRE

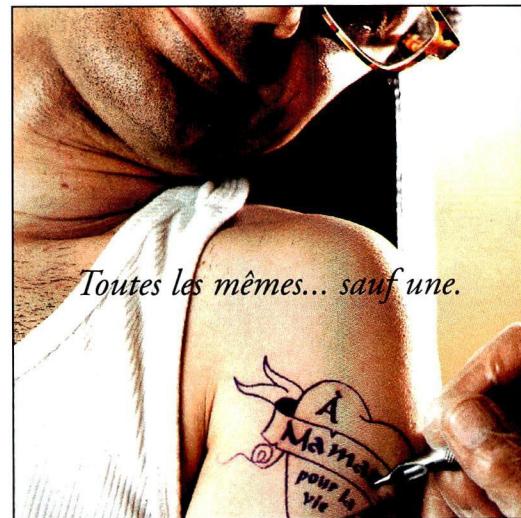
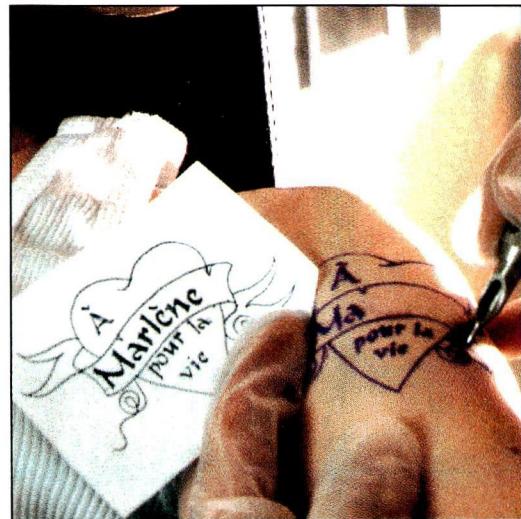
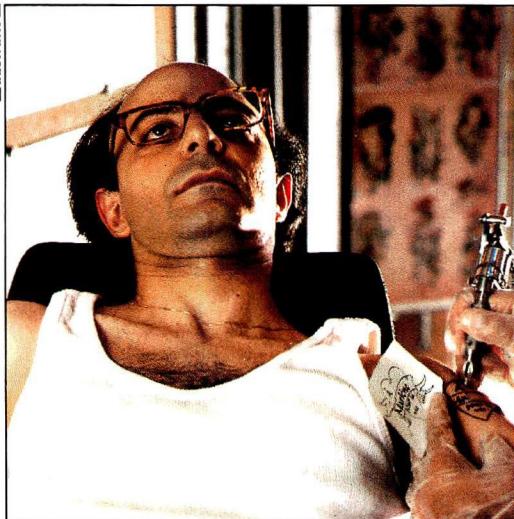


**L'imposture
du film
de Roswell**

NOUVEAU
**Les consoles
de jeu
en trois
dimensions**

T 2578 - 938 - 23,00 F





Tam Tam est un petit récepteur qui vous permet de recevoir de vrais messages écrits à tout moment. Pour cela, vous n'avez aucun abonnement à payer. Vous êtes définitivement libre comme l'air et vos proches peuvent vous joindre facilement et instantanément, 24h sur 24, par téléphone ou Minitel et bientôt à partir d'un micro-ordinateur. Tam Tam est un service d'avenir. Il est disponible aujourd'hui en Région



parisienne et dans les Régions Nord-Normandie, Centre-Est et Méditerranée. Il le sera très prochainement dans les Régions Est et Sud-Ouest. Puis il s'étendra progressivement à l'ensemble de l'hexagone. Tam Tam vous offre en plus son tout nouveau service, en exclusivité et en direct de l'AFP : 3 flashes d'information par jour, et des scoops en temps réel. Tam Tam est un service de TDR (groupe Générale des Eaux).

LE PREMIER MESSAGER DE POCHE SANS ABONNEMENT

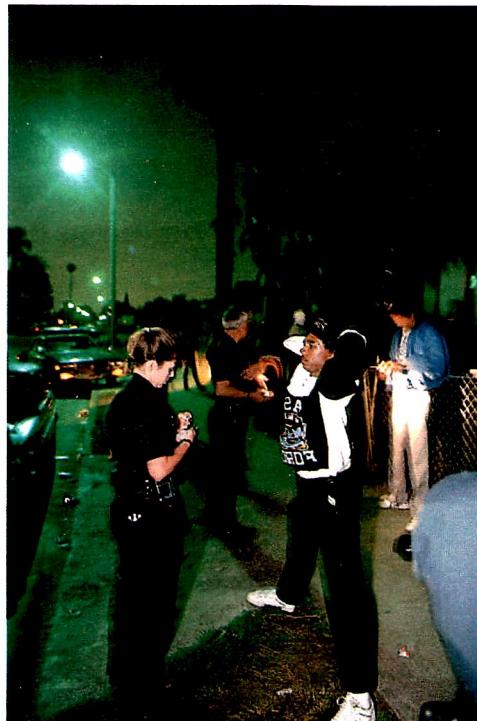
POUR EN SAVOIR PLUS ET CONNAITRE LES POINTS DE VENTE, CONTACTEZ INFO TAM TAM

INFO
TAM TAM
36 61 23 45
36 15 TAM TAM
-223 F TIC/mm

Aux Etats-Unis, les assassinats sont devenus la deuxième cause de mortalité chez les jeunes de 15 à 34 ans. L'Oncle Sam ne sait plus quoi faire de ses vilains neveux. Il croirait volontiers qu'ils ont le crime dans la peau, surtout quand elle est noire. Ce brave Oncle Sam, pétri à la fois de pragmatisme et de mysticisme, se tourne donc vers la génétique. Certains des grands prêtres de cette science toute-puissante soutiennent que les comportements violents sont héritaires, et donc qu'il y a de mauvais gènes. Par conséquent, on devrait trouver les traitements pour les neutraliser.

Logique infaillible, qui préside aux recherches les plus contestées en génétique humaine.

Il y a trois ans, l'université du Maryland s'était vu interdire l'organisation d'un colloque sur le gène du crime. Les leaders noirs américains et de nombreux scientifiques avaient protesté contre le caractère eugéniste et raciste de cette démarche : la couleur de la peau est-elle responsable du fait que les 12 % d'Américains de couleur fournissent 45 % des délinquants incarcérés ? Cette conférence s'est finalement tenue fin septembre. Ses animateurs ont reconnu que les statistiques incriminent plutôt la marginalisation qui frappe la communauté noire. Un retournement de veste inattendu, amplifié par un discours vantant les mé-



Les gangs de jeunes sèment la terreur aux Etats-Unis. Certains scientifiques y voient une cause biologique et recherchent un gène du crime. Illusoire...

Non à la dictature du gène

rites de l'éducation et de l'aide sociale. Mais cette volte-face pourrait bien n'être que de façade, car les recherches se poursuivent ardemment pour démontrer que la violence d'une minorité indésirable est d'ordre biologique. En effet, s'il existait un gène du crime, on pourrait le dépister dans les "familles à problèmes", concentrer l'effort "thérapeutique" sur les individus porteurs de ce gène et cesser de financer les pro-

grammes sociaux qui bénéficient à des jeunes gens "sains". Un article à sensation dans un magazine français vantait d'ailleurs récemment des travaux qui vont dans le même sens : le diagnostic de la personnalité par le sang. Seulement voilà, cette entreprise souffre d'une tare congénitale, car, même si l'on finissait par savoir détecter des gènes ou des molécules impliqués dans le comportement, il serait parfaitement impossible de faire la part de leur influence et celle de l'environnement. Heureusement pour l'avenir de l'humanité, nous ne sommes pas réductibles à nos seuls gènes. Vouloir nous faire croire le contraire relève d'une pensée totalitaire. La science, c'est formidable, tout dépend de ce qu'on en fait.

S & V

SCIENCE & VIE

n° 938 • novembre 1995

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

Recevez *Science & Vie* chez vous. Vous pouvez vous abonner par minitel en tapant 3615 ABON. Vous pouvez commander les reliures de *Science & Vie* p. 15. Organigramme p. 149.

Encart abonnement jeté dans *Science & Vie*. Diffusion vente au numéro France métropolitaine.
Encart abonnement à *Science & Vie Junior* jeté dans *Science & Vie*. Diffusion abonnement France Métropolitaine.

■ Le satellite européen à infrarouge ISO a pour mission de voir l'« invisible », des planètes proches aux lointaines galaxies. p. 48



Illustration de couverture :
H.T. Kaiser/VLOO

■ Désastre écologique dans la presqu'île de Tchoukotka, au fin fond de la Russie : les baleines de la mer de Béring sont massacrées. p. 60



ACTUALITÉ

- recherche 6
- environnement 20
- technologie 28
- médecine 36
- balise 40
- Climat : le trio bien tempéré
- focus 42
- Le big bang d'un cyclone

EN COUVERTURE



LE CHAOS nous fait naître 68

DOSSIER

- DIAMANT 79
- PÉRIL SUR LE MONOPOLE 80
- LES SECRETS DE LA PIERRE DE FEU 84
- UN PRÉCIEUX OUTIL SCIENTIFIQUE 90

CAHIER PHOTOS

- Les rayons X cent ans après 98

ENQUÊTE

- Roswell, autopsie d'une imposture 104

HISTOIRES

BUREAU DES LONGITUDES

La guerre des mers 110

RENDEZ-VOUS

quotidien: <i>Le zoom qui ne tremble pas</i>	126
l'expérience: <i>Les cellules cherchent leur équilibre</i>	132
énigmes: <i>La nature préfère les 1</i>	134
astronomie: <i>L'essaim du Lion</i>	136
rétro: <i>Il y a 60 ans</i>	138
invention: <i>Maîtriser son diabète</i>	139
forum: <i>La dure réalité du virtuel</i>	140
médiathèque: <i>30 grammes et 45 millions de mots</i>	144
cyberscope: <i>Surfez sur Internet</i>	150

FUTURS

Un monde sans argent	152
► c'est déjà demain	158

ET AUSSI...

ASTRONOMIE

La face cachée de l'Univers 48

ÉNERGIE

L'hydrogène, un combustible tombé du ciel 54

ÉCOLOGIE

Le goulag des baleines 60

MÉDECINE LÉGALE

L'affaire de l'empoisonneuse agonisante 76

CALCUL

Un mathématicien dans la poche 116

INFORMATIQUE

L'ivresse en trois dimensions 120



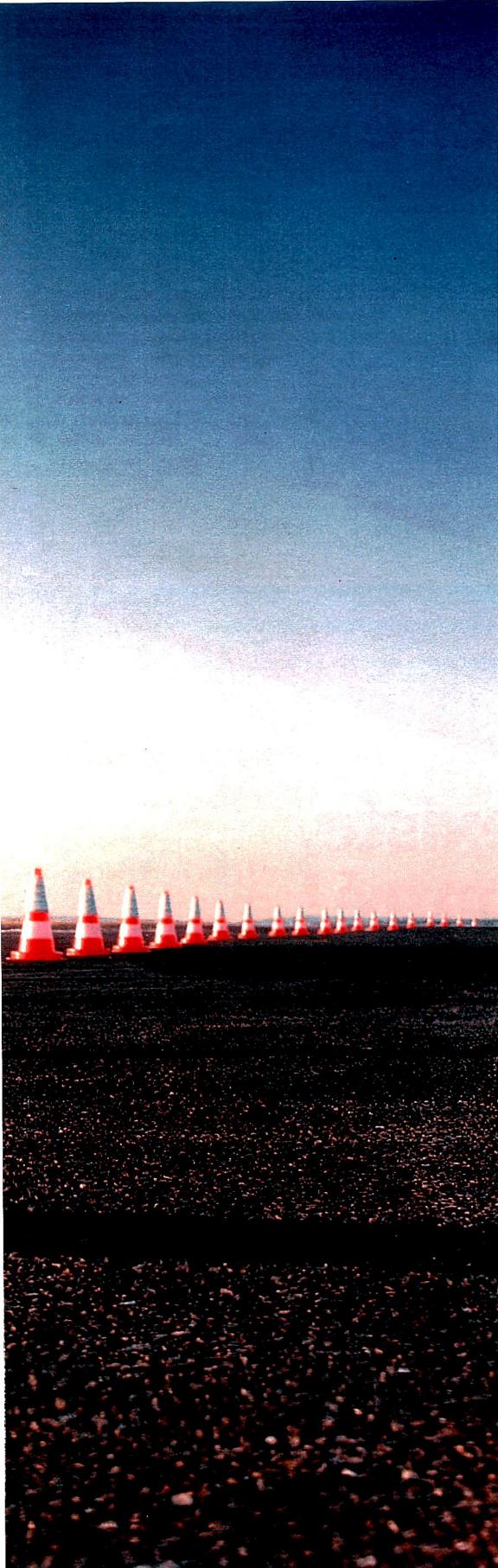
■ La tomographie aux rayons X a révélé, sous le masque en if de cette reine d'Egypte, une coiffe en argent et des boucles d'oreille en or. p. 98

Science & Vie offre à ses lecteurs un nouveau service de vente par correspondance. Ils trouveront dans ce numéro (p. 66) un bon de commande pour des livres, des CD-Rom, des objets scientifiques, etc., propres à enrichir leurs connaissances et leur plaisir.

■ Dotées d'une extraordinaire puissance de calcul, trois nouvelles consoles de jeux au réalisme vertigineux. p. 120







MAUX DE TÊTE ?

CONTUSIONS ?

ESSAYEZ PLUTOT LA 306.

Cône de circuit, c'est un métier.

Un métier fait de coups assénés par des voitures à la précision de conduite approximative. Heureusement il y a les jours avec 306. Quel plaisir alors de se sentir effleuré au millimètre près dans la plus parfaite maîtrise. Avec la plus grande largeur de voie de sa catégorie, son train avant avec barre stabilisatrice et son train arrière auto-directionnel à bras tirés en fonte, elle a vraiment ce que les autres voitures n'ont pas.

**On devrait toujours comparer
sa voiture à une 306.**

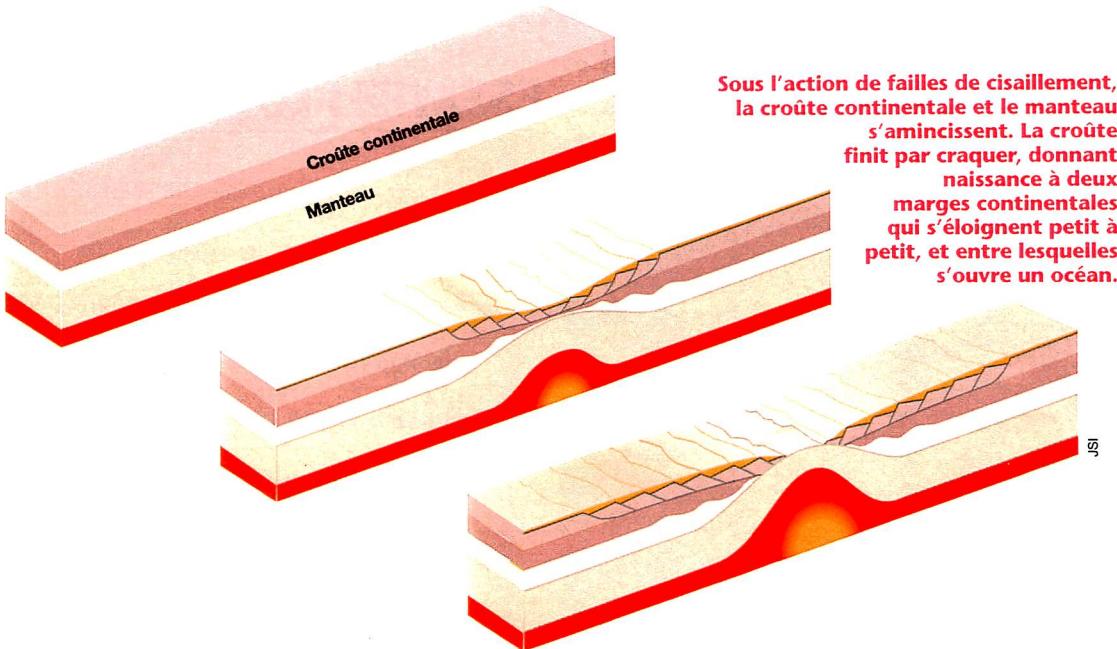


306
PEUGEOT



recherche

par Thierry Pilorge



Sous l'action de failles de cisaillement, la croûte continentale et le manteau s'amincissent. La croûte finit par craquer, donnant naissance à deux marges continentales qui s'éloignent petit à petit, et entre lesquelles s'ouvre un océan.

Le Moho existe, on l'a rencontré !

L'océan Atlantique est une plaie qui s'est ouverte par glissement de la croûte continentale sur le manteau. Des géologues français viennent, pour la première fois, de toucher la cicatrice.

Les continents dérivent sous l'effet de l'écartement ou du rapprochement des plaques, constituées de la croûte terrestre en surface et du manteau en profondeur (tectonique des plaques). La discontinuité entre croûte et manteau, qui ne sont pas formés des mêmes roches, a été découverte en 1909 par le géologue yougoslave Andrija Mohorovi-

cic, qui lui a donné son nom, ou presque : le Moho. On sait que le Moho existe parce que les ondes sismiques ne se propagent à la même vitesse dans la croûte (6 km/s maximum) et dans le manteau (8 km/s). Mais on ne l'avait jamais observé directement, du moins sous une croûte continentale.

C'est chose faite grâce à la dernière campagne du

sous-marin français *Nautilus*, conduite par le Pr Boillot (Observatoire océanologique de Villefranche-sur-Mer). Les géologues voulaient tester l'hypothèse selon laquelle l'ouverture de l'océan Atlantique s'est faite par d'immenses fractures, appelées failles de cisaillement, traversant toute la croûte du supercontinent qui allait de l'Amérique à la région ibérique. Du

17 juillet au 18 août derniers, au cours de 22 plongées, l'équipe du *Nautilus* a exploré l'une de ces failles au large de la Galice (Espagne) et prélevé 200 échantillons rocheux. La faille en question formait il y a 115 millions d'années, lors de l'ouverture de l'Atlantique, un plan faiblement incliné vers l'est sur lequel l'ibérie glissait lentement, se détachant progressivement

**36 15
SCV**

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

de l'Amérique. En se concentrant dans la zone où la faille recoupe le fond marin, les scientifiques ont trouvé, du haut en bas de la faille, des roches caractéristiques de la croûte continentale, un mélange de roches appartenant à la croûte et au manteau, correspondant au Moho, et, enfin, les terrains du manteau.

Ces observations devraient notamment permettre de comprendre les processus thermiques et mécaniques qui interviennent sous un rift continental avant la naissance d'un océan.

ASTRONOMIE

Vieilles étoiles pour jeune galaxie

L'origine de l'Univers ne se laisse pas découvrir facilement. C'est ce qu'on a dû penser les astronomes italiens de l'observatoire européen de La Silla (au Chili). Ils viennent en effet de pêcher dans leur filet (un télescope de 3,5 m de diamètre) un curieux poisson : la plus lointaine galaxie

jamais observée, ce qui, en langage astronomique, veut dire la plus jeune (du fait de la vitesse finie de la lumière).



NASA

Or, les scientifiques ont constaté l'existence dans cette galaxie d'atomes lourds tels que l'oxygène, le carbone ou le silicium. Ces éléments n'étant pas présents à l'origine de l'Univers, ils ont obligatoirement été créés, puis éjectés dans l'espace, par des étoiles qui ont vécu assez longtemps pour les synthétiser. Conclusion : la plus jeune galaxie est peuplée de vieilles étoiles. L'étrange embarrasse les astronomes, qui ne comprennent toujours pas comment de la soupe primitive des origines ont pu surgir les grumeaux stellaires et galactiques qu'on admire aujourd'hui.

Avec cette nouvelle observation, les deux événements majeurs de la cosmologie, origine de l'Univers et formation des galaxies, se rapprochent dangereusement (moins d'un milliard d'années) sans que l'on trouve la moindre trace du "chaînon manquant". Les quasars, ces objets très lumineux, situés encore plus près du big bang, ont longtemps été candidat mais le lien de parenté avec les galaxies n'est pas mieux établi... J.-F.R.

ARCHÉOLOGIE

CLOVIS AU NOM DU PÈRE...

Et ce la cuve où Clovis reçut le baptême qu'on vient de trouver sous la nef de la cathédrale de Reims ? Les vestiges – massif de maçonnerie, conduites d'adduction et d'évacuation d'eau, lambeaux de sol, assise de mur – semblent en tout cas ceux d'un baptistère des premiers temps chrétiens. Quant au "baptistère" trouvé par l'architecte des Monuments historiques Henri Deneux après la Première Guerre mondiale, il s'agirait de l'un des bâtiments des thermes gallo-romains, sur lesquels ont été édifiés, au

V^e siècle, la première cathédrale. Ces fouilles, menées par Walter Berry (Association pour les fouilles archéologiques nationales) et Robert Neiss, interviennent juste avant la commémoration du 1 500^e anniversaire du baptême du roi des Francs (465-511), événement qui fit de la Gaule une monarchie catholique : la France. C.C.

Pierre Puget, le Baptême de Clovis/Giraudon



PRÉHISTOIRE

Le phallus de Cosquer

La dernière campagne de plongée dans la grotte Cosquer a été particulièrement riche, mais la découverte qui a le plus étonné Jean Clottes (sous-direction de l'Archéologie, ministère de

nement, il n'est qu'un élément parmi les représentations découvertes lors de la dernière campagne dans la grotte Cosquer : Courtin y a trouvé de nombreux signes géométriques (croisillons, zigzags, lignes, rectangles) et tracés digitaux, neuf mains né-

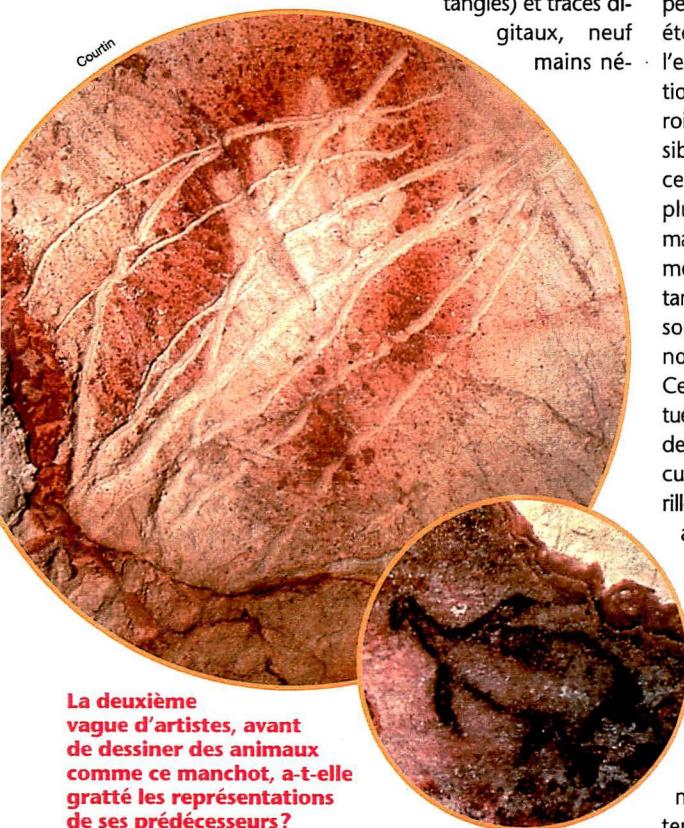
confirmé les nouvelles datations au carbone 14, elle a connu deux périodes de fréquentation : il y a environ 27 000 ans, période des tracés digitaux et des mains négatives, puis vers 19 000, où gravures et peintures animales leur ont été superposées. Si, dans l'ensemble, les représentations se situent sur les parois et les voûtes accessibles, l'emplacement de certaines d'entre elles est plus déroutant. Ainsi, les mains se trouvent fréquemment sur des stalactites, tandis que des stalagmites sont ceinturées de traits noirs et de points gravés. Certaines de ces mains, situées au bord d'un gouffre de 25 m, ont dû être exécutées dans de bien périlleuses conditions. Quant aux animaux, beaucoup "émergent" de fissures de la roche, d'autant plus que, dans ce cas, seuls leurs avant-trains ont été figurés. Au sein d'un bestiaire plutôt varié d'animaux terrestres et marins, les chevaux restent majoritaires, mais 12 % des représentations animales relevées sont indéterminables.

On peut aussi définir un "style" Cosquer : très schématique, il se distingue par la raideur du trait et par certaines continuités et ruptures de ligne (comme l'espace vide entre les cornes des bovidés). L'une des caractéristiques qui intéressent vivement les chercheurs est la grande

NE LUI DEMANDEZ PAS SON AGE

● **L'âge de l'Univers est devenu en quelques années le casse-tête majeur de l'astronomie moderne. Mesuré indirectement et avec des indicateurs différents, cet âge induit une conclusion pour le moins déconcertante : certaines étoiles seraient plus vieilles que l'Univers lui-même (voir *Science & Vie* n°927, p. 36). Dans la revue *Nature* du 7 septembre dernier, l'astronome britannique Nial Tanvir (Cambridge) a confirmé cette spéculation grâce à des observations par le télescope spatial *Hubble* de la galaxie M96. Quand l'âge de l'Univers touche à ce point, c'est tout le big bang qui s'enrhume.**

A suivre...



La deuxième vague d'artistes, avant de dessiner des animaux comme ce manchot, a-t-elle gratté les représentations de ses prédécesseurs ?

la Culture) et Jean Courtin (CNRS) est celle d'un... phallus gravé. La gravure étant partiellement recouverte de calcite, il ne peut s'agir d'un graffiti récent mais bien d'une figuration rarissime dans l'art paléolithique, contrairement aux sexes féminins, fort nombreux, comme dans la grotte Chauvet.

Si ce phallus crée l'évé-

gatives supplémentaires – qui font de Cosquer la grotte qui en compte le plus, après celle de Gargas, dans les Pyrénées – et 42 dessins d'animaux, gravés pour la plupart, qui s'ajoutent à la centaine déjà répertoriée.

Ces nouvelles trouvailles permettent de mieux cerner l'histoire de la grotte Cosquer. Comme l'ont

fréquence de traits, gravés ou peints, en travers des animaux. Faut-il y voir une représentation de la mort des animaux ou la volonté de la deuxième vague d'artistes de dégrader les figures antérieures, ce que suggère aussi le fait que plusieurs mains négatives et plusieurs animaux ont été manifestement grattés ou rayés.

C.C.

Souriez! Le GSM présente un nouveau visage.



*ces fonctions dépendent des services proposés par l'opérateur.

D'un abord très sympathique, le nouvel Alcatel HC 600 possède tous les atouts de la convivialité : un large écran graphique, des icônes explicites et des touches d'accès direct One-Touch®.

Grâce à lui, vous maîtrisez d'emblée toutes les dernières innovations en matière de communication mobile* : 3 répertoires,

messagerie vocale, service de messages courts, transfert d'appels, rappel de rendez-vous... Dès le premier contact, ce nouveau portatif vous révèle toute son intelligence.

Alcatel HC 600 : si simple qu'on peut lui demander beaucoup.

▼
ALCATEL

Pour tout savoir, utilisez notre service minitel 3615 ou 3617 Alcatel.
Alcatel Mobile Phones, 32 Avenue Kléber, 92707 Colombes Cedex.

3615 3617 2,23 Francs
Alcatel TTC/Minute



ASTRONOMIE

HUBBLE ET LES SEPT NAINES BLANCHES

Toujours plus perçant, le regard du télescope spatial *Hubble* a détecté des naines blanches. Comme ces petites étoiles massives sont très peu brillantes, leur luminosité est noyée dans celle des étoiles normales. Pour les mettre en lumière, *Hubble* a



NASA

Entourées de cercles bleus, sept naines blanches jusqu'aujourd'hui invisibles ont éclairé le télescope *Hubble*.

visé un amas d'étoiles, l'une de ces petites îles stellaires qui orbitent autour de notre galaxie. Dans cet amas, M4, situé à 7 000 années-lumière de nous, il y a, estiment les astronomes, environ 40 000 naines blanches pour 100 000 étoiles normales.

La future étude précise de leurs spectres pourraient permettre d'évaluer par une méthode originale l'âge de l'Univers. Il s'agit de mesurer la vitesse de refroidissement de ces astres et de remonter ainsi le film en arrière, pour estimer avec une assez bonne précision l'âge des plus vieilles étoiles.

J.-F.R.

PHYSIQUE

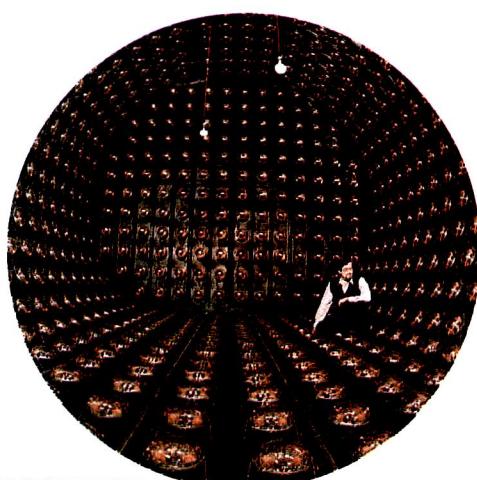
L'insoutenable légèreté du neutrino

On sait à peu près tout de cette fantomatique particule... sauf si elle a une masse. Le neutrino, qui a la particularité d'interagir très peu avec la matière (ils sont des milliards à traverser notre corps aussi bien que la Terre sans dévier d'un iota leur trajectoire), existe en trois versions : la plus courante, le neutrino électronique, intervient dans des réactions avec l'électron ; les deux autres sont associées respectivement au muon et au tau, deux particules semblables à l'électron, mais bien plus lourdes et plus rares.

Ce qui est sûr, c'est que, si masse il y a, elle est très

faible. La théorie des particules et des forces élémentaires ne précise pas si les neutrinos doivent être pourvus d'une masse, mais affirme que, si c'est le cas, ils peuvent osciller entre plusieurs espèces : un neutrino électronique peut se transformer en neutrino muonique, par exemple.

Des physiciens américains prétendent avoir assisté à une telle métamorphose : ils ont placé un détecteur de neutrinos électroniques derrière un faisceau de particules contenant un grand nombre de neutrinos muoniques... et ils ont bel et bien détecté neuf (pas un de plus !) neutrinos électro-



Los Alamos National Laboratory

Au laboratoire de Los Alamos, un véritable arsenal pour cerner... 9 neutrinos.

niques. Aura-t-on jamais confirmation de ces premiers résultats ? Le comité d'Etat chargé de planifier

ECRAN TOTAL

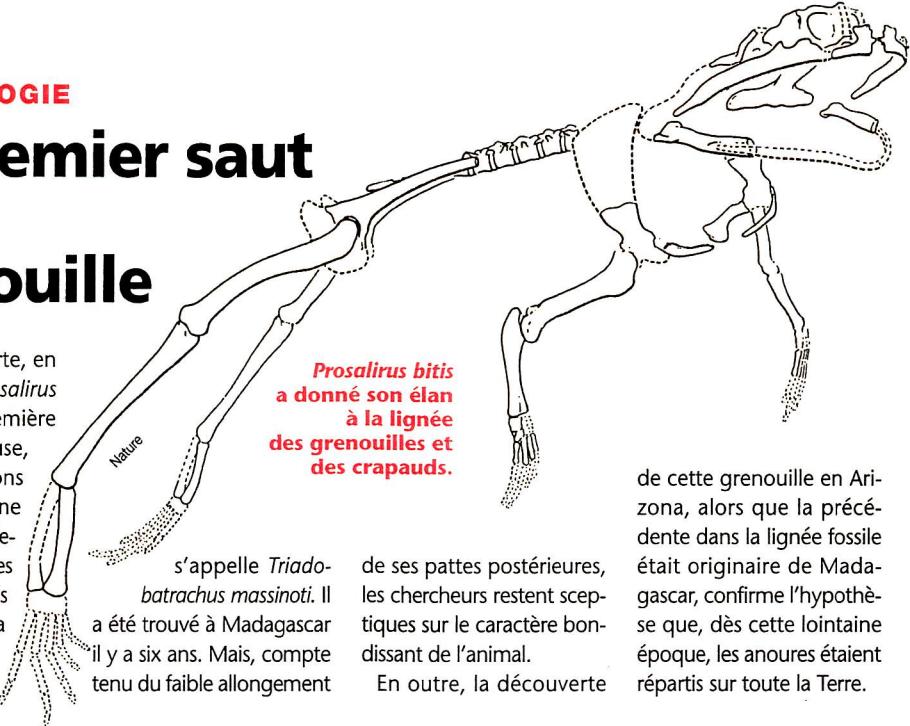
● Les montagnes Bleues de Virginie ne sont pas particulièrement polluées, et pourtant c'est bien un voile d'hydrocarbure qui est responsable du brouillard bleuté planant au-dessus. De l'isoprène, rejeté par des végétaux pour se protéger du soleil. Privées expérimentalement de la possibilité de fabriquer ce parasol, certaines plantes grillent au-dessus de 37 °C, alors que, si elles en sont munies, elles résistent jusqu'à 43 °C. Pourquoi toutes les plantes ne produisent-elles pas d'isoprène ? Les plantes qui en ont besoin seraient surtout celles qui risquent des coups de chaleur.

les expériences de physique avait prévu de ne plus subventionner ce détecteur dès la fin de l'année. H.G.

Le premier saut de la grenouille

Avec la découverte, en Arizona, de *Prosalirus bitis*, on tient la première grenouille sauteuse, vieille de 200 millions d'années. Oh, elle ne devait pas sauter tellement plus loin que les crapauds actuels, mais il n'empêche qu'elle a franchi le pas.

Nous devons beaucoup aux amphibiens. Ce sont les premiers vertébrés à s'être lancés sur la terre ferme. Ces pionniers, toutefois, se déplaçaient bien gauchement. Au départ, ils en étaient réduits à ramper. C'est au début de l'ère secondaire, il y a environ 240 millions d'années, qu'apparaissent les premières modifications du squelette qui vont permettre l'apparition des amphibiens sauteurs. Un caractère essentiel est le développement des pattes postérieures, un autre, l'acquisition de la liberté de mouvement de la partie postérieure de la colonne vertébrale. Le premier à présenter ces tendances



ARCHÉOLOGIE

Mayas psychédéliques

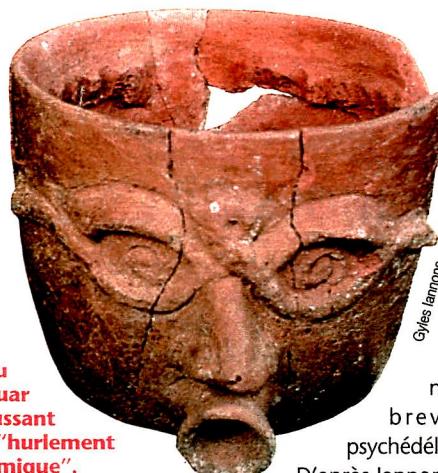
Pour parvenir à l'extase, les chamans mayas se faisaient des lavements à base d'hydromel, de jus de tabac, de champignons et de graines de belle-de-jour. Ainsi absorbées, ces substances hallucinogènes ne causaient pas de nausées et provoquaient une transe plus rapide et plus puissante que lorsqu'elles étaient assimilées par voie orale.

C'est en tout cas ce que les archéologues avaient déduit de poteries illustrées et d'objets mystérieux datant de la fin de la période classique, entre 600 et 900 après J.-C. Le chercheur londonien Gyles Iannone pense avoir découvert tout le "nécessaire" dans une tombe du Belize. Sur un bol, orné d'une représentation du dieu Jaguar, celui-ci fait une drôle de tête : sa bouche est en forme d'entonnoir. Après une re-

de ses pattes postérieures, les chercheurs restent sceptiques sur le caractère bondissant de l'animal.

En outre, la découverte

de cette grenouille en Arizona, alors que la précédente dans la lignée fossile était originaire de Madagascar, confirme l'hypothèse que, dès cette lointaine époque, les anoures étaient répartis sur toute la Terre.



Le dieu Jaguar poussant un "hurlement cosmique".

nu le brevage psychédélique. D'après Iannone, le bol contenait sans doute une boisson alcoolique que les chamans buvaient après avoir pris leur lavement à l'aide des tubes.

cherche dans la littérature scientifique, Iannone affirme que le dieu était en train de pousser un "hurlement cosmique", comme celui qu'émet un chaman sur le point d'entrer dans le monde des esprits. Or, avec le bol, se trouvaient trois minces tubes en os et une jarre ayant certainement conte-

La découverte est d'autant plus intéressante que la tombe date d'environ 300 après J.-C., ce qui tend à prouver que ce rituel était connu bien avant la fin de la période classique.

LA CHRONIQUE D'ÖTZI

● D'après les analyses de ses cheveux, riches en cuivre et en arsenic, l'homme des glaces était peut-être chaudronnier.

PALÉOCLIMATOLOGIE

Coup de chaud sur l'ère glaciaire

Il n'y a plus de saisons! On savait déjà que l'Atlantique nord avait connu d'amples et brusques variations de température pendant la dernière glaciation. Cette fois, des carottes de sédiments marins, prélevées au large de la Californie, montrent que le Pacifique nord a, lui aussi, subi de telles fluctuations à la même époque. C'est un foraminifère fossile, *Neogloboquadrina pachyderma*, animal unicellulaire entouré d'une coquille calcaire, qui le démontre. Cette bestiole existe sous deux formes, qui se distinguent par le sens d'enroulement de la coquille et dont les proportions dépendent de la température.

Leurs variations selon la profondeur des sédiments révèlent donc les fluctuations de la température avec le temps.

Or, ces proportions ne cessent de changer.

L'un des modèles avancés pour expliquer de tels changements est appelé très poétiquement "bombarde-purge": après avoir atteint une épaisseur de plus de 3 000 m, l'énorme calotte glaciaire recouvrant une grande partie de l'Amérique du Nord aurait littéralement "vomi" des torrents d'icebergs, et per-



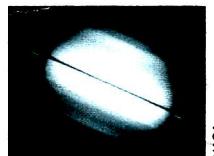
Dessin M. Marie

La dernière période glaciaire fut rythmée par une alternance d'extensions et d'éclatements de la calotte glaciaire nord-américaine.

du jusqu'à 1 250 m en quelques milliers d'années. Cette glace aurait refroidi tout l'Atlantique nord, tandis que les variations d'épaisseur de la calotte glaciaire auraient affecté la circulation des courants atmosphériques. Les change-

ments cycliques dans la couverture de glace nord-américaine seraient ainsi responsables de l'instabilité climatique de l'époque.

H.G.

SATURNE NU

NASA

Depuis le 22 mai dernier, les anneaux de Saturne semblent avoir disparu, en raison de la position de la Terre, qui évolue à peu près dans leur plan. Depuis cette date, notre planète a déjà deux fois traversé ce plan. Cela se reproduira le 19 novembre. Une aubaine pour les astronomes qui découvrent de nouveaux satellites et affinent les mesures des anneaux.

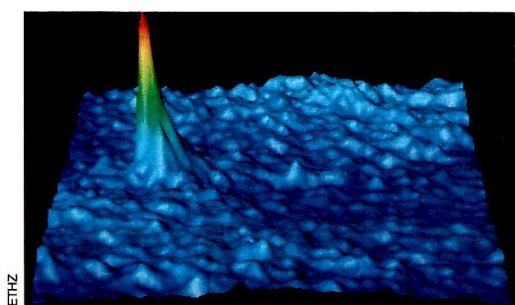
PHYSIQUE

MOLÉCULES ILLUMINÉES

Pour la première fois, des chercheurs ont observé au microscope des molécules identiques qui se sont mises à briller les unes après les autres comme des étoiles! Le Pr Urs Wild et son équipe (Ecole polytechnique de Zurich) ont irradié, dans l'obscurité, des molécules de terrylène dans de l'hexadécane, toutes deux de la famille des hydrocarbures. L'expérience est conduite à 2 K (-271 °C), car, à cette température, les molécules de terrylène sont prises dans l'hexadécane comme des raisins dans un cake. Ce refroidissement fige l'environnement de chaque molécule de terrylène dans l'état où il se trouve.

Ainsi placées dans des environnements différents, et irradiées par un laser dont la longueur d'onde varie en continu, elles réagissent de façon individuelle et émettent de la lumière à tour de rôle.

J.-L. S.



GHz

“Qu'est-ce qui rend Aptiva aussi Aptiva?”

Tout. Tout ce que vous pouvez imaginer comme images, sons, couleurs, vitesses, jeux. Tout pour les adultes. Tout pour les enfants.

Tout pour le fun.

Les adultes aimeront Jump Start Kindergarten ou Le Théâtre Magique. Les enfants, eux, vont adorer Sports Illustrated, Compton's Encyclopaedia ou Le Monde Sous-Marin... A moins que ce ne soit le contraire.

Tout multimédia.

Regardez un vaisseau spatial qui vous passe gentiment devant le nez sur un écran super-définition de 64 bits. Et abattez-le en l'entendant exploser, grâce aux enceintes stéréo de 30 watts.*

Tout simple.

Aptiva est conçu pour être sorti du carton et mis en route en quelques minutes.

Tout pour le travail.

Avec toute la puissance des logiciels Works et Wall Street Money, les parents peuvent travailler à la maison (si les enfants sont d'accord).

Tout le service.

Vous avez une question à 4 heures du matin ?appelez Helpware, le service d'assistance téléphonique 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7.

Aptiva. Disponible dès maintenant à partir de 9 990 F^{TTC}**

Pour en savoir plus sur la gamme Aptiva ou pour connaître la liste de nos Distributeurs Agréés, tapez 3616 IBM.

Aptiva. Il est tout à la fois.

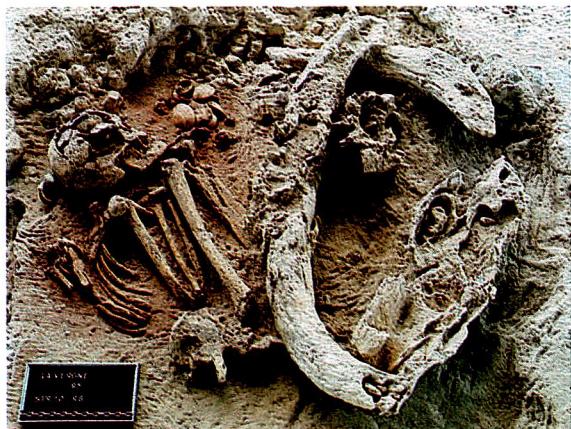


IBM

* sur les modèles Pentium seulement. ** Prix Catalogue IBM au 1/10/95 pour le modèle 914 (486 DX2/66 MHz, 8 Mo/540 Mo, multimédia). Toutes les marques citées sont la propriété de leurs détenteurs respectifs.

ARCHÉOLOGIE

De si vieilles nécropoles...



Le regroupement en nécropole de plusieurs fosses funéraires est un fait exceptionnel au Mésolithique.

commente Henri Duday, anthropologue au CNRS, qui a assuré la fouille avec Patrice Courtaud, ingénieur au ministère de la Culture. «Aussi rare que la richesse et l'abondance des parures et des offrandes qui accompagnent les corps. Il y avait probablement d'autres fosses (une quatrième a été repérée), mais elles ont été trop dégradées par l'habitation gauloise implantée

sur le même site pour être toutes décelables.»

Plus ou moins circulaires, les trois fosses contiennent chacune un, deux ou trois adultes et un enfant dont les corps, en position contractée, assis ou couchés, ont été recouverts d'ocre. Auprès d'eux sont placées des parures de coquillages et de dents animales ainsi que des bois de cerf et des massues d'aurochs.

Il reste à déterminer si les corps ont été «préparés» et s'il existe des liens entre les individus d'une même fosse.

C.C.

Trois fosses funéraires exceptionnelles du Mésolithique (de 10 000 à 5 000 ans avant le présent) ont été mises au jour lors des fouilles préalables aux travaux de la déviation routière de Saint-Jean-d'Angély (Charente-Maritime). «Ce

site n'a pratiquement aucun équivalent. L'organisation en nécropole est tout à fait rare au Mésolithique»,

PINTE SANS RIRE

● Révolution en Grande-Bretagne! Le 1^{er} octobre, nos voisins ont adopté, enfin, le système métrique. Effet imprévu de ce bouleversement : une soudaine inflation des prix à la consommation, comme l'a montré un incident récent. D'un jour à l'autre, le lait, jusque-là vendu dans des briques d'une pinte, soit 568 ml, s'est retrouvé présenté dans des emballages de 500 ml... au même prix. Pas très *fair play*.

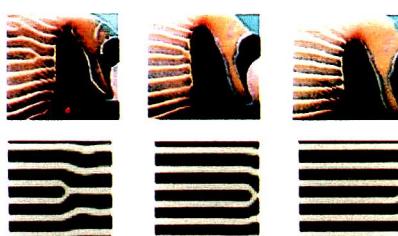
BIOMATHÉMATIQUES
LES RAYURES DU SCALAIRE

En 1952, le mathématicien Alan Turing énonçait une théorie de la croissance cellulaire. Celle-ci vient de trouver une confirmation expérimentale grâce aux rayures du scalaire, un poisson du Brésil au corps aplati et zébré de jaune et de noir. Les biologistes japonais Rihito Asai et Shigeru Kondo ont réussi, à l'aide d'un modèle informatique fondé sur cette théorie, à prévoir exactement l'évolution des rayures du scalaire au cours de sa croissance. Lorsqu'il mesure moins de 2 cm, le scalaire ne possède que trois rayures. Leur épaisseur et leur écartement augmentent proportionnellement jusqu'à ce que le poisson atteigne 4 cm. A ce stade, chaque rayure se divise en deux, et les nouvelles rayures retrouvent la largeur et l'écartement initiaux. Et ainsi de suite tout au long de la croissance de l'animal. Si bien que, mis à part le nombre de rayures, le scalaire garde, tout au long de sa vie, son apparence de jeune premier.

J.-L.S.



Kondo - Asai



PALÉOPARASITOLOGIE

RÉVÉLATIONS DANS LES LATRINES

Voici que les latrines, milieu d'investigation de choix pour les archéologues (on y trouve des rebuts intéressants puisqu'elles servaient aussi de poubelles), deviennent un terrain d'étude pour les spécialistes des sciences naturelles. Françoise Bouchet et Jean-Claude Paicheler (respectivement du laboratoire de paléoparasitologie et de celui de dynamique des bassins alimentaires, université de Reims) ont identifié les parasites affectant les utilisateurs de latrines proches d'une maison du XV^e siècle examinée lors de fouilles préventives à Montbéliard (Doubs). L'humidité ayant favorisé la conservation des œufs et même des parties molles des vers, les chercheurs ont notamment mis en évidence des parasites responsables de la bilharziose. Pourquoi étaient-ils là ? Pollution médiévale ou actuelle des latrines par des fientes d'oiseaux ou bien contamination de certains habitants du XV^e siècle à la suite d'un voyage dans un pays (mais lequel ?) où cette maladie est endémique ?

C.C.

SOCIOLOGIE

Quand la gauche pesait 15%



S'ils n'étaient pas "contre-riés", il y aurait sans doute beaucoup plus de gauchers... Des archéologues britanniques en ont fait la preuve en se penchant sur les squelettes de paysans qui vivaient au Moyen Age dans le Yorkshire : 15 % d'entre eux étaient gauchers si l'on en juge par la longueur des os des bras. Une proportion qui se rapproche des 12% prévus par le modèle "coévolution gène-culture" mis au point par quatre chercheurs américains. Ce chiffre refléterait la proportion "naturelle" de gauchers dans la société.

Il semble, en revanche,

que tous les tailleurs de pierre solutréens étaient droitiers. Serge Maury, directeur du service départemental d'archéologie de Périgueux, a expérimenté la taille de pointes à cran, des silex datant d'il y a de 18 000 à 20 000 ans. Ces objets possèdent une encoche à leur base, toujours située du même côté de la pierre (photo). Or, en reproduisant les gestes du tailleur, Maury a montré que toutes les pointes avaient été taillées par des droitiers. S'agit-il d'un effet "mécanique" résultant de la position ou, déjà, les tailleurs gauchers étaient-ils... mis à l'index ?

E.S. et T.P.

3617 AUTOSELECT

Achat/Vente d'AUTOMobiles SELECTionnées

Plus de 1000
véhicules
Plus de 100
concessionnaires

COLLECTIONNEZ
LE SAVOIR
AVEC
LES RELIURES
SCIENCE & VIE

BON DE COMMANDE
à compléter et à retourner entièrement joint à SCIENCE & VIE
1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 PARIS cedex 15

OUI, je souhaite recevoir _____ lots de 2 reliures (*) SCIENCE & VIE au prix de 95 F francs - Etranger : 100 F **

* Je joins la somme de _____ F par chèque, CCP ou mandat à l'ordre de SCIENCE & VIE-Bred

NOM _____ Prénom _____

ADRESSE _____

CODE POSTAL _____ VILLE _____

(*) Chaque reliure est conçue pour classer 6 numéros. (**) Dans la limite des stocks disponibles

OFFRE VALABLE JUSQU'AU 31/12/95

RC Paris B 572 134 773

MATHÉMATIQUES

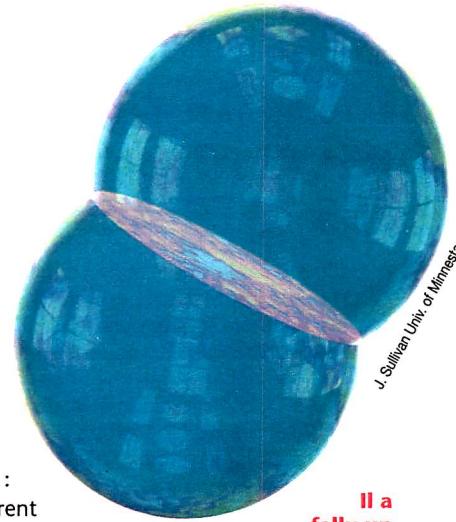
L'ordinateur coince les bulles

Les mathématiciens ont l'art de se poser des questions auxquelles ils ne trouvent de réponses qu'au bout d'un temps tendant asymptotiquement vers l'infini. Un lointain sage grec s'était ainsi demandé quelle forme permet d'enfermer un volume donné dans la surface la plus faible. Par exemple, pour un seul volume, c'est la sphère. Toute autre forme de récipient demandera plus de matériau de construction pour contenir le même volume (d'eau par exemple) que la sphère.

Mais qu'en est-il d'un récipient destiné à contenir deux liquides qui ne doivent pas se toucher? Après 2 000 ans de réflexion,

c'est l'ordinateur qui a tranché. Il s'agit de la forme présentée sur la photo, celle que s'amusent à faire les enfants avec leurs bulles de savon. Deux mathématiciens de l'université de Californie, Joel Hass et Roger Schlafly, sont parvenus, après avoir réduit les calculs de l'ordinateur à 200 260 opérations, à lui

faire "craquer" le résultat. Résultat qui n'est pas du goût de tous les mathématiciens : ils considèrent qu'une preuve doit être démontrée et non pas calculée. R.I.



J. Sullivan Univ. of Minnesota

Il a fallu un ordinateur pour résoudre un jeu d'enfant.

PALÉOÉCOLOGIE

Le mammouth, drôle de zèbre !

Au Pléistocène, il y a 30 000 ans, la steppe sibérienne avait parfois des allures de savane africaine. Non par le climat, à peine moins rude que celui qui sévit aujourd'hui en Sibérie, mais par la variété des herbivores qui y paissaient : mammouth, rhinocéros laineux, bison, cheval, renne, etc. Le laboratoire de biogéochimie

isotopique de Paris VI tente

de définir les niches écologiques de chacun d'entre eux en dosant l'azote du collagène de leurs os fossilisés. Cet élément s'y trouve présent sous ses deux formes isotopiques, ^{14}N et ^{15}N . Elles ne diffèrent, comme tous les isotopes d'un élément, que par le nombre de neutrons de leur noyau.

La quantité et la qualité de l'azote présent dans le collagène dépendent du régime de l'animal et de son système digestif. En effet, certaines plantes sont plus riches que d'autres en azote. Par ailleurs, l'azote présent dans les plantes est à 99,9 % du ^{14}N et à 0,1 % du ^{15}N . Et ce sont les réactions chimiques au cours de la digestion qui favorisent le passage du ^{15}N dans l'organisme – plus ou moins selon les systèmes digestifs. Les chercheurs ont ainsi découvert que le mam-

moth se distinguait nettement des autres herbivores. Ses os contiennent une faible quantité d'azote. André Mariotti et Hervé Bocherens posent l'hypothèse que l'éléphant fossile se nourrissait d'herbes sèches ou fanées, pauvres en azote. Peu regardant sur la fraîcheur des graminées, il avait surtout besoin d'en ingérer de grandes quantités. Il aurait ainsi fait place nette et facilité la venue de nouvelles pousses, pour le régale d'herbivores plus exigeants comme le renne. Ce qui n'est pas sans évoquer le rôle joué en Afrique par le zèbre, dont l'antilope tire avantage.

Deuxième constatation : le mammouth se distingue aussi des autres herbivores par une teneur élevée en ^{15}N . On en déduit qu'il possédait un système digestif particulier qui devait favoriser cet isotope. Reste à déterminer comment... I.B.

Scandale/Burian

Ce sont ses os qui le disent : le mammouth se nourrissait d'herbes de pierre qualité.



Nos maîtres les oiseaux ?

Vingt ans après le scandale soulevé par le livre d'Edward Wilson, *la Sociobiologie, une nouvelle synthèse*, le biologiste Stephen Emlen (université Cornell, Etats-Unis) récidive. Le principe de la sociobiologie, c'est que les comportements des animaux sont adaptatifs (soumis à la sélection naturelle) et possèdent donc nécessairement une base génétique.

Emlen, qui a étudié pendant plus de dix ans l'organisation et les interactions sociales d'oiseaux vivant en familles complexes, extrapole ses conclusions à une théorie évolutionniste de la famille, valable pour l'espèce humaine. Emlen reconnaît que le comportement humain est fortement modelé par notre environnement culturel, mais il attribue un rôle bien plus considérable à notre héritage biologique. Lequel est, selon lui, constitué d'un ensemble de règles de décision acquises au cours de

notre évolution. Et, sur la base de ce que lui ont appris ses oiseaux, Emlen formule des prédictions concernant la vie familiale chez les hommes, et les conflits qui en résultent.

Que notre comportement soit en partie déterminé par notre histoire évolutive ne fait aucun doute. Mais le danger vient de ce qu'Emlen n'hésite pas à dire : « Si horrible que cela paraisse, l'infanticide peut être "adaptatif", au sens de l'évolution, pour celui qui le commet. » Bien sûr, le chercheur ajoute que « si nous comprenons que nos tendances biologiques travaillent contre nous, nous pouvons parfois intervenir pour trouver une meilleure issue ». Mais on risque bien de retenir : « C'est normal, c'est dans nos gènes... »

■ **Ont collaboré à cette rubrique :**
Isabelle Bourdial,
Catherine Chauveau, Hélène Guillemot,
Philippe Henarejos, Roman Ikonicoff, Jean-François Robredo,
Jean-Luc Siegel et
Emilie Sueur.

Si nous nous traitons de noms d'oiseaux, c'est parce que c'est dans nos gènes...



5 bonnes raisons pour s'offrir un thermostatique GROHE

1 **Le confort** d'une douche à température constante, même si la mise en marche d'autres appareils détournent soudainement l'eau chaude ou l'eau froide.

2 **La fiabilité** d'un produit garanti 5 ans et construit pour très longtemps, à partir des meilleurs matériaux, en utilisant les techniques les plus performantes.

3 **La rentabilité** d'une installation (guère plus coûteuse que celle d'un mitigeur traditionnel) qui s'amortit rapidement grâce à une consommation plus faible d'eau chaude et à la touche économie d'eau.

4 **La sécurité** qu'apporte le mitigeur thermostatique pour le bain et la douche : blocage de sécurité à 38°C.

5 **La complémentarité** du programme de douchette Relexa Plus équipée du système anti-calcaire "SPEEDCLEAN".

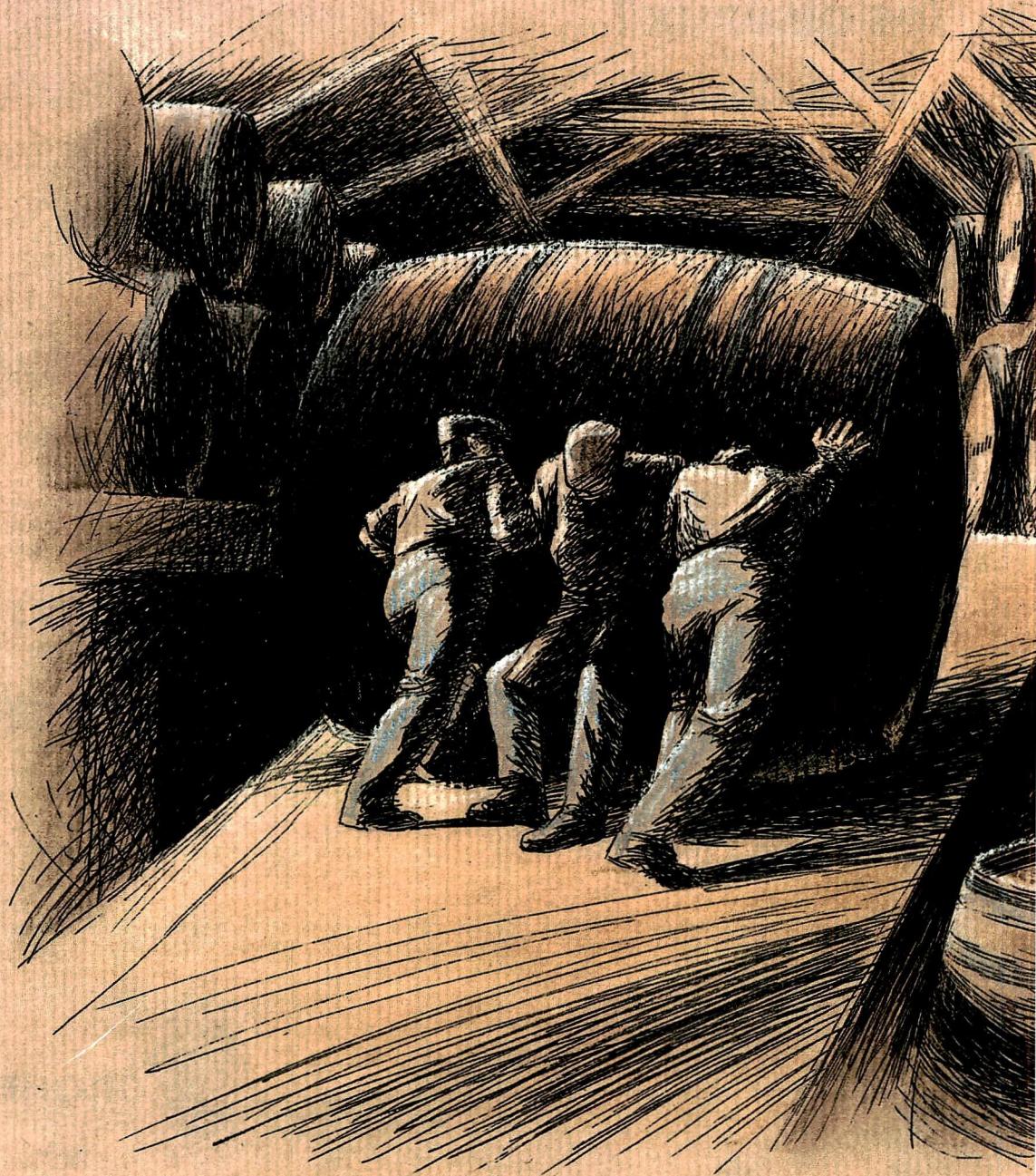


DOCUMENTATION GROHE GRATUITE SOUS REF. SV/10

Nom : _____
Prénom : _____
Adresse : _____
Tél. : _____

*A chaque génération, les Grant se demandent
s'ils ne devraient pas vendre leur whisky un peu plus cher.*

McCANN



*Contrairement à nos tonneliers, le whisky Grant's se repose longtemps
à l'abri de toute lumière.*

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA



Depuis 1898

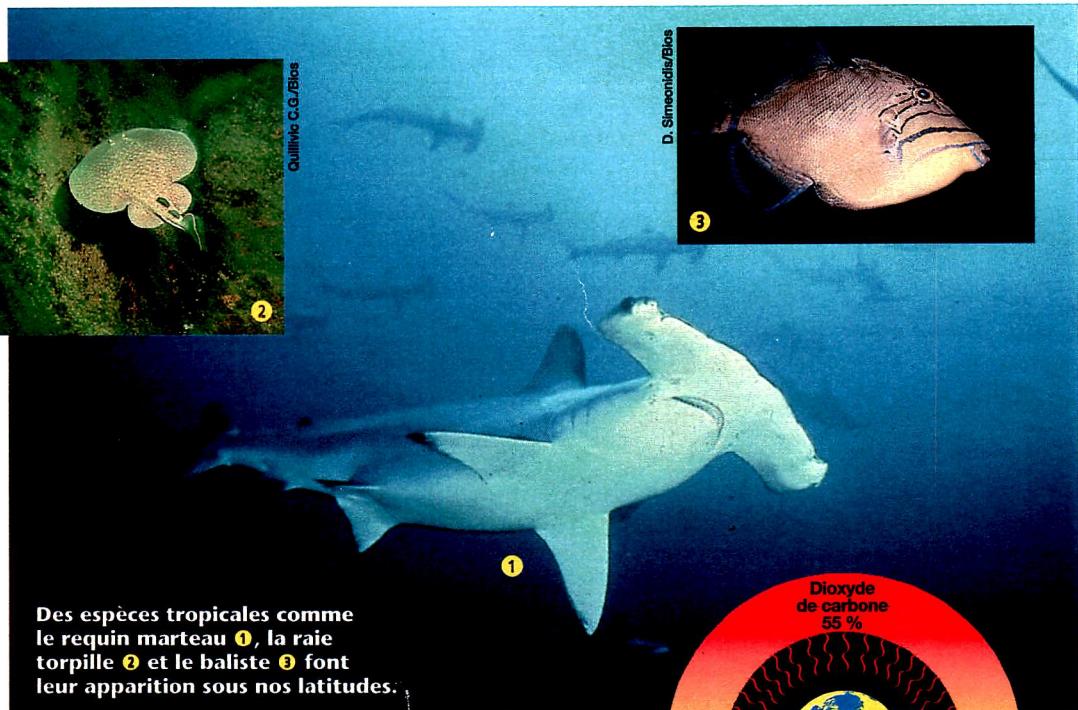
Grant's®

LE WHISKY QUI NE S'EST PAS FAIT
TOUT SEUL.

SANTÉ, CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION.

environnement

par Didier Dubrana

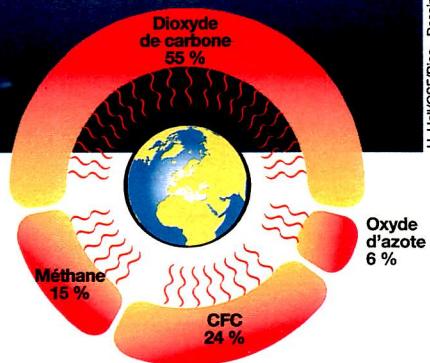


Des espèces tropicales comme le requin marteau 1, la raie torpille 2 et le baliste 3 font leur apparition sous nos latitudes.

H. Hall/OSS/Bios - Dessin J.SI, source Atlas de la Terre, Ed. Autrement.

La mer aussi se réchauffe

L'apparition de poissons tropicaux au large de la Grande-Bretagne peut s'expliquer par un réchauffement général du climat.



Le dioxyde de carbone est le principal responsable du réchauffement de la planète. Du coup, la faune aquatique de l'Atlantique change de visage.

Le Groupe international d'étude du changement climatique (GIECC) vient de rendre un rapport d'expertise qui confirme l'impact des activités humaines sur le réchauffement du climat.

En un siècle, les émissions de dioxyde de carbone

(CO₂) ont augmenté de 30 %, celles de méthane (CH₄), de 100 %, celles de protoxyde d'azote (NO), de 25 %, et de CFC, de 25 %. Ce cocktail gazeux piège la chaleur du Soleil à la surface du globe. A ce rythme, la planète gagne 4 °C d'ici à 2100. Selon

le GIECC, la machine infernale est amorcée, puisque la Terre s'est réchauffée de 0,5 °C en un siècle.

Quid des conséquences climatiques annoncées, telles que la fonte des calottes polaires, la montée du niveau des océans et l'augmentation du nombre

des tempêtes ? Ces scénarios catastrophes sont loin de faire l'unanimité. Pourtant, l'écosystème océanique semble déjà fournir quelques indices troublants d'adaptation au changement climatique.

En Norvège, le centre de télédétection et d'études

de l'environnement affirme que la banquise a fondu de 1,4 % en dix ans. Dans l'Antarctique, les chercheurs ont mesuré une perte de 4,3 % de la calotte glaciaire, alors qu'elle était de 2,5 % dans les années soixante-dix.

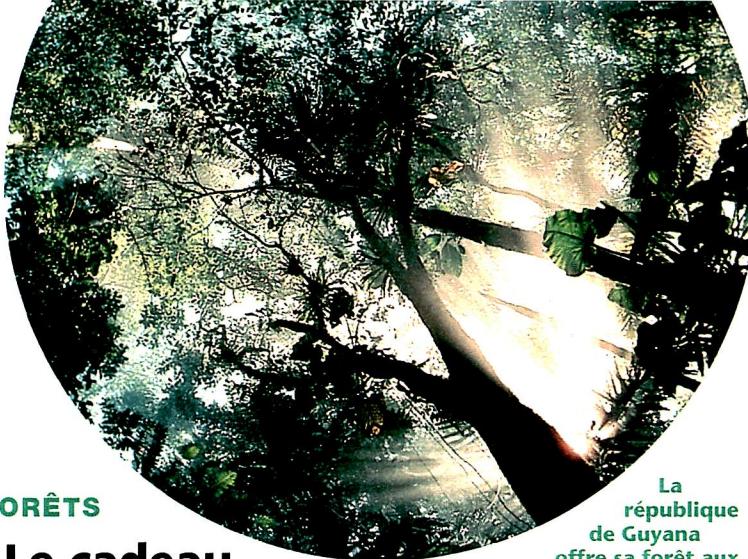
Mais c'est surtout pour la faune aquatique que les choses se précisent : les pêcheurs britanniques prennent dans leurs filets des espèces tropicales comme le requin marteau, qui peuple normalement les côtes de Floride. Un véliplancheur a même vu deux bancs de requins marteaux au large des côtes françaises. Or, cette espèce n'avait été signalée que trois fois en un siècle sous nos latitudes.

D'autres espèces tropicales, comme la tortue luth, la raie électrique, le mâle et les méduses tropicales, échouent dans les filets des pêcheurs. Et que penser de l'arrivée de bancs de balistes (poissons gâchettes) en mer du Nord, alors que cette espèce tropicale, portée par les eaux tièdes du Gulf Stream, n'atteignait jusqu'à présent que le golfe de Gascogne ? Si les scientifiques n'osent encore affirmer que l'on est vraiment en présence d'un réchauffement des océans, il faut avouer que le doute se précise...

36 15
SCV

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

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



H. Hall/OSF/Fovéa

FORÊTS

Le cadeau du tiers monde

Le gouvernement de la république de Guyana (Amérique du Sud) vient d'offrir 360 000 hectares de forêt amazonienne au Centre de recherche pour le développement international. Le CRDI, créé par le Parlement canadien en 1970, se voit donc à la tête de l'un des derniers refuges

de la biodiversité de notre planète. On estime en effet que la forêt de la Guyana abrite au moins 1 200 espèces de mammifères, d'oiseaux et de reptiles, et plus de 1 000 essences d'arbres. Bref, un trésor de la nature !

Or, si l'on sait déjà que 10 % des plantes répertoriées ont des propriétés

médicinales, 1 % seulement d'entre elles ont fait l'objet d'une étude pharmacologique approfondie. Les Nations unies ont débloqué près d'un demi-million de dollars pour la mise en place du programme de recherche sur l'écologie de cette forêt tropicale humide.



AIDEZ NOUS
À SAUVER LA VIE !
HELP US
TO SAVE LIFE !

WWF
WWF et AÉROPORTS DE PARIS
associés pour la sauvegarde de la nature

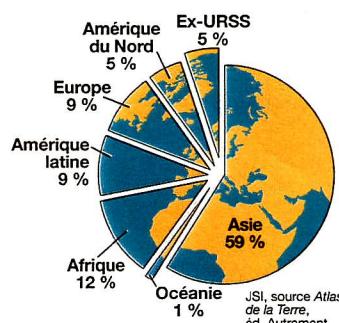
PROTECTION

JACKPOT POUR LE PANDA

Le partenariat établi en 1990 entre le WWF (World Wildlife Fund) et les aéroports parisiens remplit la bourse du célèbre panda. Les onze "points Panda" (photo ci-contre) répartis dans les aéroports d'Orly et de Roissy-Charles-de-Gaulle ont reçu les dons de quelque 55 millions de voyageurs : 15 tonnes de pièces de monnaie et de billets en cinq ans, pour un montant total de 3,5 millions de francs. Chaque mois, le WWF recueille 600 kg de billets de 500 F ou de 100 dollars, mais aussi de roupies du Népal et même de napoléons ! 80 % des dons ont été directement déposés à la banque. Le reste de la collecte "non convertible" a fini chez les numismates ou, tout simplement, chez les ferrailleurs.



G. Cadiou

**HUMANITÉ**

- La population mondiale augmente de 90 millions d'êtres humains par an.

VÉLO "JETABLE"

- Le constructeur vietnamien Lixeha lance des bicyclettes presque entièrement "biodégradables" : porte-bagages en bois, cadre en rotin... Quelques pièces mécaniques essentielles, comme le pédalier, restent cependant en métal.

ÉPIDÉMIOLOGIE

Le syndrome des hôtesses de l'air

La compagnie aérienne finlandaise Finnair a soumis son personnel navigant à une étude épidémiologique sans précédent : elle a comptabilisé le nombre de cancers du sein ou des os induits par une exposition prolongée aux rayonnements ionisants du cosmos – en l'occurrence, un flux de neutrons. La dose de rayonnements reçue par une hôtesse de l'air – ou par un pilote – double tous les 1 500 m, et l'on estime que ces navigants encaissent de 2 à 3 millisieverts (unité de mesure caractérisant l'effet biologique d'une irradiation) par an, alors qu'au sol la



S. Frances/Explorer

protection est totale. L'étude a été conduite auprès de 187 hommes et de 1 577 femmes ayant volé sur Finnair durant un quart de siècle, entre le 1^{er} janvier 1967 et le 31 décembre 1992 (*British Medical Journal*, 1995, 311, 649-652).

Davantage de cancers du sein chez les hôtesses de l'air.

Résultat : le risque de cancer du sein est multiplié par 1,5, tandis que celui des cancers osseux est multiplié par 15.

ÉNERGIE

Les nouveaux habits du Soleil



Le Northumbria Solar Project est la plus grande installation de panneaux photovoltaïques de Grande-Bretagne. Deux entreprises britanniques spécialisées dans le solaire, Newcastle Photovoltaic Applications Centre et Estate Service Department, viennent de s'associer pour remplacer par des panneaux photovoltaïques la façade sud, désaffectée,

du Northumberland Building de Newcastle. Ces panneaux, incorporés aux plaques d'habillage, transforment l'énergie solaire en électricité. En les inclinant, on accroît l'absorption d'énergie solaire. L'été, ils serviront également d'avants.

Cette façade peut produire jusqu'à 40 kW. Le bilan énergétique est d'autant plus rentable que ces panneaux – dont l'espérance de vie est de 25 à 35 ans – produiront cinq fois plus d'énergie qu'il n'a fallu en dépenser pour les construire.

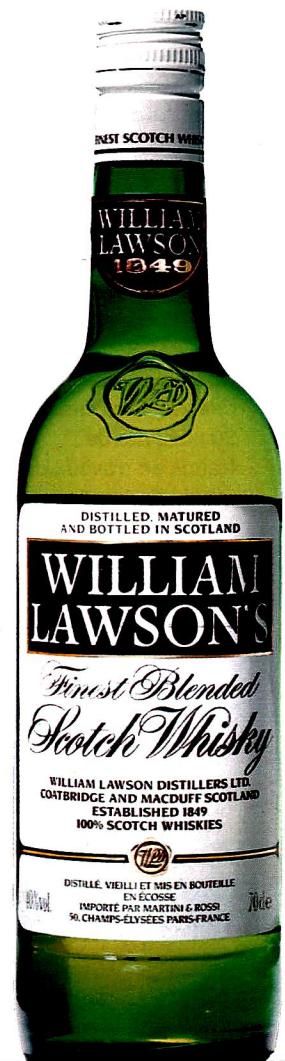
Le chauffage solaire trouve une nouvelle jeunesse à Newcastle.

Ecossais
visiblement.

Ecossais
assurément.



London Tavern - 3, rue du Sabot, 75006 Paris



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

McCANN

**TIENS,
L'AMIANTE
TUE !**

● L'amiante est soudain devenu la bête noire du ministère de la Santé. Responsable de nombreux cancers en milieu professionnel, l'amiante est aussi dangereux pour la santé publique. Nous nous faisons l'écho, depuis belle lurette, de cette épidémie. Un état des lieux des immeubles pollués sera rendu public en... 1999. On regrettera qu'il ait fallu que la presse s'empare d'un problème connu depuis longtemps pour que les politiques mesurent enfin l'ampleur du danger... Selon *le Canard enchaîné*, cet "oubli" coûtera 30 milliards de francs en travaux de réhabilitation des constructions.

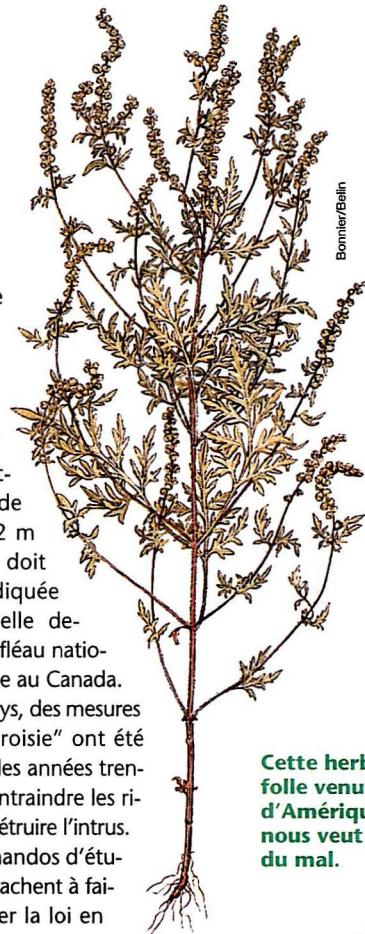
BOTANIQUE

L'ambroisie n'est pas du nectar

La préfecture de l'Isère vient de publier un décret obligeant les citoyens à arracher l'ambroisie, une mauvaise herbe poussant sur les chantiers d'immeuble ou d'autoroute. Cette décision fait suite à l'observation de nombreux cas d'allergies provoquées par son pollen (30 micromètres de diamètre), qui peut être transporté jusqu'à 100 km du lieu d'émission. C'est surtout dans le Lyonnais que sévit l'ambroisie : 6 % de la population présente des manifestations allergiques telles que rhinites (dans 90 % des cas), conjonctivites (70 %), trachéites (50 %) et eczéma (10 %).

L'ambroisie fut importée d'Amérique du Nord, via des semences de pomme de terre, à la fin du XIX^e siècle. Depuis, elle a co-

lonisé une partie de la vallée du Rhône. Cette plante, qui peut atteindre de 60 cm à 2 m de haut, doit être éradiquée avant qu'elle devienne un fléau national, comme au Canada. Dans ce pays, des mesures "anti-ambroisie" ont été prises dès les années trente pour contraindre les riverains à détruire l'intrus. Des commandos d'étudiants s'attachent à faire respecter la loi en verbalisant (500 F par plante) les propriétaires de parcelles contaminées par l'ambroisie. En France, l'Association française d'étude de l'ambroisie entame une



Bonnier/Belin

Cette herbe folle venue d'Amérique nous veut du mal.

campagne d'information auprès des collectivités locales, pour sensibiliser les maires à ce nouveau problème de santé publique.

ÉNERGIE

Russie : le courant ne passe plus

La compagnie d'électricité russe Ao Arkhe-energo n'aime pas les mauvais payeurs. Comme la base de sous-marins nucléaires de la presqu'île de Kola lui devait 20 millions de roubles, elle a tout simplement décidé de couper le courant. Or, ce courant alimente les pompes servant à refroidir les réacteurs de quatre sous-marins nucléaires à quai. Lorsque les militaires ont voulu faire fonctionner les

batteries de secours, ils ont constaté que le système de sécurité de l'un des sous-marins était défectueux. L'armée fut donc obligée d'ordonner à la compagnie privée de remettre le courant pour éviter une catastrophe nucléaire. L'amiral Oleg Erofeiev a même déclaré que, « à l'avenir, [il] ferait usage des armes pour forcer la compagnie d'électricité à fournir de l'énergie quoi qu'il arrive ».

ZOOLOGIE

Lorsque l'ourson paraît

Un ours est né dans la vallée d'Aspe (Pyrénées). L'ourson n'est plus tout à fait un nouveau-né, puisque sa naissance remonte à l'hiver dernier. C'est juste après la parution d'un article de notre confrère *Sud-Ouest*, le 20 septembre dernier, que le ministère de l'Environnement a publié le faire-part officiel. Les autorités n'avaient pourtant pas été prises de court, car cette naissance était en quelque sorte annoncée.

L'affaire remonte au mois de juin 1994. Un appareil photo à déclenchement automatique, placé par Jean-Jacques Camarra, un biologiste de l'Office national de la chasse, avait révé-



J.-J. Camarra/ONG

Cet ourson a été photographié au début de l'été dans le massif du Sesques.

lé la présence simultanée d'une femelle et d'un mâle dans un passage à ours. Pour le coordinateur du réseau Ours, il était fort probable que Cannelle et Papillon avaient convolé. Mais y avait-il eu procréation ? Réponse en août dernier : un autre cliché montre Cannelle en compagnie d'un ourson de neuf mois.

L'heureux dénouement confirme la richesse du biotope de la vallée d'Aspe, qui pourrait bien être com-

promise par les aménagements en cours. Car cette naissance, la première depuis six ans, intervient alors que le Conseil d'Etat examine les requêtes déposées contre l'élargissement de la RN 134 et la construction du tunnel du Somport. L'association Artus, qui œuvre pour la sauvegarde de l'ours des Pyrénées, a publié un communiqué demandant solennellement au ministère d'assurer la protection du jeune animal. I.B.

UNE FORD VERTE

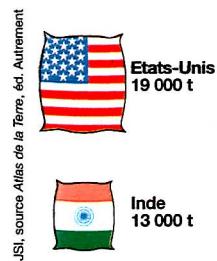
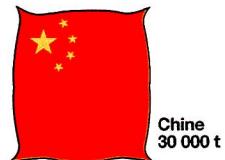
La campagne "Going for Green" lancée par le ministre de l'Environnement britannique vient de se concrétiser par l'apparition sur le marché d'une Ford Fiesta électrique, mise au point par la Lynch Motor Company.

■ A collaboré à cette rubrique : Isabelle Bourdial.

ENGRAIS À GOGO

La France est le cinquième utilisateur mondial d'engrais. La consommation d'engrais a décuplé depuis cinquante ans.

Consommation d'engrais en 1991-1992



JSI, source Atlas de la Terre, éd. Autrement



Inde 13 000 t



Russie 10 000 t

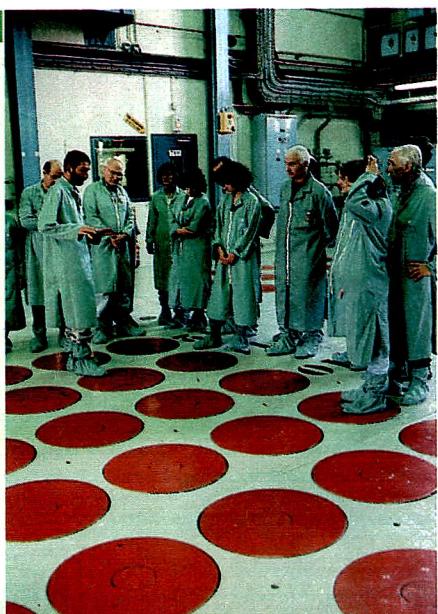


France 6 000 t

NUCLÉAIRE

LES TOURISTES DE L'ATOME

L'an dernier, 25 000 personnes ont pu visiter gratuitement l'un des six établissements français dirigés par la Compagnie générale des matières nucléaires. Ces usines (installation minière, usine de retraitement ou d'enrichissement) remportent un tel succès que la COGEMA compte augmenter sa capacité d'accueil touristique.



COGEMA



MiniDisc.

Organisez vous-même le concert du siècle.

Le MiniDisc est un disque enregistrable, ce qui permet d'avoir tous ses morceaux préférés sur un même disque. En plus, comme il est numérique, on peut ré-enregistrer des centaines de fois la même musique sans la moindre perte de qualité tout comme changer, ajouter ou modifier l'ordre des morceaux pour affiner sans cesse sa compilation personnelle. En outre le MiniDisc ne saute pas et ne craint pas les chocs, on peut donc en profiter aussi bien à la maison qu'en voiture ou en patins à roulettes.

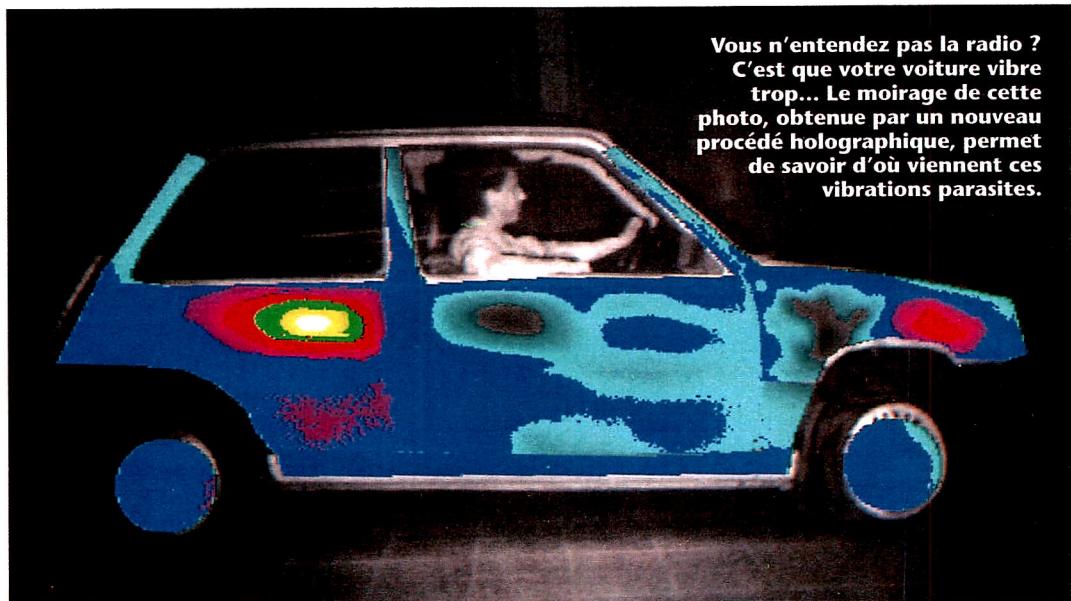
En fait le MiniDisc n'aurait pas du s'appeler MiniDisc mais MiniDisc Enregistrable Portable Qui Ne Saute Pas, mais il n'y avait pas la place de mettre tous ces mots sur quelque chose d'aussi petit, alors on l'a appelé MiniDisc. Voilà.



SONY

technologie

par Gérard Morice



**Vous n'entendez pas la radio ?
C'est que votre voiture vibre trop... Le moirage de cette photo, obtenue par un nouveau procédé holographique, permet de savoir d'où viennent ces vibrations parasites.**

L'holographie à la chasse au bruit

La comparaison de deux hologrammes pris à un intervalle de temps très court permet de déceler les vibrations des objets.

Un hologramme est une sorte de "gel", par une pellicule, de la réflexion de la lumière par un objet. Le film mémorise les directions dans lesquelles l'objet photographié renvoie la lumière. Il s'agit, pour être plus précis, de la reconstruction d'un réseau d'interférences lumineuses créées par

l'objet lorsqu'il est éclairé par un laser.

Dans l'analyse vibratoire holographique, deux images sont prises à un intervalle de temps très court sur le même cliché. La société française Holo3 s'est spécialisée dans ce nouveau procédé de mesure. Un laser YAG génère deux flash successifs.

S'il y a vibration de l'objet photographié, les deux images diffèrent et ces différences se manifestent sous la forme d'un moirage. Les formes des "franges" de celui-ci et les distances les séparant permettent d'obtenir des informations extrêmement précises sur les déformations de l'objet dues aux vibrations. En effet, l'écart séparant deux franges correspond à une amplitude de vibration égale à la longueur d'onde de la lumière laser de la prise de vue – dans le cas présent, de l'ordre de 0,6 micromètre. De la mesure du

nombre de frange entre deux points de l'hologramme, on déduit l'amplitude de la vibration subie.

De plus, en quantifiant l'intensité des gris séparant les franges, il est possible de mesurer des distances bien inférieures à cette valeur. L'organisation des franges permet de déterminer la phase des vibrations de l'objet, zone par zone. Il est donc possible d'obtenir une véritable cartographie de l'état vibratoire de l'objet.

Une telle technique trouve parfaitement sa place dans la panoplie des tests dits non destructifs : il n'est

pas nécessaire de casser réellement une pièce pour prévoir l'endroit où elle va casser. Il est, par exemple, possible d'utiliser cette technique pour mesurer les déformations d'une pièce mécanique liées aux contraintes qu'elle subit. En lui appliquant un effort qu'elle est parfaitement en mesure de supporter, les déformations les plus importantes se manifestent sur ses points faibles.

Il est même possible de détecter des "pailles" ou des bulles à l'intérieur de métaux grâce à cette méthode, car celles-ci trahissent leur présence par une déformation très légère de la surface du métal, qui n'échappe pas au nouveau procédé.

Cependant, c'est dans le domaine de l'acoustique que cette technique prend tout son intérêt. En effet, en acoustique, il est important de connaître la phase des vibrations les unes par rapport aux autres. Prenons le cas d'une carrosserie de voiture : le fait de vibrer n'induit pas obligatoirement un important niveau de bruit dans l'habitacle. En effet, si deux zones contiguës de la carrosserie vibrent en opposition de phase, les sons qu'elles émettent s'annulent. À l'opposé, si les vibrations s'effectuent en phase, les sons s'additionnent et aboutissent à un habitacle bruyant.

Un autre exemple de ce type d'utilisation est l'analyse de l'état vibratoire de la membrane d'un haut-parleur. La membrane doit se comporter comme un piston communiquant à

l'air ambiant les vibrations issues du signal électrique correspondant à la musique. Dans l'idéal, la membrane devrait être parfaitement rigide et ne subir aucune déformation durant son fonctionnement. En analysant précisément l'état vibratoire de la membrane, il devient possible de savoir, d'une part, si ses déformations nuiront ou non à la qualité sonore du haut-parleur et, d'autre part, de déterminer avec précision les emplacements d'éventuels renforts.

H.-P. P.

36 15 SCV

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

SÉCURITÉ

Un pneu à l'épreuve des balles

Hutchinson vient de réaliser un insert en élastomère, essentiellement destiné aux pneus sans chambre (*tubeless*) des véhicules d'intervention d'urgence. Cet insert permet au véhicule de parcourir plus de 48 km avec un ou plusieurs pneus crevés.

Composé de deux éléments semi-circulaires moulés par injection et assemblés entre eux par vissage, cet insert résiste à des températures supérieures à 120 °C – températures courantes lors d'un freinage ou lorsque le véhicule roule avec une roue crevée, ce qui provoque un échauffement considérable. Son composant prin-



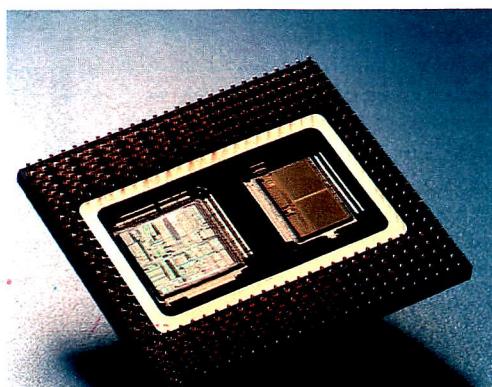
Un insert en élastomère pour ce pneu destiné aux véhicules de police ou aux camions de pompiers...

cipal est l'Hytrex, un élastomère thermoplastique issu des recherches de Dupont de Nemours. H.-P. P.

INFORMATIQUE

LA PUCE P6 ENCORE PLUS FORTE QUE LE PENTIUM

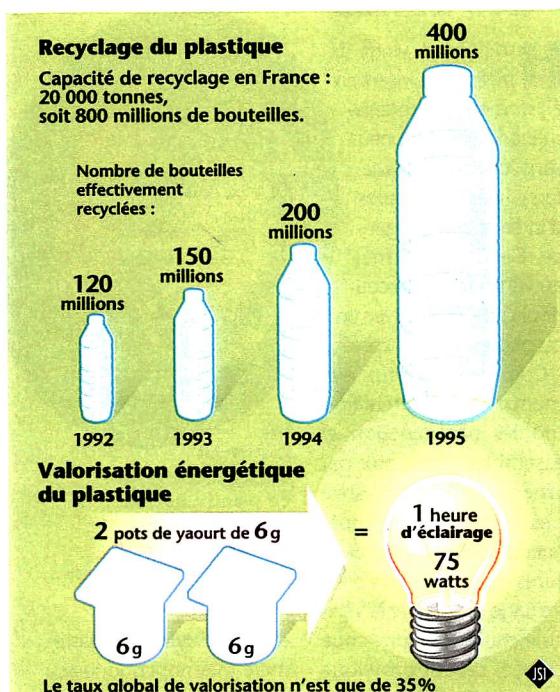
■ Intel vient d'annoncer la naissance du P6. Ce nouveau microprocesseur, capable d'effectuer 1,8 trillion d'opérations par seconde, devrait être utilisé dans le simulateur d'essais nucléaires américain. C'est, en tout cas, ce que vient de décider Bill Clinton en donnant son feu vert pour la réalisation d'un supercalculateur, qui ne comportera pas moins de 9 000 puces P6 travaillant conjointement pour mener à bien la simulation. Pour le grand public, des micro-ordinateurs équipés de puces P6 devraient être disponibles au début de 1996.



1,8 trillion
d'opérations
à la seconde...
9 000 de ces
puces dans
le supercalculateur
américain.

DÉCHETS

Le recyclage manque de plastiques !



PRÉCISIONS

● La photo publiée p. 110 de notre numéro 935 nous a été aimablement confiée par le Musée d'art et d'histoire de Genève. L'information provient de l'Association suisse pour la promotion de la science. Dans le même numéro, p. 112 : le Centre de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement de Montpellier précise qu'il a collaboré à la mise au point du robot, avec la firme espagnole FOMESA et l'entreprise française Pellelenc.

EMBALLAGE

Des palettes en carton

Le papetier Emin Leydier vient de mettre au point une palette toute en carton. Selon les tests, les avantages sont multiples : ni agrafe ni bande adhésive, le recyclage est simple et possible à 100 %. Le fond, totalement plat et rigide, permet un gerbage facile et stable pour les emballages supportés par la nouvelle palette.

De deux à trois fois plus légère (3 kg) qu'une palette classique, la nouvelle palette simplifie la manutention, tout en offrant une solidité remarquable :

le recyclage des matières plastiques n'est désormais plus un problème de débouchés, mais de matières premières ! Selon Valorplast, qui réunit en France la filière industrielle de l'emballage ménager, on collectera, en 1995, 11 000 tonnes de PVC alors que l'industrie européenne est prête à en utiliser trois fois plus. Mieux, pour le PET, la "moisson" sera de 4 000 tonnes, alors que le marché industriel européen est supérieur à 150 000 tonnes !

En 1994, près de 10 % des Français ont eu la possibilité de déposer leurs bouteilles en plastique dans 5 000 points de col-

lecte, ce qui a permis d'en recycler 200 millions. Cette année, l'augmentation des points de collecte permettra à 25 % de la population de faire de même, et 400 millions de bouteilles seront alors recyclées dans les produits les plus divers.

Les objets impropre à recyclage, parce que d'un poids unitaire très faible, sont soumis à une valorisation énergétique qui permet déjà d'économiser 120 000 tonnes d'équivalent-pétrole.

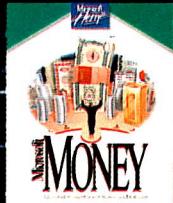
A titre d'exemple, deux simples pots de yaourt sont suffisants pour alimenter en courant une ampoule électrique de 75 watts pendant une heure.



Légère, solide, recyclable : cette palette simplifie la manutention.

l a résistance à la compression verticale de chacun des 9 plots qui équipent le dessous des palettes est supérieure à 800 kg. Seule restriction, le maté-

riaux carton empêche, bien sûr, toute utilisation en atmosphère humide Ultime avantage de la nouvelle palette : sa largeur est adaptable aux produits qu'elle supporte et varie de 0,80 m à 1,50 m. O. J.



LE TEMPS, C'EST DE L'ARGENT. Microsoft® Money vous permet de gérer vos finances en quelques minutes. Votre PC branché sur Modem, vous contrôlez vos comptes 24 heures sur 24. Alors, devant vos soldes, à jamais créditeurs, devant la maîtrise de votre gestion, vous liez dans le regard de votre banquier du respect, voire de l'adoration ou de la dévotion. Mais pour gagner cette adoration, il faut vous dépecher. Vous avez jusqu'au 31 janvier 1996 pour profiter d'une offre exceptionnelle, et pour 10 F TTC supplémentaires, vous profiterez également de la Mise à jour Microsoft® Money pour Windows® 95 dès sa disponibilité début novembre 1995. Du 20 nov au 21 janv Microsoft vous offre une assistance technique téléphonique de 9 h à 20 h du lundi au vendredi et de 10 h à 18 h le week-end pour tout achat de Microsoft® Money.

Microsoft

AVEC MICROSOFT MONEY,
VOTRE BANQUIER VA
SÛREMMENT VOUS REGARDER
DIFFÉREMENT.



TIME IS MONEY
Jusqu'au
31 janvier 1996

LE LOGICIEL
MICROSOFT

MONEY 3.0

= 199 F TTC**

+ OFFRE SPÉCIALE SUR
SA MISE À JOUR
POUR WINDOWS® 95

**Prix moyen estimé Microsoft. Microsoft rappelle que chaque revendeur est libre de fixer son prix de vente. Les prix peuvent varier en fonction des localités, des périodes et des revendeurs.

NAISSANCE D'UNE NORME

Jusqu'à ce jour, un CDI Philips n'était pas lisible sur un lecteur de CD Rom - et réciproquement ! Philips, Toshiba et Sony viennent enfin d'établir un standard unique, qui permet de stocker 4,7 giga-octets (contre 0,6 pour un CD actuel). Il est possible d'enregistrer sur un seul disque 133 minutes de film en vidéo numérique et son multilingue. Lecteurs et disques devraient apparaître dès la mi-1996.

PEINTURES

Des voitures multicolores

La couleur tombée du ciel, c'est le titre d'un célèbre récit d'anticipation de Lovecraft, et ce pourrait être bientôt l'apanage de produits industriels de luxe, comme certaines voitures. Une Mercedes expérimentale paraît ainsi verte et parfois bleue, selon l'éclaira-

ge. En effet, elle a été peinte à l'aide d'une laque à cristaux liquides.

A mi-chemin entre liquide et solide, ces cristaux sont en l'occurrence du

Le temps change... La teinte de votre voiture aussi !



HÔPITAL

Un gant tueur de virus

La Société Hutchinson vient de mettre au point un gant capable de protéger le personnel hospitalier des risques de contamination par piqûre. Ce gant est constitué d'un film, d'à peine 320 micromètres d'épaisseur, composé de trois couches. L'une d'elles est un élastomère synthétique de type latex. Celle qui se trouve en contact avec la main, réalisée à partir d'un polymère synthétique "glissant", est de composition anallergique. Le latex naturel, le talc ou la poudre de maïs, responsables des allergies, disparaissent du gant. Entre ces deux couches est incorpo-

rée une émulsion stable d'agents pharmacologiques. Ces agents, efficaces contre les virus du SIDA et de l'herpès, détruisent également les bactéries et les champignons parasites en une fraction de seconde.

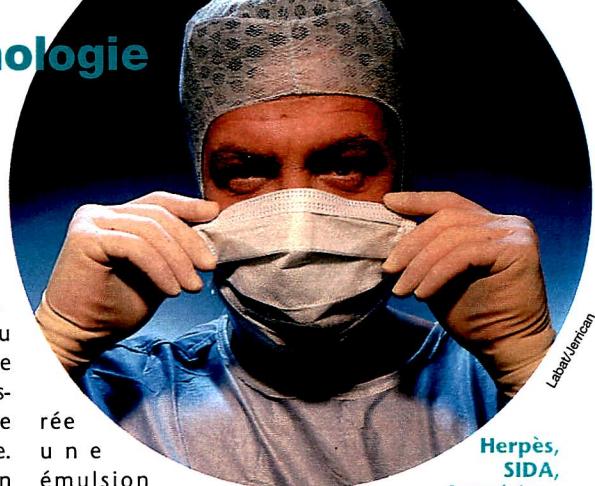
Après des tests concluants *in vivo* sur le virus de l'herpès et sur celui du SIDA, Hutchinson va investir 20 millions de francs dans la mise en place d'une unité de production pilote à Liancourt,

Labat Jénico

Herpès, SIDA, bactéries :

l'infection ne passera plus entre le soignant et le soigné, grâce aux nouveaux gants chirurgicaux.

dans l'Oise, afin de produire les premiers gants de chirurgie "tueurs de virus". En 1996, la production en pré-série devrait atteindre 500 000 gants par an. Coût prévisionnel de l'opération : de 300 à 400 millions de francs. J.-L. S.



type cholestérique, c'est-à-dire formés de molécules organiques organisées en plusieurs couches parallèles. Les chimistes ont stabilisé ces cristaux en les organisant en réseaux stables sur des structures de siloxane-cholestéroléine.

A Munich, les chercheurs du Consortium pour l'industrie électrochimique ont pu constituer une assez

jolie palette,

avec les combinaisons rouge et vert, vert et bleu donc, et jaune et rose. Mais ce n'est là qu'une première étape, car on ignore comment la laque bicolore résistera aux intempéries. Un point certain : elle sera écologiquement neutre, puisque dépourvue des métaux lourds utilisés dans les pigments ordinaires.

Les chimistes munichois étudient la possibilité de réaliser, dès maintenant, des encres d'impression à cristaux liquides, bien utiles pour contrarier les faux-monnayeurs. C. H.

Qu'est-ce qui se joue entre la forêt et nous ?

Forêts du monde, forêts des hommes.

Exposition

22 juin 1995 - 25 mars 1996

GRANDE GALERIE DE L'EVOLUTION
36 rue Geoffroy Saint-Hilaire - Paris V^e



ministère de l'agriculture ministère de l'environnement

Office National des Forêts

ANCR



Ministère de l'Education Nationale, Enseignement Supérieur, Recherche et Insertion Professionnelle - Ministère de l'Environnement
DATAR - Régions Bourgogne et Limousin - Comité National pour le Développement du Bois - Comité National du Bois
Confédération Française des Industries Carton et Celluloses - Groupe L'aplysé

USINAGE

La magie du plasma

Il a la faculté de transformer toutes les surfaces : le plasma, de mieux en mieux maîtrisé par l'industrie, conquiert les marchés les plus divers. Souvent appelé quatrième état de la matière, ce n'est ni un solide, ni un liquide – ni un gaz normal. C'est un gaz ionisé, c'est-à-dire formé d'un ensemble d'atomes neutres, d'ions chargés positivement et d'électrons libres. Si le plasma n'est pas courant sur la Terre, il compose, en revanche, 99 % de l'Univers. Le Soleil est une boule incandescente de plasma.

C'est la composition

compliquée du plasma qui a rendu sa maîtrise difficile. On distingue entre le plasma "thermique", déclenché par de hautes températures, et le plasma "froid", obtenu par des champs électriques, et qui sera certainement l'une des clefs de la technologie du xx^e siècle.

Le plasma purifie les surfaces qui, après leur fabrication, conservent des traces d'huile, de graisses, de cire et autres impuretés. Ces particules perturbent les manipulations ultérieures, comme le laquage, le collage, le soudage ou l'impression. Le



L'or des plumes
"Mont-Blanc" est
purifié à l'aide de
plasma, avant
l'incrustation
d'une décoration
en platine.

nettoyage par plasma, procédé à sec, résout ce problème. Le plasma stérilise, par exemple, les instruments chirurgicaux ou les implants.

Il favorise aussi l'adhésion et la croissance de cellules vivantes sur une surface appropriée, ce qui rend possible la culture de ces cellules. Sous l'effet du plasma encore, certains textiles deviennent perméables, et d'autres, au contraire, imperméables. Toujours grâce au plasma, des surfaces en matière plastique ne sont plus réfractaires aux laques. Enfin, feuilles d'aluminium et récipients en plastique sont purifiés afin d'être utilisés dans l'emballage des denrées alimentaires.

La technique du plasma permet également l'obtention de couches minces, isolantes, dures et transparentes qui peuvent recouvrir de grandes surfaces. Même le diamant,

le matériau le plus dur du monde, se laisse, grâce au plasma, vaporiser en couches minces sur des outils en acier. Les feuilles en plastique destinées à empaqueter des aliments sont recouvertes de couches ultra-fines d'oxyde de silicium ou d'aluminium, limitant la diffusion des gaz, de la vapeur d'eau et de l'arôme. Des couches minces sur des plaques en fer-blanc ou des tôles empêchent leur corrosion et leur usure.

Plus la technique des surfaces et des couches minces prend de l'importance, plus larges sont les possibilités de la technique du plasma. C. H.

LOGICIELS

IMPRIMANTES MOINS VORACES

■ Ecotoner est un petit logiciel qui, en modifiant l'intensité d'impression des documents, permet d'augmenter notablement la durée de vie des toners d'imprimante. Cette durée peut être augmentée de 50 %. Une fenêtre, affichée sur l'écran de l'ordinateur avant de lancer l'impression, permet de choisir l'intensité d'encre en pourcentage. Ecotoner est compatible avec toutes les imprimantes

laser ou à jet d'encre et utilisant des polices PostScript ou non. Disponible en grande distribution, Ecotoner est proposé, pour Macintosh, au prix public de 150 F.

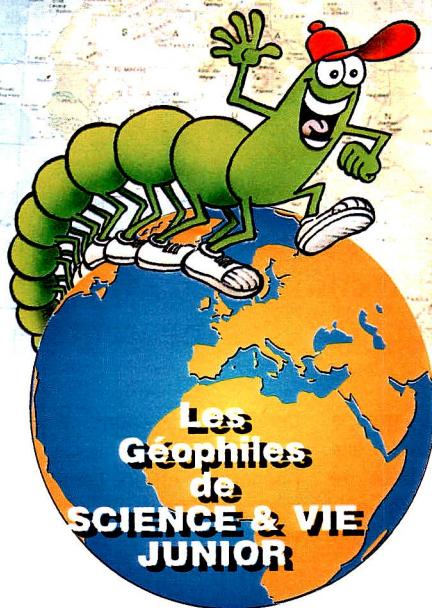
Un logiciel pour économiser l'encre de votre imprimante.



● Ont collaboré à cette rubrique : Christiane Holzhey, Olivier Jacquinot, Henri-Pierre Penel et Jean-Luc Siegel.



La géographie est passionnante.
Avec le jeu-concours
des Géophiles de
SCIENCE & VIE JUNIOR,
les collégiens vont la redécouvrir.



QUAND ? Le mardi 2 avril 1996
QUI ? Tous les collégiens de France métropolitaine
QUOI ? Un jeu-concours sous forme de QCM
COMMENT ? Les professeurs de géographie inscrivent leurs classes

+ de 10 000 lots à gagner :
cartes, planisphères, livres, atlas,
abonnements à **SCIENCE & VIE JUNIOR**
et de magnifiques voyages en Grèce

Pour tous renseignements et demandes de dossiers d'inscription,
contactez Zoé LEROY,
Les Géophiles de SCIENCE & VIE JUNIOR
1, rue du Colonel Pierre Avia 75503
Paris cedex 15
Tél. (1) 46 48 48 30 - fax (1) 46 48 49 39



médecine

par Philippe Chambon



Sur ce chromosome stylisé, les télomères sont indiqués en rouge. Ils raccourcissent à chaque division cellulaire... sauf dans les cellules cancéreuses.

Cancer : l'arme chromosomique

Les cellules cancéreuses restent éternellement jeunes... On sait enfin comment les faire vieillir pour qu'elles meurent.

Chaque fois qu'une cellule se divise, elle perd un petit bout de l'extrémité de ses chromosomes. Lorsque ces extrémités, appelées télomères,

deviennent trop courtes, la lignée cellulaire s'éteint. Ce phénomène est une composante essentielle du vieillissement des tissus.

Mais les cellules cancé-

reuses, qui ne cessent de se diviser, reconstruisent leurs télomères grâce à une enzyme, la télomérase, récemment découverte. Or, une équipe américaine est parvenue à bloquer l'action de la télomérase, ce qui réduit le nombre de divisions des cellules cancéreuses.

Pourrait-on traiter ainsi le cancer ? Il faudrait d'abord s'assurer que ce blocage ne

nuit pas à la survie de cellules comme celles de la moelle osseuse, qui, elles, doivent poursuivre leurs divisions la vie durant pour renouveler les composants du sang. Il en va de même pour les cellules germinales, qui produisent les spermatozoïdes. Autre problème : le blocage doit évidemment intervenir avant que le cancer ait tué le malade. Et les premières expériences montrent qu'il faut attendre plusieurs dizaines de divisions avant que les cellules meurent.

GREFFES : L'INCOMPATIBILITÉ HOMME-FEMME

● Pourquoi l'organisme féminin rejette-t-il si violemment les greffes d'organes mâles, même s'ils sont immunologiquement compatibles ? Les médecins savent depuis longtemps que les gènes responsables de ces rejets se trouvent – c'est logique – sur le chromosome Y. Restait à les identifier. Le premier d'entre eux a été isolé simultanément par une équipe européenne et par une équipe américaine. La médecine attend de l'identification de tous ces gènes l'amélioration des méthodes de greffe et celle des outils de diagnostic prénatal, pour dépister, notamment, des malformations congénitales liées au sexe.

**36 15
SCV**

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

SIDA

L'efficacité des cocktails

Une grande enquête franco-britannique sur deux ans, portant sur plus de 3 000 malades infectés par le VIH, confirme qu'il est préférable d'utiliser des associations de médicaments plutôt qu'un seul d'entre eux. Baptisée Delta, elle comparait un groupe de malades suivant un traitement à l'AZT à deux groupes prenant, l'un, de l'AZT et du DDC, l'autre, de l'AZT et du DDI. Dans certaines circonstances, le

cocktail AZT + DDI semble supérieur au mélange AZT + DDC.

Mais, depuis le lancement de l'enquête, de nouvelles molécules sont apparues. Elles doivent également être testées en association sur un nombre de patients plus restreint et sur une durée plus courte – afin d'obtenir les résultats plus rapidement. Ces molécules ne peuvent cependant pas encore, légalement, être utilisées en association.

HYPERBARIE

THÉRAPIE SOUS HAUTE PRESSION

Quand un homme-grenouille remonte trop vite à la surface, on le place dans un caisson hyperbare pour empêcher la formation de bulles d'azote dans son sang. Ces caissons où la pression est supérieure à celle de l'atmosphère ont trouvé une nouvelle application à l'Hyperbaric Medical Center de Plymouth (Angleterre). Ils soignent les blessures consécutives aux radiothérapies du cancer : si le malade respire de l'oxygène sous pression, la cicatrisation est plus rapide. Cette technique est également utilisée par le Whipp's Cross Hospital de Londres pour traiter certaines infections dont les germes sont très sensibles au taux d'oxygène dans le sang ; et aussi pour réoxygénérer des patients intoxiqués au monoxyde de carbone (photo ci-dessous).



J. King-Holmes/SPL/Cosmos

LE GINSENG CALME LA DOULEUR

Les Chinois prétendent mille et une vertus au ginseng. Les biochimistes occidentaux viennent, eux, d'en extraire un principe actif très intéressant. Il s'agit du ginsénoside Rf. Cette substance bloque certaines réactions des neurones sensibles et provoque une analgésie, à la manière des opiacés. Sur l'animal, l'extrait de ginseng

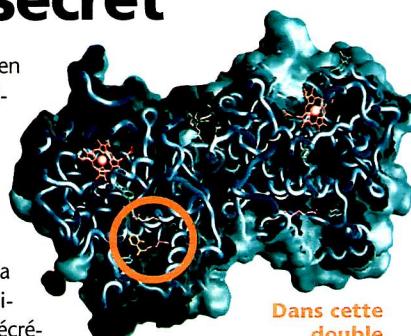


PHARMACOLOGIE

L'aspirine n'a plus de secret

Le plus ancien des antalgiques, l'aspirine, restait mystérieux. On savait qu'il agit sur une enzyme, la PGHS, impliquée dans la sécrétion des substances qui déclenchent la douleur et l'inflammation. Mais comment ?

Son mode d'action vient seulement d'être élucidé : au contact de la PGHS, la molécule d'aspirine se coupe en deux, et une partie vient s'immiscer dans le site actif de l'enzyme et le bloquer.

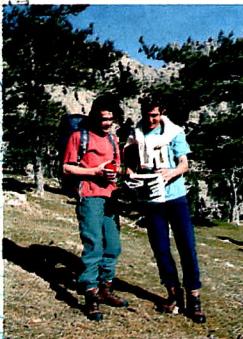


Dans cette double molécule de PGHS, la molécule de gauche est inactivée par un morceau de molécule d'aspirine (en jaune).

Cette découverte devrait aider à concevoir des antalgiques aussi efficaces que l'aspirine mais dépourvus d'effets secondaires sur l'estomac.

Halte-là halte-là halte-là, les

montagnards sont là, et en plus vous avez vu



leurs chaussures. Des

chaussures Altaï de

Décathlon. Regardez

d'un peu plus près. Ça,

c'est pas de la chaussure de touriste. Avec ces

merveilles aux pieds, grimper les pentes

abruptes de nos montagnes devient un vrai

régal. Essayez-les au moins une fois et deman-

dez ensuite à vos pieds ce qu'ils en pensent. Ils parleront de la rigi-

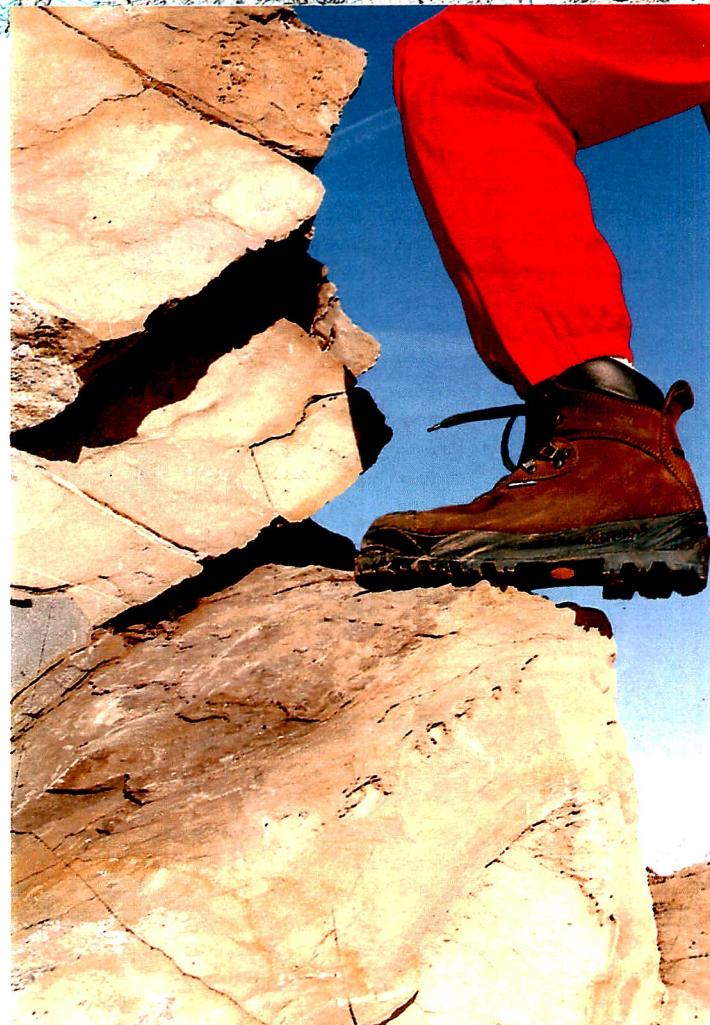
dité de la semelle, indispensable

pour assurer une parfaite sécurité

au marcheur. Une semelle Vibram



Enrobage pare-pierre en caoutchouc.



Remonte-pentes Altaï

745 F le

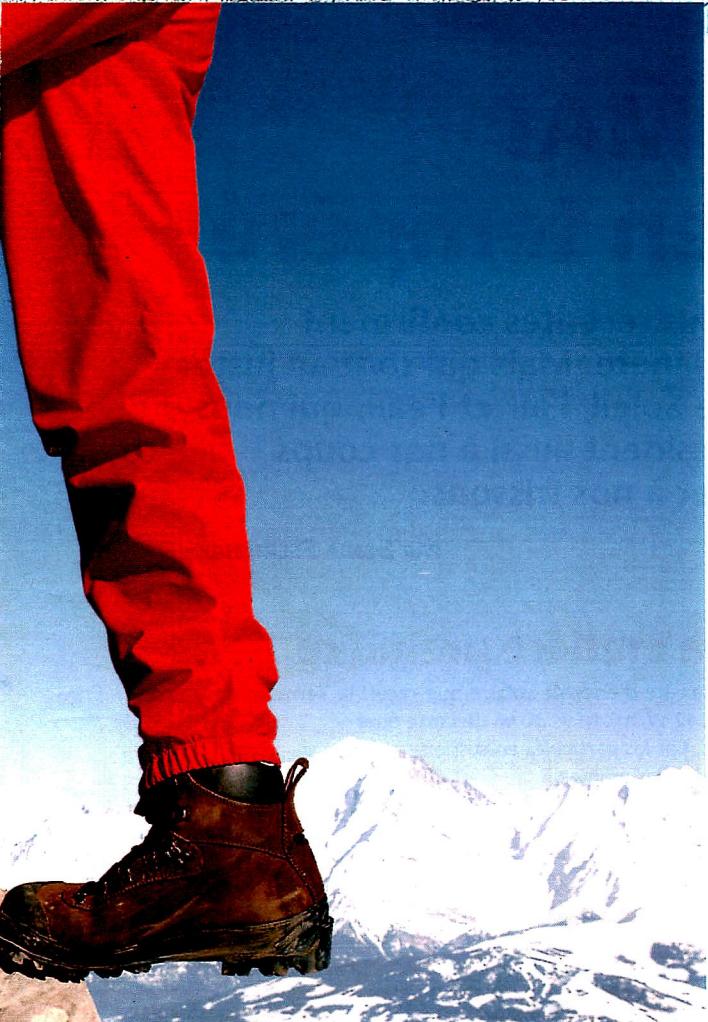
une excellente adhérence. Un insert Nylon acier la rigidifie et

assure une bonne tenue des crampons et du pied sur les rochers.

Vos pieds vous diront le plus grand bien de l'enrobage pare-pierre

en caoutchouc pour protéger de l'usure par frottement et renfor-

3615
DECATHLON
DES NEIGES
DES VOYAGES
DES PROMOS
DES HORAIRES
DES EMPLOIS & STAGES
A TOUTES LES FORMES



Chaussures de montagne Décathlon Altaï, 745 F.
Pour courses mixtes classiques de montagne.

Altaï de Décathlon, forfait.

cer l'imperméabilité, de la tige en cuir pleine fleur de 2,8 mm et

de sa doublure peau confortable et respirante. Ils seront ravis de

la robustesse et du confort absolu que leur procureront ces

chaussures mais quand je vous aurai dit que chez Décathlon vous

et sans crampes intempe-

tives, vous verrez qu'ils sauront

vous remercier en vous emmenant dans des paysages que

vous ne pouvez

même pas imaginer.



pouvez trouver 31 modèles

allant de la marche tranquille

à l'alpinisme, de 99 à 745 F

et que Décathlon offre une

Semelle Vibram
acceptant
tous crampons.

garantie d'un an sur la tenue

des couleurs et des coutures en usage nor-

mal, vos deux pieds applaudiront de bonheur.

Alors, pour une fois

pensez un peu à eux et offrez leur des

courses en montagne sans ampoules,

sans douleurs



CHAUSSURES

DECATHLON
A FOND LA FORME

CLIMAT

Le trio bien tempéré

■ Les études les plus récentes confirment le réchauffement de la planète. Mais qui sont au juste les acteurs du climat ? Le Soleil, l'air et l'eau, qui nous apportent la vie, président aussi à nos coups de chaleur et à nos frissons.

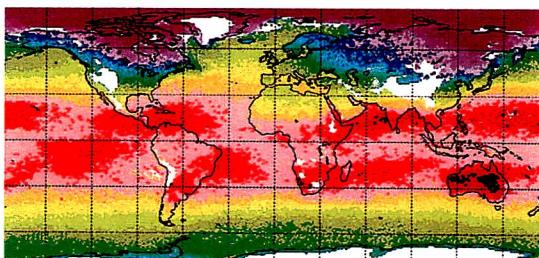
PAR SONIA FEERTCHAK

1- LE SOLEIL fournit la matière première

Les températures sont bien sûr liées à la quantité d'énergie solaire que reçoit la Terre.

Cette énergie est en moyenne annuelle de 342 W/m². Mais 30 % de cette énergie est renvoyée dans l'espace par les nuages, par les particules en suspension dans l'air, ainsi que par les molécules d'air elles-mêmes.

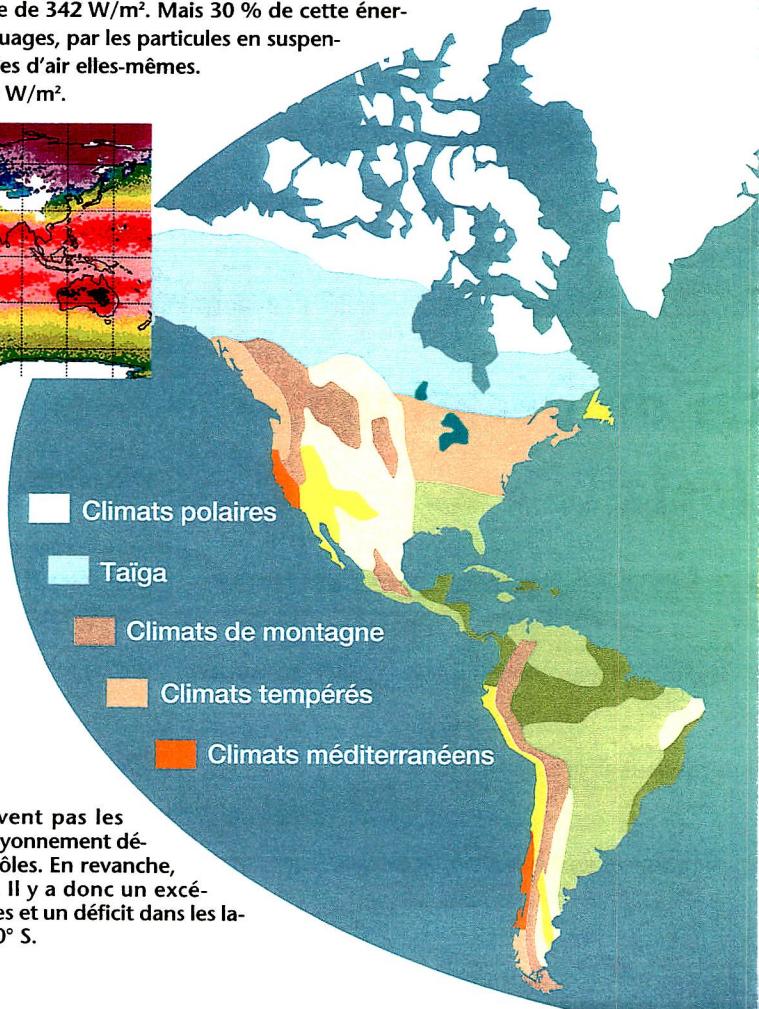
L'énergie vraiment absorbée est de 240 W/m².



▲ Le bilan radiatif est la différence entre le flux d'énergie solaire absorbée et le rayonnement infrarouge qui émerge de l'atmosphère. Ici, en janvier 1988, le rayonnement le plus faible figure en mauve, le plus important en rouge et en noir.



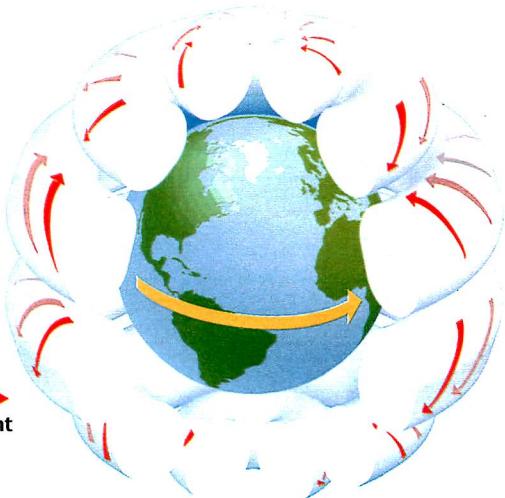
▲ Tous les points du globe ne reçoivent pas les rayons du Soleil de la même façon. Ce rayonnement décroît fortement de l'équateur vers les pôles. En revanche, le rayonnement infrarouge varie peu. Il y a donc un excédent d'énergie dans les régions tropicales et un déficit dans les latitudes situées au-delà de 40° N et de 40° S.



2- L'AIR redistribue la chaleur

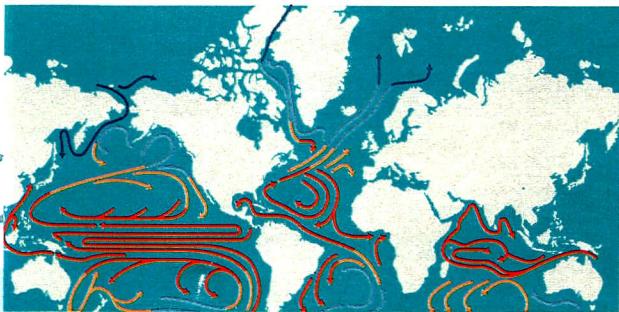
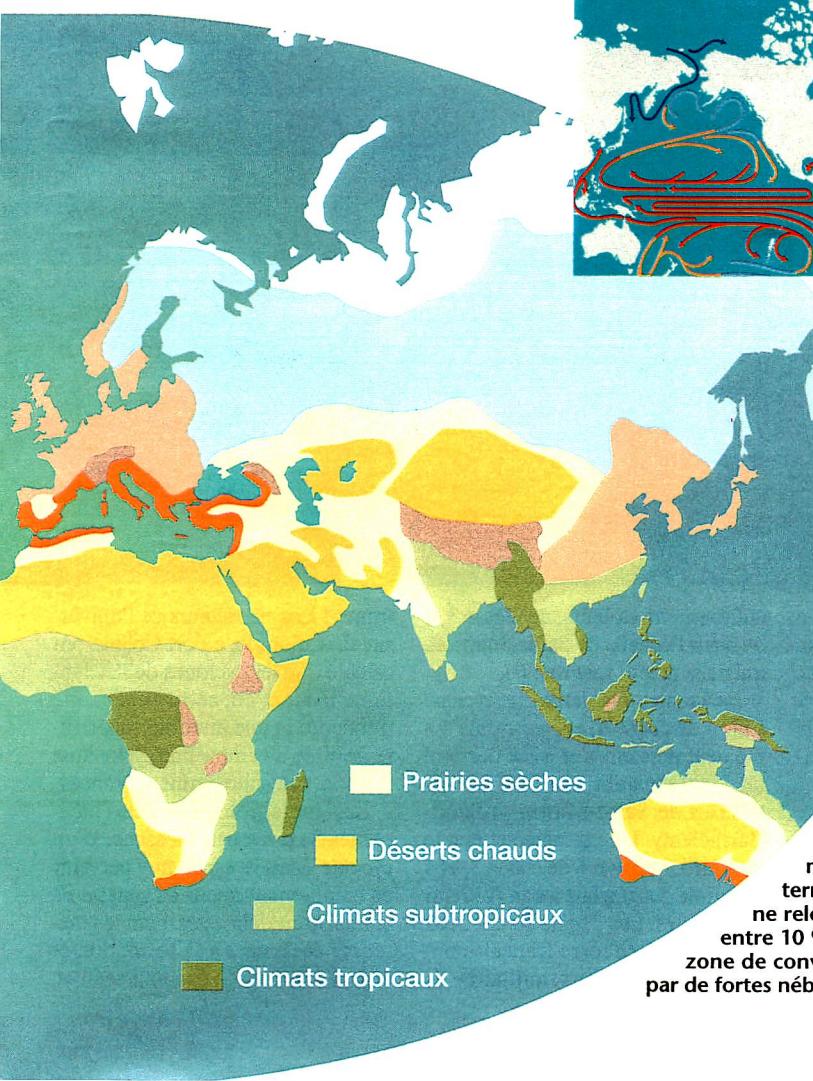
L'atmosphère est une enveloppe gazeuse qui recouvre la Terre. Pour se représenter son épaisseur, il faut imaginer que la Terre est une pomme dont l'atmosphère serait la peau. La densité de l'atmosphère décroît au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la surface terrestre. Les 50 premiers kilomètres de l'atmosphère (troposphère + stratosphère) constituent 99,9 % de la masse totale de l'atmosphère. Ils sont les seuls à jouer un rôle déterminant dans le climat.

Chauffée à l'équateur et refroidie au pôle, l'atmosphère se met en mouvement, et les vents transportent l'excédent d'énergie des régions tropicales vers les hautes latitudes déficitaires.

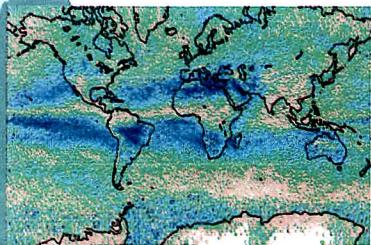


3- L'EAU rectifie les inégalités

L'eau agit elle aussi sur la température. Elle recouvre 71 % de la surface de la Terre, sous forme de liquide, de nuages, de vapeur, de neige et de glace.



▲ Comme l'atmosphère, les mers s'animent sous l'effet du Soleil et redistribuent l'énergie solaire, par le biais des courants.



▲ Evaporation et pluie se compensent, maintenant une concentration constante de vapeur d'eau dans l'air. A l'état condensé, cette vapeur d'eau recouvrirait toute la surface du globe sur 2,5 cm d'épaisseur. L'évaporation est responsable de la moitié du refroidissement de la surface terrestre. Ci-dessus, la nébulosité moyenne relevée au mois d'août 1988 s'échelonne entre 10 % (bleu foncé) et 90 % (gris clair). La zone de convergence intertropicale se caractérise par de fortes nébulosités.



1 995 restera comme une année à cyclones, l'une des plus actives depuis vingt ans. Avec une cible privilégiée : l'Atlantique. Sept cyclones (1) y ont sévi au cours derniers mois, dont trois parti-

culièrement violents, de classe 3, 4 ou 5 sur l'échelle de Saffir-Simpson, qui mesure leur intensité (2).

Le 5 septembre dernier, le cyclone Luis – de classe 4, et 5 en rafale – a tué neuf personnes et laissé derrière lui 4 000 sans-abri dans les îles antillaises de Saint-Martin et Saint-Barthélemy. Une semaine et demie plus tard, Marilyn – de classe 3, et 4 en rafale – déferlait à son tour sur les Antilles. Les dégâts de ces deux cataclysmes en terre française ont été estimés à deux milliards de

francs ! Les chercheurs de l'université du Colorado, à Fort Collins, ont calculé que les cyclones de l'Atlantique avaient eu, cette année, une fréquence et une intensité supérieure de 40 % à la moyenne cyclonique des quarante-cinq dernières années.

Les météorologues sont incapables de prévoir la naissance d'un cyclone. Mais ils espèrent y parvenir en comprenant mieux sa genèse. Ils connaissent déjà assez bien les facteurs nécessaires à sa formation et ceux favorisant son épanouissement.

(1) Le cyclone mature est parfois appelé ouragan dans l'Atlantique nord, typhon dans le Pacifique nord-ouest et willy-willy en Australie. En France, un cyclone est jugé mature lorsque ses vents dépassent 118 km/h.

(2) Un cyclone de classe 3 met en jeu des vents dont la vitesse varie entre 178 et 209 km/h. La classe 5, la plus élevée, comprend des vents qui atteignent des pointes de vitesse de 300 km/h.

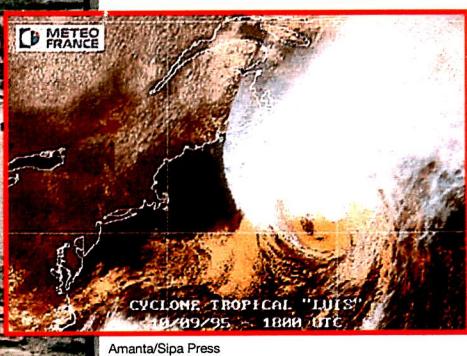
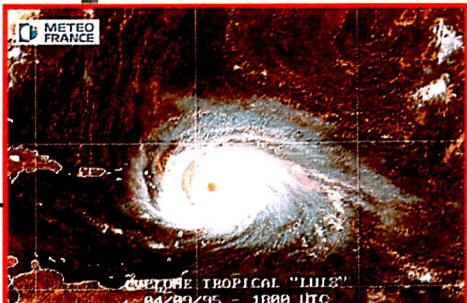
Le big bang d'un cyclone

Rarement, depuis vingt ans, les cyclones avaient été aussi puissants. Si l'on saisit mal le fonctionnement de ces redoutables machines thermodynamiques, on commence à comprendre leur genèse. Récit d'une naissance tumultueuse.

PAR ISABELLE BOURDIAL



Les météorologues n'ont pas pu assister à la naissance du cyclone Luis qui a ravagé, le 5 septembre dernier, les îles antillaises de Saint-Martin et Saint-Barthélemy (photo ci-dessus). Le phénomène reste en effet invisible jusqu'à l'apparition de la spirale de nuages caractéristique. Mais ils ont ensuite pu suivre par satellite sa course folle, dont voici, à droite, les images exceptionnelles.



Météo-France

Ce phénomène météorologique – le plus puissant et le plus dangereux – n'est rien d'autre qu'une dépression portée à son paroxysme ; autrement dit, une masse d'air soumise à une très basse pression. Alors que la pression atmosphérique, au niveau de la mer, fluctue autour de 1013 hectopascals, il n'est pas rare que la pression centrale d'un cyclone descende au-dessous de 900 hectopascals.

Le cyclone prend la forme d'un tourbillon dont le sommet culmine

parfois à plus de 15 km d'altitude. Cette véritable "cheminée", de 300 à 1000 km de diamètre, est matérialisée par un mur de cumulo-nimbus qui s'étirent en spirale. Des vents violents peuvent y souffler à plus de 250 km/h. Ils s'accompagnent de pluies abondantes. Le cyclone tropical est une formidable machine thermodynamique qui met en jeu une énergie considérable : l'équivalent de cinq bombes atomiques de type Hiroshima par seconde. Une portion de cette énergie est consommée ■■■

par le cyclone, sous forme d'énergie cinétique, au profit des vents et des vagues, une autre est introduite dans la circulation générale de l'atmosphère. Un tel phénomène doit trouver dans le milieu naturel où il s'épanouit les conditions nécessaires à son expansion. Les grands océans tropicaux sont les seuls endroits capables de fournir au cyclone suffisamment d'énergie pour permettre sa naissance et assurer sa croissance. Ils sont tour à tour le berceau qui

abrite les tout premiers moments de la vie d'un cyclone et le terreau qui assure sa subsistance.

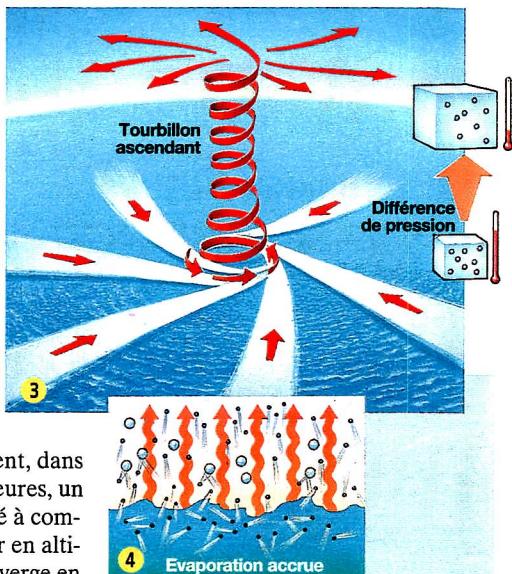
Les météorologues s'efforcent de reconstituer l'instant crucial de la germination d'un cyclone. Le scénario le plus plausible commence par la mise en place au-dessus de l'océan d'une énorme pompe à air engendrée par un champ de pression favorable.

A son pôle supérieur, vers 9000 m d'altitude, l'air est chassé à l'extérieur de la colonne. Il se produit instantanément, dans les couches inférieures, un appel d'air destiné à combler le déficit d'air en altitude. L'air qui converge en ce point étant aussitôt évacué vers le haut, il se produit dans les couches inférieures une baisse de pression qui entretient la convergence naissante.

La dépression serait vite comblée si la force de Coriolis n'incitait cette circulation ascendante à s'enrouler en spirale. La force de Coriolis, qui trouve son origine dans la rotation de la Terre, dévie tous les fluides en mouvement – vers la droite dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud. Pour amorcer et entretenir un tourbillon propre à devenir un cyclone, cette force ne doit pas être trop faible. Le fait qu'elle soit négligeable à l'équateur explique pourquoi on ne rencontre jamais de cyclones tropicaux entre 5° nord et 5° sud.

Dans le tourbillon embryonnaire, l'air aspiré trouve en altitude une pression bien plus faible qu'au niveau de la mer : moins comprimé, il augmente de volume. Cette expansion, qui constitue un travail mécanique, consomme de l'énergie, que le tourbillon puise, sous forme thermique, dans l'air. Il fait ainsi dé-

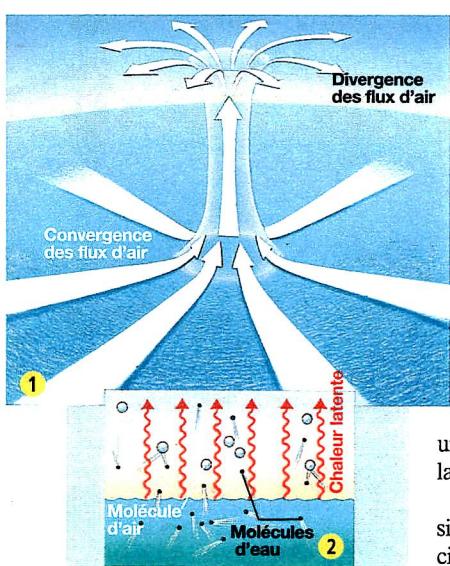
croître le niveau calorique de la masse d'air – qui se rafraîchit. La diminution de la température est liée à cette "détente adiabatique" (sans échange de chaleur avec l'extérieur).



La détente qui rafraîchit

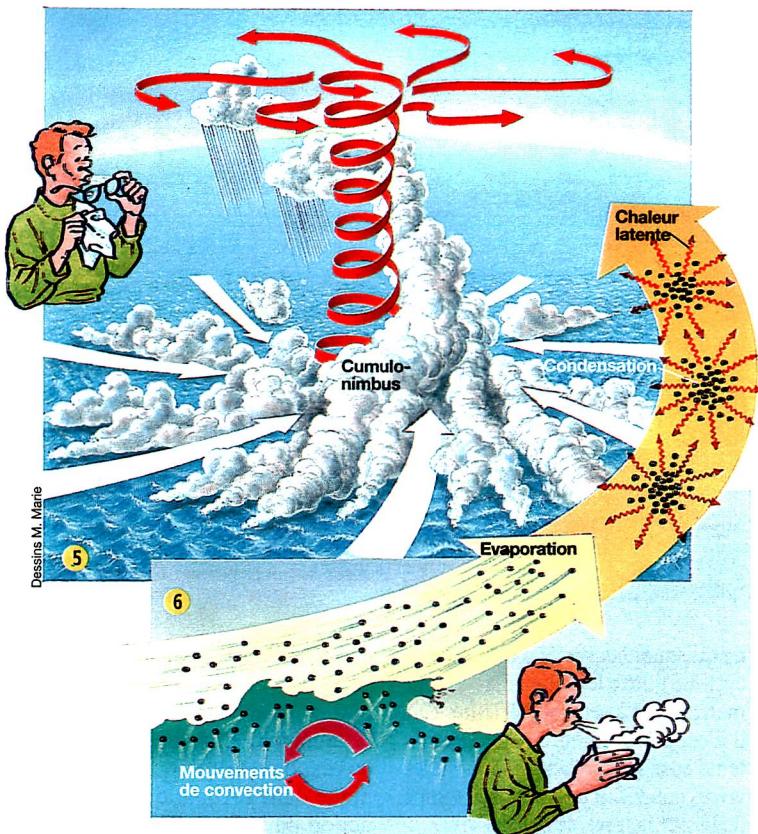
La force de Coriolis engendrée par la rotation de la Terre entraîne le flux d'air ascendant dans un tourbillon ①. Bien que la pression en altitude soit plus élevée qu'en temps normal, elle reste très inférieure à celle qui règne à la surface de l'eau. L'air qui monte subit cette baisse brutale de pression et se détend brusquement, ce qui a pour effet d'abaisser sa température. Les vents s'intensifient, les vagues se creusent et l'évaporation s'accentue ②.

Cette chute de température produit un effet capital : elle abaisse l'état de saturation en vapeur d'eau de la masse d'air. La vapeur d'eau est un gaz invisible, qui n'a rien à voir avec le panache s'échappant d'une bouilloire. Injustement appelé "vapeur", ce dernier est en réalité constitué de gouttelettes de liquide,



Une énorme pompe à air

Au départ, le vent est homogène. Un champ de pression propice à la formation d'un cyclone s'installe : des pressions plus élevées que la normale en altitude, et, au ras de l'eau, plus basses. Une sorte de pompe se met en marche : vers 9000 m, l'air est chassé ; au niveau de l'océan, il est aspiré dans un mouvement ascendant ①. L'eau est à plus de 26 °C, et l'évaporation est importante ②. Une partie des molécules d'eau retombent. L'évaporation arrache à l'océan de l'énergie, qui gagne l'atmosphère sous forme de chaleur latente.



comme le brouillard ou les nuages.

La quantité de vapeur d'eau qu'une masse d'air peut contenir est fonction de sa température. Ce seuil est d'autant plus haut que la température de l'air est élevée : un air chaud peut contenir plus de vapeur d'eau qu'un air froid. Au-delà de cette limite, la vapeur d'eau se condense en minuscules gouttelettes. L'eau excédentaire passe de l'état gazeux à l'état liquide; et il y a formation de nuages.

C'est précisément ce qui se passe dans le tourbillon. La détente adiabatique de l'air abaisse son état de saturation. Sa capacité d'absorption de vapeur d'eau diminue. L'humidité de l'air ambiant étant élevée (nous sommes au-dessus d'un océan tropical, sujet à de fortes évaporations),

Les phénomènes du cyclone

Plus l'air est froid, moins il absorbe de vapeur d'eau. L'excédent de vapeur se condense alors (comme la buée qu'on produit en soufflant sur les verres de ses lunettes pour les nettoyer) et se transforme en nuages. Ces cumulonimbus sont à leur tour happés par la pompe à air et s'enroulent en spirale 5. A la base du cyclone 6, les vents violents entraînent les molécules d'eau arrachées à l'océan, accélérant encore l'évaporation. En s'élargissant, la vapeur d'eau se condense et libère de la chaleur latente – énergie récupérée par le cyclone. Cette évaporation refroidit l'eau de surface (exactement comme lorsqu'on souffle sur sa soupe pour la refroidir), qui plonge alors et laisse place à une eau plus chaude en provenance des couches sous-jacentes.

il se produit une condensation aboutissant à la formation de nuages, à leur tour intégrés dans la ronde. Le tourbillon devient bébé cyclone. Mais il ne parviendra à l'état de maturité et ne méritera l'appellation de cyclone que s'il trouve assez d'énergie pour accélérer son mouvement rotatif et drainer encore davantage

d'air et d'eau. Cette énergie, c'est l'évaporation de la mer qui va la lui fournir. L'eau chaude de la surface de l'océan s'évapore naturellement. Mais cela ne suffit pas au tout jeune cyclone. Il va accentuer lui-même cette évaporation en exploitant les propriétés moléculaires de l'eau.

Car que se passe-t-il à la surface de l'eau, au cours de l'évaporation ? Bien que toutes les molécules d'une masse d'eau s'attirent, elles se déplacent frénétiquement. Il arrive que plusieurs d'entre elles parviennent à la surface à une vitesse assez grande pour qu'elles échappent à l'attraction des autres. Elles s'élèvent alors au-dessus de l'océan et rebondissent contre les molécules de l'air. Certaines retombent dans l'eau. Les autres gagnent, sous forme de vapeur d'eau, les couches basses du cyclone qu'elles humidifient.

LA HOULE S'EN MÈLE

L'évaporation est d'autant plus rapide que la température de l'eau est importante. Deux autres facteurs peuvent aussi l'intensifier : une baisse de pression, et la présence d'un courant d'air emportant la vapeur nouvellement formée au-dessus de l'océan. La chute de pression à la base du cyclone et son cortège de vents balayants favorisent donc l'évaporation. La houle issue de l'agitation de la surface de la mer par les vents du cyclone naissant l'accentue encore.

Reste à expliquer comment cette évaporation fournit de l'énergie au cyclone. Selon les lois de la thermodynamique, le passage de l'état liquide à l'état gazeux nécessite de l'énergie. Elle est fournie sous forme thermique par la couche superficielle de l'océan, qui se rafraîchit – tout comme notre peau lorsque nous transpirons. En résumé, l'action du cyclone sur l'océan ressemble à ce qui se produit lorsqu'on souffle sur sa soupe pour la refroidir : on chasse les molécules d'eau situées au-dessus de la surface pour les empêcher de retomber. Ce qui a pour effet d'accélérer l'évaporation et ■■■

■ ■ ■ donc le refroidissement du potage.

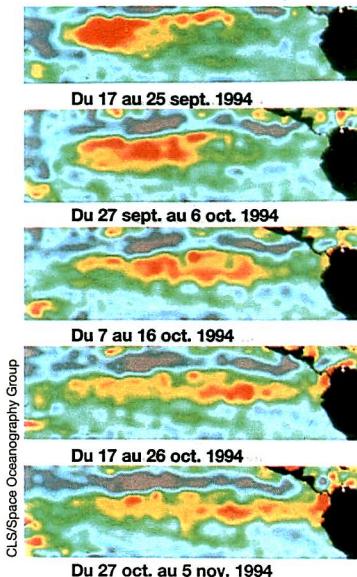
Mais que devient l'eau de surface lorsqu'elle se rafraîchit ? Elle plonge pour laisser place à une eau plus chaude et plus légère, en provenance de la couche sous-jacente. Ce mouvement de convection assure à l'atmosphère un apport permanent en énergie thermique. Mais il n'entraîne pas de hausse de la température de l'air. L'énergie est simplement stockée sous forme de chaleur latente. Cette chaleur, en quelque sorte cachée, ne sera libérée que lors de la condensation.

C'est ce qui se produit de façon continue dans le cyclone. Le système mixte d'évaporation et de condensation contrôlé par le cyclone constitue en quelque sorte ses "batteries". C'est cette chaleur latente qui contribue à l'allongement et à l'élargissement du cyclone. Seule contrainte : pour que l'océan puisse fournir assez de chaleur latente pour subvenir aux besoins du cyclone, il faut que la température de son eau de surface dépasse 26 °C sur une profondeur de 60 mètres. Cette condition *sine qua non* le confine dans la zone intertropicale, entre les latitudes 30° nord et 30° sud. Au-delà, point de salut !

UNE VIE COURTE MAIS MOUVEMENTÉE

Le cyclone mûrit. La différence de pression s'accentue entre son centre – l'œil du cyclone – et sa périphérie. La mer lui donne encore un peu plus d'ampleur. Comme on l'a vu, cette différence de pression engendre des vents cycloniques : la houle s'installe et favorise l'évaporation de l'eau. De plus, l'écume et les vagues d'une mer démontée injectent dans l'air une humidité plus importante que ne le ferait une mer d'huile. Le cyclone s'en repaît.

Ainsi naissent les cyclones. Durant leur courte vie – généralement à peine plus d'une semaine –, ils peuvent parcourir plusieurs milliers de kilomètres. Leur trajectoire prend le plus souvent l'allure d'une parabole ponctuée de sautes imprévisibles. Puis ils se dispersent, parfois



Ces images du satellite *Topex-Poseidon* montrent la naissance du phénomène El Niño ("l'enfant", en espagnol) et son déplacement vers les côtes de l'Amérique du Sud. Cette masse d'eau chaude fait varier le niveau de la mer (en rouge, les variations de plus de 12 cm.) Après une période d'intense activité en 1994, El Niño s'est dissipé, ce qui aurait favorisé la recrudescence des cyclones dans l'Atlantique en 1995.

en quelques heures. Si d'aventure un cyclone quitte le milieu marin pour mettre pied à terre, il périclite. Car il n'est plus alimenté en chaleur la tente et se retrouve brusquement les vivres coupés. Il a toutefois le temps de laisser la trace de son passage !

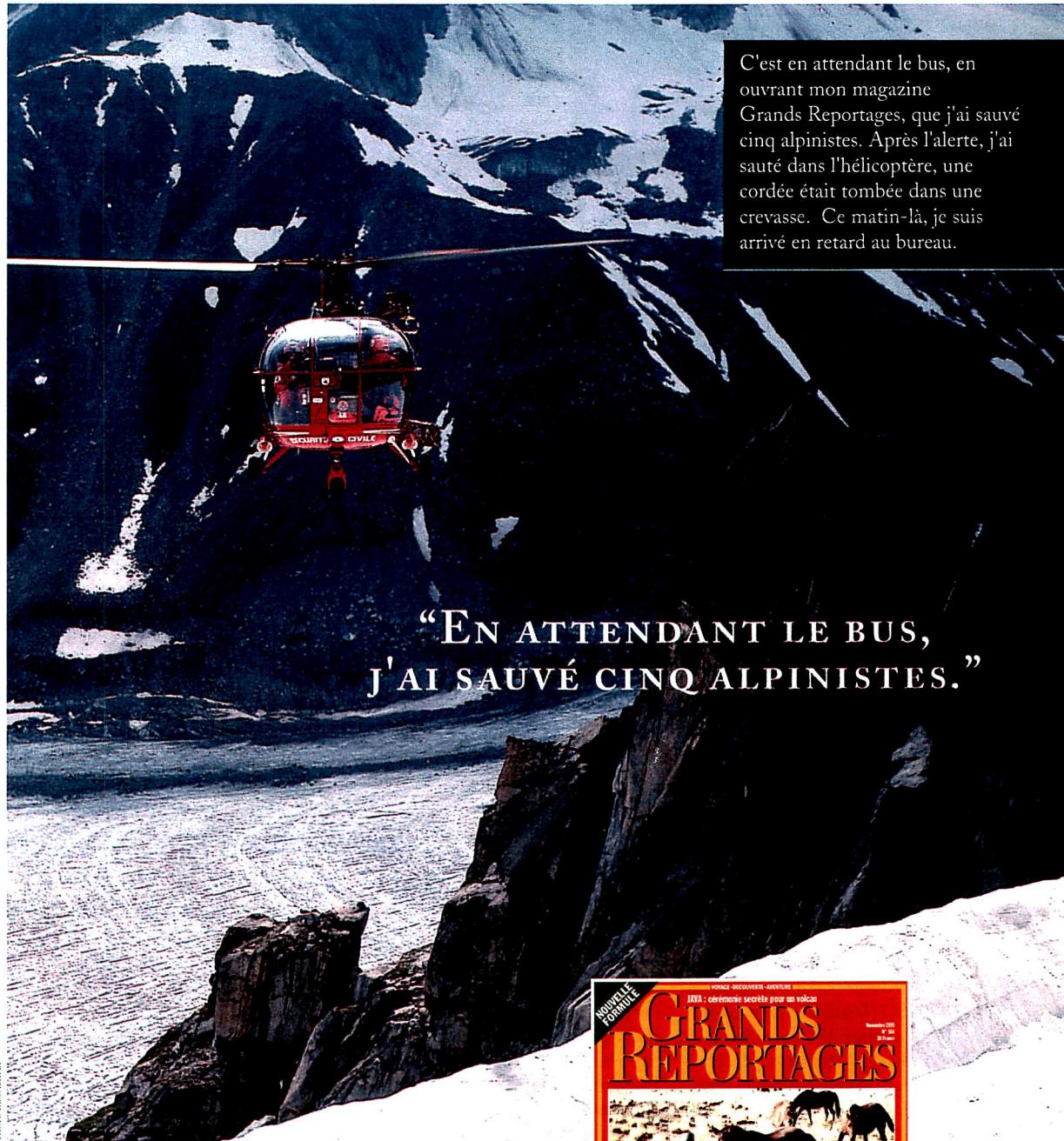
Certains phénomènes météorologiques favorisent l'apparition d'un cyclone en lui donnant un petit coup de pouce. D'abord, les perturbations qui sévissent dans la zone intertropicale de convergence. C'est au niveau de cet équateur météorologique que s'affrontent les flux d'air en provenance des deux hémisphères. Ce front, large de plusieurs centaines de kilomètres, se déplace suivant les saisons. Il est le siège d'importantes formations de nuages et de pluies abondantes. Ses perturbations donnent du grain à moudre au cyclone en humidifiant généralement l'air. C'est aussi le cas de l'"onde tropicale d'est", un train d'ondulations de pression qui se déplace d'est en ouest, accompagné d'un cortège de précipitations.

D'autres facteurs favorisent la naissance des cyclones. Le groupe d'experts du Colorado avance ainsi quatre hypothèses pour expliquer l'hyperactivité cyclonique de cette année. Premièrement, la longue période de sécheresse du Sahel, amorcée en 1970, avait jusqu'à présent fortement contrarié la formation des

cyclones dans l'Atlantique. Mais, cette année, le Sahel a connu des pluies très abondantes qui ont levé cette inhibition. Autre phénomène qui expliquerait l'opulence cyclonique dans l'Atlantique : la dissipation du courant El Niño. Cette énorme lentille d'eau chaude qui se développe périodiquement dans les eaux équatoriales du Pacifique sud soulève des vents d'ouest rasants, qui ont la particularité de décapiter les cyclones naissants dans l'Atlantique, en ventilant leurs masses d'air. Or, la longue phase d'activité qu'a récemment connu El Niño s'est achevée fin 1994...

LES VENTS EN POUPE

Troisième élément favorable : le comportement des vents stratosphériques qui tournent autour de l'équateur. Ils changent de direction tous les douze à seize mois, venant alternativement de l'ouest ou de l'est. Or, le premier cas de figure – celui qu'a connu le bassin de l'Atlantique cette année – s'accompagne toujours d'une activité cyclonique plus intense que le deuxième cas. Quant au quatrième facteur, c'est la température en surface de l'eau de mer qui doit, comme on l'a vu, être supérieure à 26 °C. Cette température fut bien atteinte ces derniers mois de l'Ouest de l'Afrique aux Caraïbes.



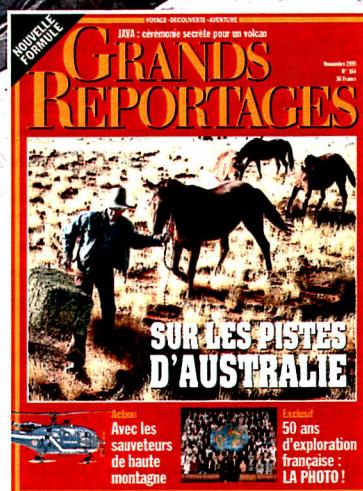
C'est en attendant le bus, en ouvrant mon magazine Grands Reportages, que j'ai sauvé cinq alpinistes. Après l'alerte, j'ai sauté dans l'hélicoptère, une cordée était tombée dans une crevasse. Ce matin-là, je suis arrivé en retard au bureau.

**“EN ATTENDANT LE BUS,
J'AI SAUVÉ CINQ ALPINISTES.”**

PHOTO VASSILY VASSILY

**En cadeau, une cassette exclusive
avec le magazine Grands Reportages**

“En direct, nos envoyés spéciaux vous racontent leur aventure”



LE MONDE TOURNE AUTOUR DE VOUS.

La face cachée de l'Univers

■ **Voir l'invisible : c'est la prouesse que réclament les astronomes européens au satellite ISO, lancé ce mois-ci. Des planètes proches aux lointaines galaxies, l'Univers inconnu, obscur et masqué va enfin se dévoiler. Mission à remplir en dix-huit mois.**

PAR PHILIPPE HENAREJOS

Pour les astronomes, c'est l'événement de l'année. Décollant de Kourou au début de ce mois, la 80^e fusée Ariane emporte le satellite ISO (Infrared Space Observatory), premier véritable observatoire infrarouge, entièrement réalisé et lancé par l'Agence spatiale européenne (ESA). Pour la première fois de son histoire, la vieille Europe devance l'Amérique dans un projet spatial jugé prioritaire par les astronomes du monde entier.

Des planètes les plus proches aux galaxies les plus lointaines, c'est tout le côté obscur de l'Univers, fait de gaz, de molécules, de poussières et d'objets n'émettant aucune lumière visible, qui va se dévoiler.

Les scientifiques vont pouvoir explorer les processus de l'évolution

stellaire, décortiquer l'histoire des galaxies, chercher des naines brunes qui pourraient représenter une bonne partie de la masse manquante du cosmos ou encore remonter aux premiers âges de l'Univers pour y chercher les plus lointaines galaxies. Ils espèrent enfin trouver de nouveaux systèmes planétaires en formation, identiques à celui de β -Picoritis, le seul connu à ce jour (voir *Science & Vie* n° 937, p. 46).

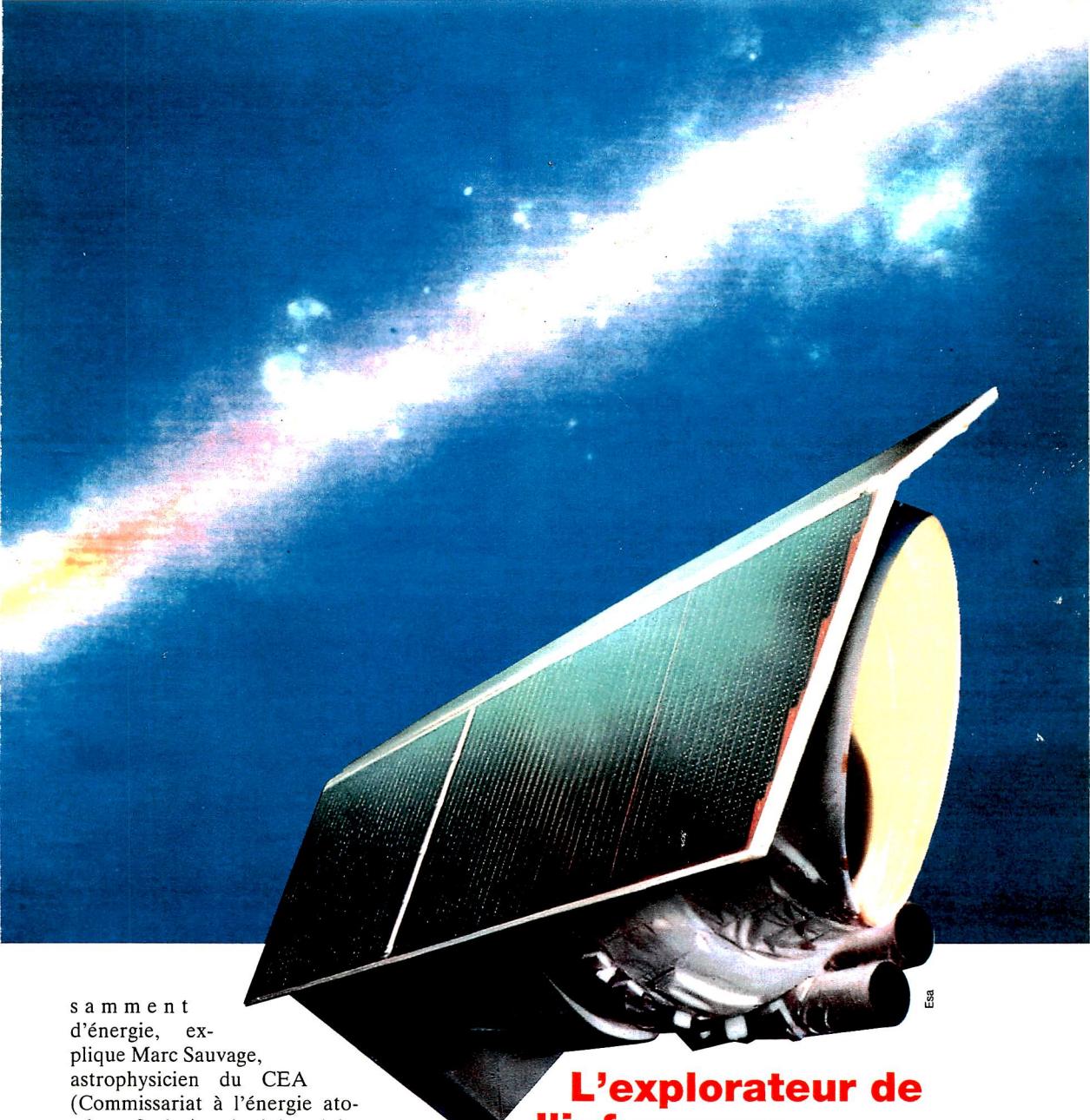
Ces pans entiers de l'astrophysique demeuraient interdits. Et pour cause : seule une infime partie du rayonnement infrarouge arrive au sol, l'essentiel étant noyé dans l'atmosphère. Si des observatoires situés en altitude, des ballons stratosphériques ou des télescopes embarqués dans des avions parviennent à en-

trouver la porte du domaine infrarouge, seul un satellite affranchi du véritable écran que constitue l'atmosphère peut être réellement efficace.

Dans l'espace, néanmoins, il faut affronter certaines difficultés. La première d'entre elles, c'est la durée de vie de l'instrument, limitée par l'impossibilité de l'entretenir. Surtout en infrarouge, car il faut refroidir les appareils à -271°C (2 K) au moyen d'hélium liquide dont la réserve sera épuisée dans dix-huit mois. ISO cessera alors de fonctionner. En outre, alors que les télescopes terrestres peuvent pointer dans de nombreuses directions, ISO sera restreint dans ses mouvements.

« Le satellite doit constamment tourner le dos au Soleil afin que les panneaux solaires fournissent suffi-

Nasa



Esa

vement d'énergie, explique Marc Sauvage, astrophysicien du CEA (Commissariat à l'énergie atomique, Saclay), qui suit l'exploitation de la caméra infrarouge d'ISO, Isocam. De plus, il ne peut pointer ni la Lune, ni la Terre, ni Jupiter, qui sont des sources trop puissantes, capables de vaporiser de grandes quantités d'hélium. Enfin, en dix-huit mois, ISO ne pourra couvrir tout le ciel en raison de la faible précession de son orbite. Dans le cas d'un lancement en novembre, la région de la constellation d'Orion ne sera pas observable.»

En dépit de ces quelques inconvénients, dès le 10 janvier prochain, une fois son bon fonctionnement assuré,

L'explorateur de l'infrarouge

Génés par l'atmosphère, les astronomes perçoivent mal le rayonnement infrarouge de l'Univers. Mais, en 1983, un premier satellite infrarouge, IRAS, a pris, entre autres, cette photo de la Voie lactée. Pendant dix-huit mois, ISO (ci-dessus) observera en détail les sources dévoilées il y a douze ans.

ISO entamera son travail. Il servira à observer en détail des sources pré-sélectionnées. Car l'astronomie infrarouge, si elle n'en est qu'à ses débuts, ne part pas tout à fait de zéro. ISO a eu un précurseur américain, IRAS (Infrared Astronomical Satellite), lancé en 1983, dont la mission a

consisté à jeter un coup d'œil rapide sur tout le ciel. C'est ainsi qu'ont été découverts de mystérieux nuages de gaz et de poussières appelés "cirrus galactiques" en raison de leur forme filamenteuse. IRAS fut aussi le premier à déceler des excès d'émissions infrarouges en provenance de plu-

la face cachée de l'Univers

■■■ siers étoiles, par exemple Véga.

Généralement, un rayonnement infrarouge trahit la présence de poussières, de gaz ou de grosses molécules qui captent l'énergie – y compris lumineuse – des étoiles pour l'émettre à nouveau dans ces longueurs d'onde. Quand IRAS a capté l'émission, les astronomes ont donc su que ces étoiles étaient entourées de matière. Et c'est en pointant l'une de ces "suspectes", β -Pictoris, que les astronomes ont découvert le premier système planétaire en formation dans la galaxie.

CIRRUS GALACTIQUES

Malheureusement, IRAS n'avait pas un grand pouvoir de résolution, ce qui l'empêchait de détailler les sources qu'il découvrait. De plus, ses observations se limitaient à quatre bandes spectrales comprises entre 8 et 120 micromètres.

Doté d'un télescope de 60 cm de diamètre, ISO perçvera, au contraire, à 10 micromètres, des détails de 5" d'arc, soit la taille de la tache de diffraction obtenue à cette longueur d'onde. En outre, il fera de la spectroscopie et "verra" dans une bande plus large, entre 2,5 et 200 micromètres. Il pourra ainsi détecter des corps froids, de 15 à 300 K.

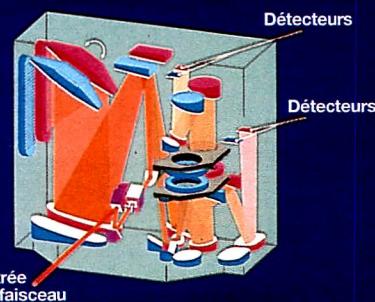
L'un de ses premiers objectifs sera d'observer les fameux cirrus galactiques détectés par IRAS. « Ces nuages se composent de grosses mo-

centrés sur certaines émissions spécifiques. De plus, alors qu'IRAS arrêtait ses observations à 100 micromètres, ISO, en atteignant 200 micromètres, permettra de voir, éventuellement, des corps encore plus froids.»

L'autre grand thème de recherche suscité par IRAS concerne les disques de gaz et de poussières autour de certaines étoiles, appelés disques protoplanétaires. A ce jour, seul celui de β -Pictoris a été vu directement. « Les planètes naissent dans des disques de poussières de ce type, explique Magali Deleuil, du Laboratoire d'astronomie spatiale, à Marseille. Il est donc fondamental, dans la recherche de planètes, d'en trouver de nouveaux.» Sur ce point, ISO aura assez de résolution pour apercevoir, à 10 micromètres, un disque de la taille de celui de β -Pictoris, situé quatre fois plus loin, soit à 208 années-lumière. Cependant, les disques de poussières rayonnent essentiellement à 20 micromètres, ce qui représente des températures plus froides venant de corps plus éloignés de la source de chaleur qu'elles constituent. Par conséquent, les disques sont probablement plus larges, donc visibles à des distances plus grandes encore.

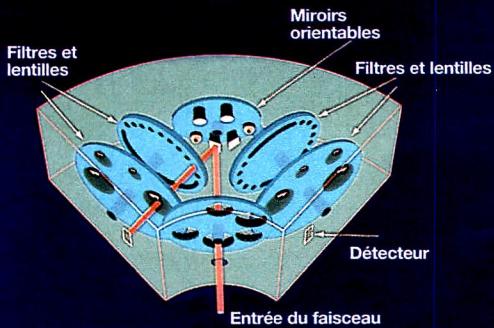
Mais les recherches ne se limiteront pas à de l'imagerie. « Plusieurs étoiles ont les mêmes caractéristiques spectrales que β -Pictoris, dit

UN SPECTROMÈTRE...



Le Short Wavelength Spectrometer, haute résolution, observe dans des longueurs d'onde comprises entre 2 et 5 micromètres.

... ET ENFIN UNE CAMÉRA...



ISOCAM doit prendre des photos des différents objets. Elle perçoit l'infrarouge entre 2,5 et 17 micromètres.

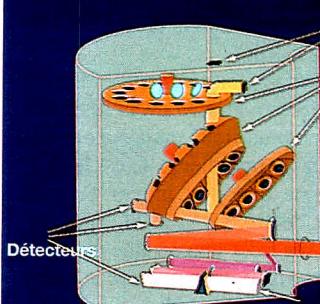
ISO va guetter les systèmes planétaires en formation

lécules, telles que les PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons), qui se sont formées dans les étoiles avant d'être expulsées dans le milieu interstellaire, explique Laurent Vigroux, astrophysicien au CEA. Grâce à ISO, nous allons pouvoir affiner notre connaissance de ces nuages, notamment en employant des filtres

Alain Lecavelier, de l'Institut d'astrophysique de Paris. 51 Oph, HR 10 et HR 2174 sont trois candidates sérieuses autour desquelles nous avons des chances de trouver, grâce à des observations spectroscopiques, de nouveaux disques protoplanétaires.»

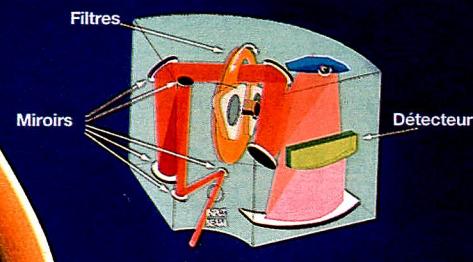
Des observations de β -Pictoris sont bien sûr prévues. « Nous allons tenter de faire de la spectroscopie sur le disque de poussières, dit Magali Deleuil, pour avoir une idée du degré d'évolution des corps qui y gravitent, et notamment pour confirmer la présence de comètes.» Malheureusement, en raison du lancement cet automne, l'étoile ne sera pas visible dès les premiers mois

... UN PHOTOPOLARIMÈTRE...



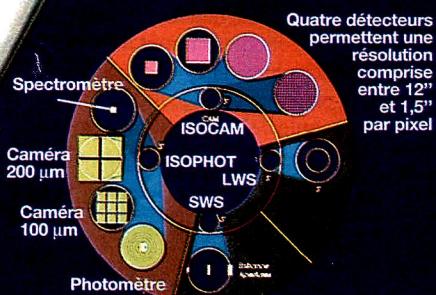
ISOPHOT mesure le flux lumineux. Il opère entre 2,5 et 200 micromètres.

... UN SECOND SPECTROMÈTRE...



Le Long Wavelength Spectrometer (LWS) a pour mission d'observer de 50 à 200 micromètres.

... POUR COUVRIR TOUT LE SPECTRE INFRAROUGE



Ces quatre instruments, font du satellite ISO le premier véritable observatoire dans ce domaine.

Tout pour réussir

Sur ISO, le télescope de 60 cm de diamètre est recouvert d'un revêtement doré, spécial, qui permet de mieux capter les rayons infrarouges qu'avec un télescope normal. Des panneaux solaires lui fournissent l'énergie nécessaire. C'est au foyer du télescope que sont placés les différents instruments de mesure.

d'activité d'ISO. Il faudra sans doute attendre ses dernières semaines de fonctionnement pour espérer obtenir des fenêtres d'observation.

Il y a en revanche un domaine où de nombreuses campagnes d'exploration sont programmées de manière sûre : l'étude des étoiles et du milieu interstellaire. Daniel Rouan, astronome à l'observatoire de Meudon, conduit un programme pour pointer les étoiles en fin de vie. « Il s'agit d'étoiles qui vont entrer dans

la face cachée de l'Univers

■■■ leur phase de nébuleuse planétaire. Elles sont cachées par les enveloppes de gaz qu'elles expulsent tout autour d'elles. Nous allons pouvoir observer les couches les plus froides – donc les plus extérieures – de ces enveloppes et connaître leur composition. Et reconstituer ainsi, étape par étape, l'histoire récente de

De la poussière à la poussière, toute la vie d'une étoile

ces enveloppes pour comprendre le mécanisme qui permet de les éjecter.» A 1 000 parsecs de la Terre (1 parsec = 3,26 années-lumière), ISO devrait voir les parties éjectées distantes de 0,3 parsec de ces étoiles.

L'étude de ces vastes "bulles" de gaz en expansion donnera en outre de bonnes indications sur la manière dont s'enrichit le milieu interstellaire. Les astronomes sauront à quel moment et comment les gaz se transforment en grosses molécules avant de se coaguler en des poussières.

Dans le même dessein, certains programmes viseront les enveloppes de supernovæ. «Il sera intéressant, dit Marc Sauvage, d'observer comment les éjectats se mélangent au milieu interstellaire, comment le chaud rencontre le froid, et de voir ce qu'il advenit de la poussière au cours d'une expansion si violente.»

Plus tard, bien plus tard, cette masse rejetée par les étoiles en fin de vie servira de terreau à la formation de nouvelles étoiles, plus riches en éléments lourds. Vraisemblablement sous l'effet du souffle d'une supernova proche ou des turbulences galactiques, certains de ces nuages diffus finissent par se concentrer et par s'effondrer sur eux-mêmes. Après avoir disséqué la mort des étoiles, ISO offrira donc aux astronomes une chance d'assister aussi à cette phase de naissance d'autres étoiles.

«Par le rayonnement infrarouge reçu, nous pourrons percer les nuages opaques et sombres qui enveloppent les proto-étoiles, annonce Daniel Rouan. Nous suivrons les phénomènes qui surviennent pendant la phase d'effondrement, avant que les étoiles s'allument et se mettent à briller dans le visible.»

On réalisera de grandes cartographies de plusieurs régions du ciel considérées comme des «pépinières» d'étoiles, pour réunir un bon échantillonnage de cas. Ainsi s'élucideront peut-être quelques énigmes. Par exemple, pourquoi, à côté de grosses étoiles, ne se forme-t-il pas de petites étoiles? Quel rôle joue dans la for-

mation des étoiles la présence d'éléments lourds?

Le voyage au cœur de l'évolution stellaire se poursuivra vers des astres un peu plus vieux mais encore entourés de poussières. C'est le programme que doit mener Ronald Stark, de l'IAP. «Avec ISO, nous devons regarder une dizaine d'étoiles jeunes afin de comprendre la distribution du gaz et des poussières. Nous aurons ainsi une idée de la façon dont évolue le nuage de gaz et nous tenterons de vérifier les théories de formation des étoiles.» Celles qui sont à peine plus âgées, correspondant à la phase « β -Pictoris», ne seront évidemment pas oubliées.

Enfin, par la spectroscopie infrarouge d'étoiles en pleine force de l'âge, des températures, des densités et des gravités pourront être mesurées. Ces informations «boucleront la boucle» d'une vie stellaire, de la poussière à la poussière...

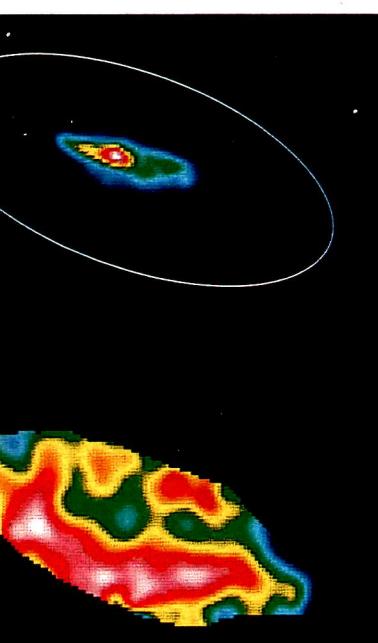
À LA RECHERCHE DE LA MATIÈRE PRIMORDIALE

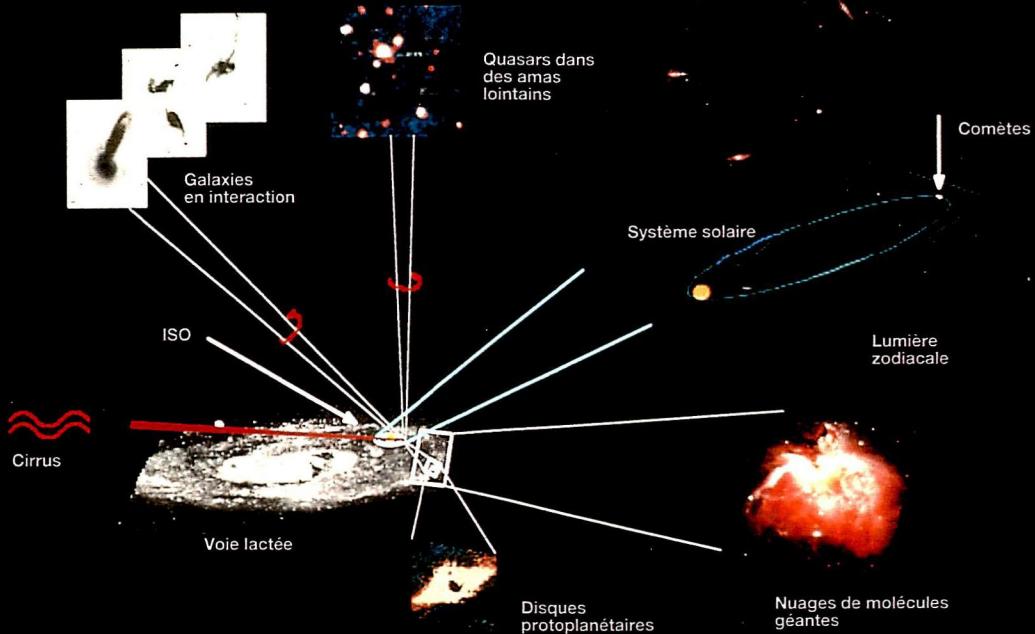
Prises globalement, les étoiles dictent le destin des galaxies. Dans la Voie lactée, l'espace est peuplé de nuages plus ou moins diffus d'éléments lourds issus de la combustion d'étoiles depuis longtemps disparues. «En observant par la tranche, à 11,3 micromètres, des galaxies peu éloignées, nous devrions détecter ces grosses molécules présentes dans la Voie lactée et confirmer l'universalité de cette composante interstellaire, indique Daniel Rouan. Un moyen d'étudier aussi l'évolution chimique des galaxies.»

Au bout du compte, il semble même possible de voir la formation des toutes premières galaxies de l'Univers. Extrêmement éloignées, celles-ci sont aussi extrêmement sombres en lumière visible. Ce qui s'explique par le fait que la plupart des étoiles encore en phase de formation demeurent littéralement noyées dans de grandes quantités de gaz et de poussières, principales responsables de l'absorption de la lumière. C'est également le cas de ga-

Radiographie d'une galaxie

Suivant la longueur d'onde choisie, la galaxie M82 montre un visage bien différent. Ainsi, observée – difficilement – dans l'infrarouge (en bas), elle révèle une couronne de grosses molécules (en rouge). En revanche, dans l'ultraviolet (en haut), ce sont des étoiles jeunes qui apparaissent au centre.





Rien n'échappera au regard d'ISO

Au cours de ses dix-huit mois de vie, ISO observera une grande diversité de sources, des plus lointaines (les galaxies les plus jeunes) aux plus proches (les planètes du système solaire).

laxies proches très actives : M 82 absorbe ainsi 80 % de sa lumière visible. Or cela se traduit par une forte émission infrarouge. Du coup, les astronomes espèrent qu'ISO parviendra à voir les premières galaxies en train de se former, au-delà des galaxies les plus lointaines observées aujourd'hui. Si de tels astres sont découverts, peut-être sera-t-il possible d'y trouver la matière primordiale à partir de laquelle se sont formées les étoiles de la première génération. « Nous pourrions enfin savoir à quoi ressemble une galaxie naissante, dans la phase d'« allumage » de ses premières étoiles, dit Laurent Vigroux. En outre, nous saurons à quelle époque des galaxies ont commencé à exister. »

ISO convie donc les astronomes à un tour du cosmos. Pourtant, cette visite ne serait pas complète sans le système solaire lui-même. Grâce à un spectromètre haute résolution aux performances sans égales au sol,

les planètes géantes comme Saturne ou Neptune seront sondées. Pour la première fois, se dessinera une idée précise des quantités relatives des gaz contenus dans leur atmosphère, ainsi que des pressions et des températures régnant dans les différentes structures nuageuses. Les comètes qui surgiront n'échapperont pas plus à la grande traque.

NAINES BRUNES ET MASSE MANQUANTE

Enfin, ISO pourrait apporter un début d'explication à la fameuse masse manquante de l'Univers. Depuis des années, les astronomes trouvent que l'Univers « ne fait pas le poids ». A la périphérie des galaxies, les étoiles tournent beaucoup trop vite pour ne pas s'échapper. Ce qui signifie que la force de gravitation qui les retient est plus importante que prévu et qu'il manque de la masse. Mais pas qu'un peu : au moins 90 % ! Les scientifiques ont imaginé

qu'une partie de cette masse cachée (puisque on ne la voit pas) pouvait exister sous forme de naines brunes, c'est-à-dire de petites étoiles émettant si peu de lumière qu'elles restent invisibles. Dans l'infrarouge, de tels astres brilleraient beaucoup plus que dans le visible.

« ISO dispose d'une sensibilité suffisante pour en détecter dans la Voie lactée », précise Marc Sauvage. « Cependant, dans ce domaine, il n'existe aucun véritable programme à cause du temps qu'il exigerait pour sa réalisation. Il faudra donc que la chance veuille bien nous sourire, par exemple lorsqu'on procédera à des visées d'objets sélectionnés. »

Au cours de ses dix-huit mois d'activité, le nouveau satellite européen va effectuer un grand plongeon dans le côté obscur de l'Univers. Il va mettre au jour tout ce qui restait tapi dans la pénombre froide de l'espace. Après sa mission, l'Univers aura changé aux yeux des astronomes. ■

L'hydrogène, un

■ Fourni par l'eau intarissable des océans grâce à l'énergie gratuite du soleil, le combustible de demain, inépuisable et non polluant, sera tout simplement l'hydrogène. La compréhension des mécanismes naturels de la photosynthèse laisse envisager sa production industrielle.

PAR PIERRE ROSSION

Depuis les récents travaux d'une équipe britannique et d'une équipe française (1), on commence à bien comprendre les mécanismes mis en jeu dans le processus très complexe de la photosynthèse. D'où l'espoir de pouvoir bientôt les reproduire à l'identique.

De quoi s'agit-il? Chaque molécule d'eau, H_2O , est un complexe formé pour deux tiers d'hydrogène et pour un tiers d'oxygène, puisque à chaque atome d'oxygène sont accolés deux atomes d'hydrogène. Par l'électrolyse on parvient, certes, à "casser" l'eau en ses deux composants. L'opération consiste à faire passer un courant électrique entre

deux électrodes (cathode et anode) plongeant dans de l'eau rendue conductrice par un sel ou un acide. L'hydrogène est alors recueilli à la cathode et l'oxygène à l'anode. Mais l'opération n'est pas rentable, car elle nécessite une quantité d'énergie électrique trente fois supérieure à celle qu'on obtient de cet hydrogène.

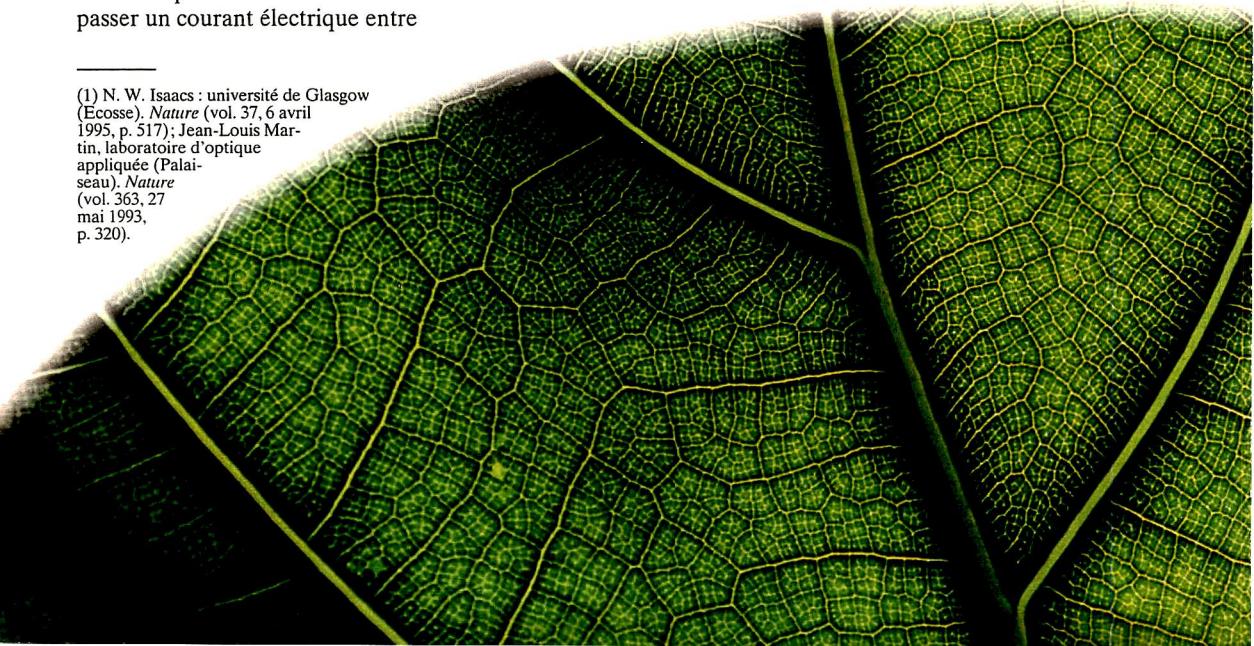
PLANTES VERTES ET ALGUES BLEUES

On pourrait envisager de réaliser cette électrolyse avec l'électricité gratuite provenant de la conversion de

la lumière solaire. Mais il faudrait utiliser des panneaux de cellules photoélectriques couvrant des kilomètres carrés. La mise en œuvre d'un tel procédé est donc pour l'instant impensable. Mieux vaut s'inspirer des processus naturels de la photosynthèse, qui se produit dans les algues bleues et les plantes vertes, lesquelles réussissent le tour de force de dissocier l'eau sur un espace microscopique, avec un rendement certes faible (de 2 à 3 %), mais avec une énergie gratuite et inépuisable.

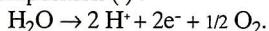
Dans son principe, la photosyn-

(1) N. W. Isaacs : université de Glasgow (Ecosse). *Nature* (vol. 37, 6 avril 1995, p. 517); Jean-Louis Martin, laboratoire d'optique appliquée (Palais-seau). *Nature* (vol. 363, 27 mai 1993, p. 320).



combustible tombé du ciel

thèse se résume à une opération simple : l'énergie lumineuse du soleil "casse" les molécules d'eau en oxygène O_2 , en protons H^+ et en électrons e^- , selon ce schéma de décomposition (2) :



L'oxygène se dégage dans l'atmosphère, les protons se combinent au gaz carbonique (CO_2), absorbé par les feuilles pour donner des hydrates de carbone, c'est-à-dire de la matière organique. Enfin, les électrons servent de "courant" à la machine photosynthétique.

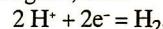
Pour comprendre la suite, il faut entrer dans les mécanismes intimes de la photosynthèse. Les unités productrices de l'usine photosynthétique sont les chloroplastes : un gramme de feuille d'épinard en contient un demi-milliard. Ce sont de petits sacs fermés qui contien-

ment des vésicules aplatis, ou thylakoïdes, riches en pigments dont le plus important est la chlorophylle.

Par chlorophylle on entend une substance dont la structure, centrée sur un atome de magnésium, est porteuse d'un alcool à très longue chaîne, le phytol. Grâce à un système à double liaison, le noyau de la chlorophylle absorbe les photons des rayons lumineux du soleil, ce qui provoque l'excitation de la molécule de chlorophylle et la libération d'électrons. Cette perte est alors compensée par l'arrivée d'électrons provenant de l'oxydation de l'eau contenue dans la cellule végétale. Autrement dit, l'eau devient le pourvoyeur en électrons de la chlorophylle.

Les électrons libérés par la chlorophylle peuvent alors se combiner

aux protons provenant de l'oxydation de l'eau pour donner de l'hydrogène, soit :



Mais, pour que la combinaison se produise, il faut la présence d'une hydrogénase, enzyme nécessaire à la catalyse de la réaction. Seule l'algue bleue *Anabaena cylindrica* la possède et, par conséquent, est capable de réaliser le dégagement d'hydrogène. En revanche, les autres algues, les plantes vertes et les bactéries photosynthétiques, qui en sont dépourvues, utilisent protons et électrons à d'autres fins.

MÉTAL RARE AU LIEU DE CHLOROPHYLLE

Les premiers essais de fabrication de l'hydrogène furent menés au début des années soixante-dix. Ils ont consisté à exploiter directement le "brevet" inventé par la nature, sans chercher à le comprendre. Autrement dit, le chloroplaste, lieu de la photosynthèse, fut considéré comme une "boîte noire" dont on ne cherchait pas à connaître ni à contrôler les mécanismes internes. Des essais, peu satisfaisants pour l'esprit, ont quand même été entrepris. Principe : on broie des feuilles vertes afin de briser l'enveloppe des chloroplastes. Puis les thylakoïdes sont recueillis par centrifugation. Ces deux opérations les rendent désormais inaptes à l'absorption du gaz carbonique. On les étale, en présence d'eau, sur un film plastique, afin qu'ils captent au maximum la lumière. On les asperge avec de l'hydrogénase et on observe un dégagement d'hydrogène. De tels essais sont sans intérêt pratique, car la chlorophylle s'altère rapide-

(2) Un proton est une particule chargée positivement qui constitue le noyau de l'atome d'hydrogène. Un électron est une particule constitutive des atomes chargée d'électricité négative.

L'"usine végétale", un modèle

Les plantes vertes produisent de l'hydrogène grâce à de mini-usines logées dans les feuilles. On en connaît les plans et on s'efforce de les reproduire.

l'hydrogène tombé du ciel

ment et doit être constamment renouvelée (3).

Plus intéressantes furent les expériences réalisées, à la fin des années soixante-dix, par le Pr Jean-Marie Lehn, prix Nobel de chimie, et son équipe, à l'université Louis-Pasteur de Strasbourg (4). Elles s'inspirent des mécanismes de la photosynthèse, mais sans les recopier, car, à l'époque, on les connaissait mal. La source d'électrons était la triéthanolamine, substance chimique à bon marché qu'on trouve

dans le commerce. Le produit faisant office de chlorophylle était un complexe de ruthénium tris-bipyridine (le ruthénium est un métal rare du groupe du platine), une poudre de couleur orangée, diluée dans de l'eau. Enfin, l'accepteur d'électrons était également un métal rare de la famille du platine : le rhodium tris-bipyridine.

Avec 1 mg de ruthénium tris-bipyridine, les chercheurs strasbourgeois ont pu obtenir 32 millilitres d'hydrogène en 32 heures. Evidemment, ce n'est pas avec un si faible rendement qu'on peut espérer faire

tourner l'industrie de demain. En outre, l'expérience est coûteuse, car la triéthanolamine s'épuise et doit être renouvelée.

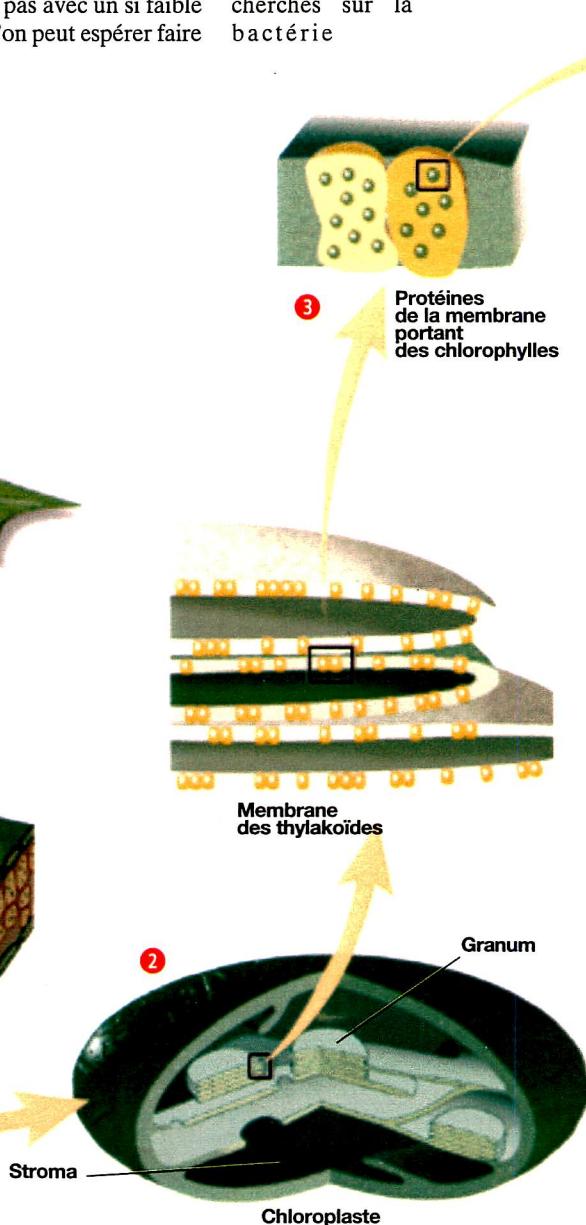
DES BACTÉRIES PHOTOSYNTHÉTIQUES

Les recherches actuelles sont assez différentes. Plutôt que de concevoir une photosynthèse de leur cru, les chercheurs ont préféré décrire, puis comprendre le phénomène naturel, afin de pouvoir le recopier.

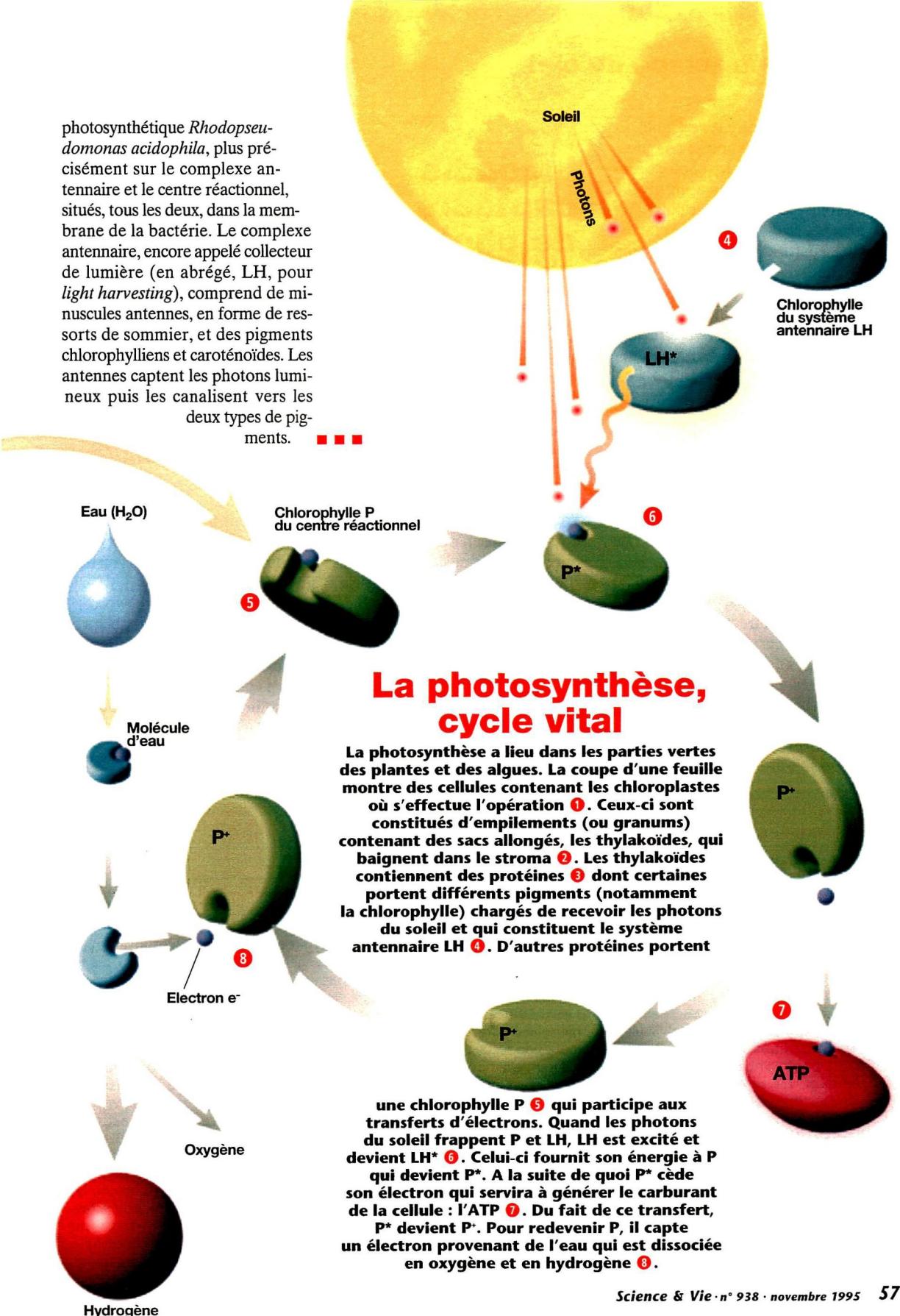
L'équipe britannique a axé ses recherches sur la bactérie

(3) Voir *Science & Vie* n° 707, p. 28.

(4) Voir *Science & Vie* n° 741, p. 38.



photosynthétique *Rhodopseudomonas acidophila*, plus précisément sur le complexe antennaire et le centre réactionnel, situés, tous les deux, dans la membrane de la bactérie. Le complexe antennaire, encore appelé collecteur de lumière (en abrégé, LH, pour *light harvesting*), comprend de minuscules antennes, en forme de ressorts de sommier, et des pigments chlorophylliens et caroténoïdes. Les antennes captent les photons lumineux puis les canalisent vers les deux types de pigments.



La photosynthèse, cycle vital

La photosynthèse a lieu dans les parties vertes des plantes et des algues. La coupe d'une feuille montre des cellules contenant les chloroplastes où s'effectue l'opération ①. Ceux-ci sont constitués d'empilements (ou granums) contenant des sacs allongés, les thylakoïdes, qui baignent dans le stroma ②. Les thylakoïdes contiennent des protéines ③ dont certaines portent différents pigments (notamment la chlorophylle) chargés de recevoir les photons du soleil et qui constituent le système antennaire LH ④. D'autres protéines portent

une chlorophylle P ⑤ qui participe aux transferts d'électrons. Quand les photons du soleil frappent P et LH, LH est excité et devient LH* ⑥. Celui-ci fournit son énergie à P qui devient P*. A la suite de quoi P* cède son électron qui servira à générer le carburant de la cellule : l'ATP ⑦. Du fait de ce transfert, P* devient P. Pour redevenir P, il capte un électron provenant de l'eau qui est dissociée en oxygène et en hydrogène ⑧.

I'hydrogène tombé du ciel

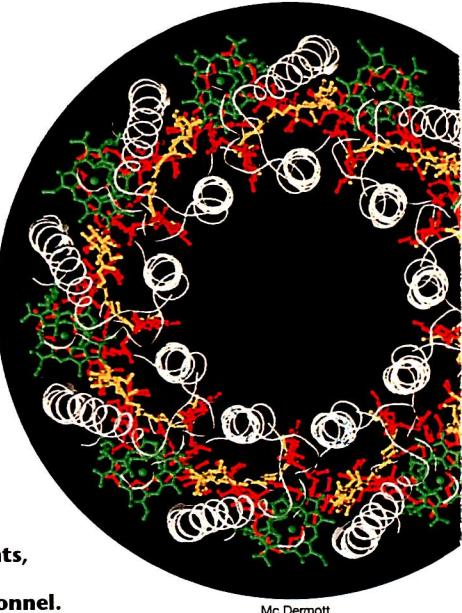
Quant au centre réactionnel, situé au sein du complexe antennaire, c'est le lieu où les photons font passer les électrons à un niveau d'orbite plus élevé, donc plus énergétique, ce qu'on appelle l'état excité, à partir duquel une séparation de charge se produira.

Les chercheurs britanniques sont parvenus à déterminer, par cristallographie aux rayons X, la structure du complexe LH et à reconstituer un modèle atomique en trois dimensions sous forme d'images virtuelles (voir photo ci-contre). Ils ont pu ainsi établir les positions respectives des pigments chlorophylliens et caroténoïdes.

La chlorophylle se présente sous deux formes ayant des propriétés spectroscopiques différentes. La première absorbe les photons associés à la longueur d'onde de 0,80 micromètre ; la seconde, ceux de 0,85 micromètre, c'est-à-dire les rayonnements à la limite de l'infrarouge. Ces deux chlorophylles vont par paires. Les chercheurs ont également montré que l'énergie transférée des pigments caroténoïdes (qui absorbent les rayonnements bleus) vers la chlorophylle se situait

Des bigoudis capteurs de photons

Cette reconstitution informatique montre l'action du système antennaire LH. Après avoir été captée par de petites antennes (en blanc), l'énergie des photons excite les chlorophylles et les carotènes (molécules vertes, rouges et jaunes). Ces pigments, à leur tour, vont exciter la protéine P du centre réactionnel.



à l'intérieur de la zone d'action des forces de Van der Waals (forces qui assurent la cohésion des molécules).

Le travail de l'équipe française a porté sur une bactérie photosynthétique, voisine de celle des Britanniques, *Rhodobacter capsulatus*. Il a consisté à comprendre les réactions clés mises en jeu dans le centre réactionnel, siège névralgique de la photosynthèse, car c'est là que se produit la transduction de l'énergie lumineuse en énergie électrique. Il

a également mis en évidence les mécanismes qui se produisent en aval du centre réactionnel (voir des pages précédentes).

Première étape. Après absorption directe d'un photon ou après transfert d'énergie à partir de LH, un dimère (¹ P de chlorophylle passe d'un état neutre à un état excité, c'est-à-dire qu'un électron a chan-

(5) Un dimère est constitué par deux chlorophylles identiques associées intimement.

LES DANGERS DES ÉNERGIES TRADITIONNELLES

Une grande partie de notre nourriture et toute l'énergie provenant de la combustion du pétrole, du charbon et des arbres des forêts sont issues de la matière organique produite par la photosynthèse. Cependant, les réserves de combustibles fossiles ne sont pas inépuisables et les forêts demandent du temps pour se reconstituer. Quant à l'énergie nucléaire et hydroélectrique, elle est certes infinie, mais sa production n'est pas sans danger. La rupture du barrage de Malpasset, en

amont de Fréjus (Var), en 1959, et l'explosion de la centrale de Tchernobyl (Ukraine), en 1986, sont encore dans les mémoires. Seule l'énergie solaire offre toutes les garanties de sécurité, mais, à ce jour, elle ne représente qu'une part infime de l'énergie consommée dans le monde.

Certes, il est inutile de s'inspirer des mécanismes de la photosynthèse pour fabriquer de la matière organique, puisque la nature le fait très bien elle-même. Il est également vain de les imiter pour fa-

briquer de l'oxygène, puisque le couvert végétal en produit suffisamment. En revanche, il est très intéressant de copier la photosynthèse pour obtenir de l'hydrogène : celui-ci est en effet un combustible à très haut pouvoir énergétique et totalement propre, puisque le déchet de sa combustion n'est autre que de l'eau. Les hydrocarbures (pétrole et charbon) dégagent, eux, des oxydes de carbone, de soufre, d'azote, des poussières, des suies et des résidus d'imbrûlés. Quant

aux centrales atomiques, elles posent le problème des déchets nucléaires. L'hydrogène a tout de même un inconvénient. Quand il est stocké sous forme liquide en bouteille, il s'échappe brutalement sous forme gazeuse à la moindre fuite. Cependant, des recherches actuellement en cours au Japon consistent à inclure l'hydrogène liquéfié dans des milieux microporeux. De ce fait, l'hydrogène est retenu comme dans une éponge, et, en cas de fuite, il est libéré très lentement.



gé d'orbite. P est donc devenu P^* . La différence entre P et P^* correspond à l'énergie d'un photon dans le rouge lointain (0,85 micromètre), au-delà de la limite de visibilité de l'œil. Cette énergie est ensuite canalisée de manière que l'électron soit arraché à P^* et envoyé très rapidement, en 3 picosecondes (3×10^{-12} s), au sein d'un accepteur d'électrons situé à une distance suffisante pour qu'il ne se recombine pas avec P. L'accepteur en question est une phéophytine, c'est-à-dire une chlorophylle sans ion magnésium au centre. De cette manière, l'énergie initiale du photon se trouve stockée sous forme d'un dipôle électrique.

Le rendement de conversion de l'énergie lumineuse en énergie électrique est très élevé, proche de 100 %. En l'absence d'une deuxième étape de transfert d'électron, cet état peut rester stable pendant 100 nanosecondes (10^{-9} s), temps de recombinaison de l'électron avec P. En comparaison, la capture d'un photon se passe en 1 femtoseconde (10^{-15} s).

ENFIN, L'EAU EST DISSOCIEE

Deuxième étape. L'électron capté par la phéophytine est transféré sur une quinone (QA), composé pauvre en électrons. De la phéophytine à la quinone, l'électron est transféré en 200 picosecondes.

Troisième étape. Cette quinone (QA) transfère l'électron vers une deuxième quinone (QB). Puis, quand cette dernière a reçu deux électrons, elle se détache de la protéine membranaire et donne ses deux électrons à une autre protéine membranaire, le cytochrome. Les électrons du cytochrome sont ensuite utilisés par un autre type de photosynthèse, qui agit en série et génère des composants de haute valeur

(6) Chez les algues bleues et les plantes vertes, la source d'électrons est l'eau, alors que, chez les bactéries photosynthétiques, c'est de la matière organique ou du sulfure d'hydrogène.

Une réaction fulgurante

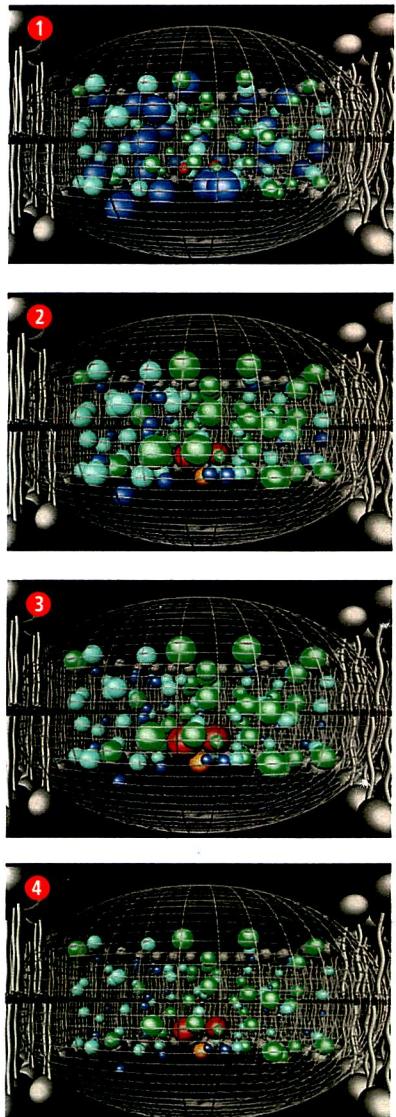
L'ordinateur permet de représenter les pigments chlorophylliens et caroténoïdes (boules vertes, rouges, bleu clair et bleu foncé) du système antennaire LH, au temps zéro de la photosynthèse ①. Après excitation par les photons du Soleil, trois et vingt-cinq picosecondes plus tard, le volume des pigments a augmenté du fait de l'énergie accumulée ② ③.

Cette énergie est, au fur et à mesure, transmise à la chlorophylle P (boule jaune) du centre réactionnel qui, à son tour, grossit. A 100 picosecondes, la chlorophylle P, déchargée de son électron, a retrouvé son volume initial ④.

énergétique, comme l'ATP (adénosine triphosphate), qui est l'essence du moteur cellulaire.

La vitesse extrême (de l'ordre des picosecondes) de transfert d'énergie et de transfert d'électrons, durant ces différentes étapes, est essentielle pour éviter la dissipation de l'énergie lumineuse sous forme de chaleur ou par le biais de réémission de lumière par fluorescence, cette dissipation étant de l'ordre des nanosecondes.

Quant aux mécanismes en amont du centre réactionnel, ils ont été mis en évidence, dans les années soixante, essentiellement par le Pr Pierre Joliot, du Collège de France, et par le Dr Bessel Koch, du Research Institute for Advanced Studies (Baltimore, Maryland, Etats-Unis). Le donneur d'électrons P^* , en perdant son électron, est devenu P^+ . Pour redevenir neutre, il va, par l'intermédiaire de deux relais (un acide aminé, la tyrosine, et un ensemble de quatre atomes de manganèse), venir capturer un électron de la molécule d'eau (6), ce qui nécessite une centaine de microsecondes



P.D. Laike/Cornell University

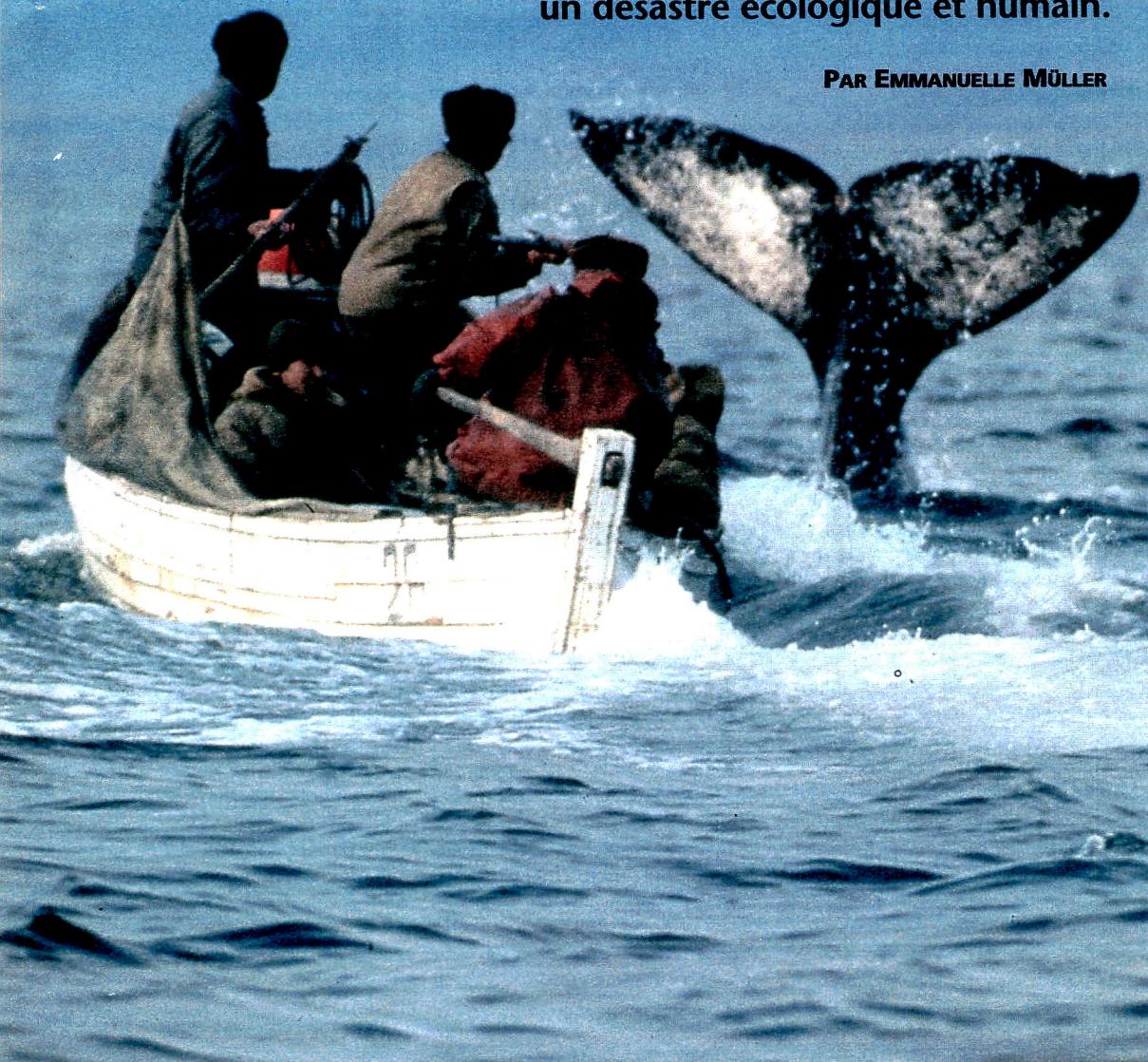
(1 microseconde = 10^{-6} s). Quand quatre électrons ont été pris à l'eau, sous l'action de quatre photons, l'eau se trouve dissociée.

L'oxygène dégagé va dans l'atmosphère. Les électrons émis servent à approvisionner le centre réactionnel et à faire tourner la machine photosynthétique. L'hydrogène peut être récupéré pour produire le combustible tant recherché. Le cycle de la photosynthèse se trouve donc bouclé. Maintenant qu'on en a compris les mécanismes, il ne reste plus qu'à les reproduire à l'identique dans un réacteur artificiel. Ce qui pourrait se faire très vite.

Le goulag des

■ Pour alimenter des milliards de renards parqués dans des fermes industrielles, les habitants de la presqu'île de Tchoukotka, au fin fond de la Russie, massacrent sauvagement les baleines de la mer de Béring. L'effondrement du régime soviétique a provoqué un désastre écologique et humain.

PAR EMMANUELLE MÜLLER



baleines

Carnage organisé

Le passage à l'économie de marché a bouleversé le fonctionnement des élevages industriels de renards, créés de toutes pièces, dans les années cinquante, par l'Etat soviétique (ci-dessous, Alla Fiodorovna, directrice d'un élevage). L'arrêt de l'approvisionnement en viande surgelée, notamment, a conduit les éleveurs à massacrer aveuglément les baleines grises pour nourrir les renards.



le goulag des baleines

Plus de 150 baleines grises, 3000 morses et des dizaines de milliers de phoques périssent chaque année sous les balles et les harpons dans la république de Tchoukotka, à l'extrême orientale de la Russie. Les plages de cette presqu'île bordée par la mer de Béring portent les stigmates du carnage : têtes de baleines en décomposition, lambeaux de graisse, carcasses et crânes de morses jonchent ce cimetière marin.

Les entrepôts croulent sous les fourrures invendues

Pourquoi ce massacre ? Afin d'alimenter des milliards de renards élevés pour leur fourrure dans des fermes industrielles...

C'est dans les années quarante que la position stratégique de la péninsule sur le front est-ouest suscita l'intérêt de Moscou. Dans les années cinquante, l'Etat soviétique installa des fermes d'élevage d'animaux à fourrure. Il pouvait ainsi contrôler la vie des autochtones et créer des emplois pour les Russes. La quasi-totalité de la population

de la Tchoukotka dut quitter ses campements traditionnels et fut regroupée dans des "villages" créés de toutes pièces.

Dès leur naissance, les fermes ne subsisterent que grâce aux subventions de l'Etat. Des bateaux les approvisionnaient toute l'année en viande de baleine frigorifiée, les tarifs des fourrures étaient fixés par les ministères de Moscou, les clients garantis, et la distribution centralisée. Pendant plusieurs décennies, Moscou obtint même de la Commission baleinière d'importants quotas de chasse (150 baleines grises et 5000 morses par an) sous prétexte de nourrir la population autochtone.



La prison des renards "bleus"

Dans les élevages industriels de la Tchoukotka, les renards sont parqués dans des cages en plein air (photo ci-dessous) afin que leur fourrure aux reflets bleutés s'épaississe. Les jeunes renards sont engrangés pendant six mois avec de la viande de mammifères marins, avant d'être abattus. Seuls les femelles et quelques mâles reproducteurs sont épargnés. La ferme la plus importante, dans le village de Lorino, compte 6 000 renards et emploie 65 ouvriers.

Mais l'effondrement du système soviétique a tout bouleversé. Les Russes venus travailler dans les fermes sont repartis. Les subventions ont disparu. La moitié des villages et des fermes ont dû fermer, le chômage sévit, les entrepôts croulent sous les fourrures invendues. Les fermes survivantes, fort délabrées, fonctionnent tant bien que mal à l'aide d'emprunts bancaires aux taux exorbitants (130 % !).

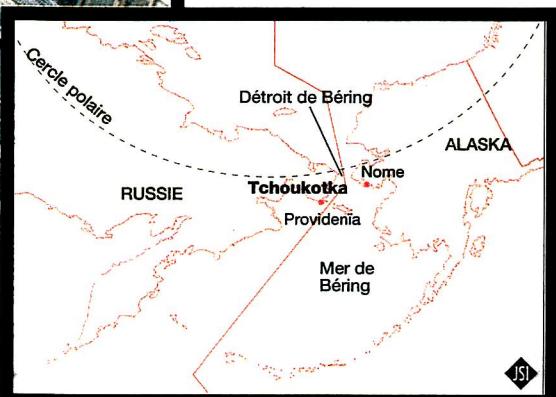
Pourtant, pendant des millénaires, les habitants de la région, les Tchouktches et les Esquimaux youpiks, avaient vécu en harmonie avec l'environnement. Les Tchouktches élevaient des rennes dans la toundra, tandis que les Youpiks chassaient le morse. Ils partageaient et troquaient leurs ressources – viande, peaux, cuirs et fourrures.

Riche de quelques gisements métallifères, mais dépourvue de pétrole, la petite république de Tchoukotka est, en revanche, un sanctuaire pour l'écosystème marin. Les eaux qui la baignent sont le plus important réservoir de plancton et de phytoplancton du monde. Nourriture qui attire de nombreux mammifères marins (baleines, morses et phoques). Chaque printemps, à la fonte des glaces, ces animaux migrateurs y font escale par milliers et y séjournent pendant le bref été avant de repartir pour le sud.

À PIED SEC VERS LE NOUVEAU MONDE

L'héritage culturel et historique de cette région se confond avec la richesse biologique de la mer. Il y a 35 000 ans, lors d'une période de refroidissement climatique, la formation d'énormes glaciers entraîna une baisse de 85 mètres du niveau des mers. Résultat : la cinquantaine de kilomètres qui séparent la Russie de l'Alaska se transformèrent en un pont terrestre reliant l'Asie et l'Amérique. Ce qui permit la migration à pied sec vers le Nouveau Monde.

La faune et la flore suivirent le même chemin, pour donner naissance à un écosystème extrêmement riche. Quelques millénaires plus tard, la mer se réinstalla dans le détroit, à la faveur d'un changement climatique qui réchauffa les



baleines

glaciers. Mais, de part et d'autre de l'océan, les coutumes et la langue des Esquimaux de la Tchoukotka et de ceux de l'Alaska gardent à jamais les traces de ce passé commun.

Dans les années cinquante, arrachés par les Soviétiques à leurs communautés ancestrales et à leurs territoires de chasse coutumiers, les

30 000 morses il y a dix ans, plus que 2 000 aujourd'hui...

habitants adoptèrent un nouveau mode de vie, dont les fermes étaïques étaient le pivot. Dépossédés de leurs activités traditionnelles au profit d'industries gérées par Moscou, ils se retrouvèrent entièrement tributaires des salaires alloués par l'Etat. Les anciens ne purent s'adapter et moururent pour la plupart la première année, après avoir transmis leurs connaissances des techniques de pêche. Bientôt, une vingtaine de fermes tournaient à plein rendement sous contrôle soviétique.

Parmi toutes les bêtes à fourrure importées dans la région, seuls les renards dits "bleus" supportèrent les rigueurs du climat. Bien que les représentants de cette espèce, variante du renard arctique, soient de couleur gris-beige, on les appelle renards bleus en raison de la couleur que prend leur fourrure exposée aux reflets du soleil sur la neige. Cette fourrure est la plus utilisée en teinture, car elle peut revêtir toutes les couleurs désirées.

AU HARPON ET AU FUSIL 7,64 MM

Parqués par milliers dans des cages en plein air (pour que leur fourrure soit plus épaisse), les carnivores arpencent inlassablement leur prison d'avril à octobre, mois où ils sont sacrifiés. Seuls les mâles géniteurs et les femelles sont épargnés. A raison de huit à dix renar-



Un vaste cimetière marin

Dépecées à même le rivage, les baleines sont ensuite abandonnées sur place, où leurs carcasses pourrissent lentement.

Il n'en reste plus que 2 000. »

Mais, depuis 1993, personne n'achète plus de fourrures : les clients ont fait faillite ou n'ont pas les moyens de payer le prix réclamé par les fermes, désormais dicté par l'économie de marché. Les éleveurs ne peuvent plus payer les bateaux qui les approvisionnaient en viande de baleine. Les chasseurs et les travailleurs sont payés avec re-



A l'ouest, du nouveau?

Avec la fin de la guerre froide, la création d'une réserve naturelle internationale dans le détroit de Béring est envisagée. Déjà, une ligne aérienne relie la Tchoukotka à Nome, Alaska.

tard ou ne sont pas payés du tout, mais n'en poursuivent pas moins leur massacre, car il n'y a pas d'autre industrie dans la Tchoukotka. Ils chassent maintenant les baleines grises – ce qu'ils n'ont jamais fait, car leur viande est indigeste et donc dangereuse – pour les donner en pâture aux renards. Inexpérimentés, ils tuent sans discernement les jeunes mammifères et les femelles enceintes. Un quota de la Commission baleinière interdit bien la mise à mort d'une baleine de moins de neuf mètres, mais il n'est pas respecté, car les chasseurs sont incapables d'estimer la taille de l'animal avant de tirer. Des fusils de calibre 7,64 mm suppléent à présent au harpon traditionnel. Les baleines sont d'abord blessées par

balles, puis pourchassées avant d'être achevées avec un harpon muni de flotteurs, pour le cas où elles tenteraient de plonger. La tuerie peut durer quatre ou cinq heures et nécessiter jusqu'à dix harpons. Les baleines sont traînées jusqu'au rivage, où on les dépèce. La chair est transportée dans les fermes, tandis que le reste pourrit sur place.

UNE LUEUR D'ESPOIR

Il ne reste plus aujourd'hui que dix fermes. La plus importante est celle du village de Lorino. Elle héberge 6 000 renards (12 000 en 1990), emploie 40 chasseurs et 65 ouvriers. En dépit de sa relative prospérité, elle est aussi délabrée que les autres, et 4 000 fourrures de

l'année passée s'entassent dans ses entrepôts. Les chambres froides ont cessé de fonctionner depuis deux ans. L'année dernière, presque tous les renards ont péri d'infection intestinale après avoir mangé de la viande avariée.

Pour aggraver, s'il était possible, cette situation catastrophique, l'alcoolisme dévaste les villages, et les suicides se multiplient.

Cependant, l'ouverture, depuis 1989, de l'ancienne frontière du détroit de Béring, mise en place pendant la guerre froide, entretient une lueur d'espoir. Une ligne aérienne relie désormais Nome (Alaska) à Providenia, capitale de la Tchoukotka. Un accord signé en 1990 par les présidents Bush et Gorbatchev prévoit la création d'ici à quelques années d'un parc international du détroit de Béring, qui devrait assurer la protection de 60 000 km² de la péninsule. Pour l'heure, hélas, aucun arpent de terre n'est classé en réserve naturelle.

LA BOUTIQUE DE SCIENCE & VIE

195 F



SIRIUS

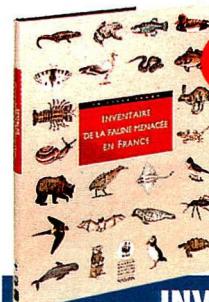
CARTE MOBILE D'OBSERVATION

La carte mobile Sirius, prévue pour être utilisée dans une bande de latitude de 38° à 56° Nord. Très facile d'utilisation, ce best-seller des cartes mobiles d'observation, est composé du tableau de la position des planètes pour l'année en cours. Le modèle présenté est livré avec une brochure explicative de 47 pages, une carte de la lune, et une autre du ciel.

Dimension : 22 X 22 cm

REF. 012002

249 F



INVENTAIRE DE LA FAUNE MENACÉE EN FRANCE

COFFRET D'OBSERVATION

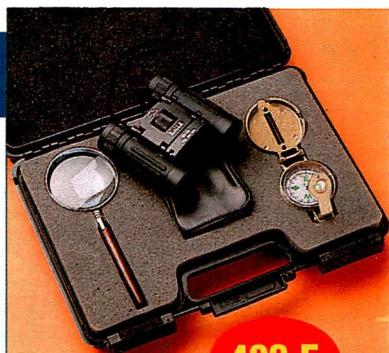
JUMELLES + LOUPE + BOUSSOLE

Panoplie du parfait randonneur, ce coffret d'observation est composé d'une paire de jumelles compacte pliante d'excellente qualité optique, d'une loupe de grossissement pour les observations macroscopiques, et d'une boussole d'orientation, le tout soigneusement rangé dans une valise de transport.

1 coffret moulé avec mousse préformée et poignée de transport.

Dimensions : 29,5 X 21,5 X 6 cm comprend :
- des jumelles 8 X 21, champ 122 mètres à 1000 mètres, livrées avec étui individuel;
- 1 loupe diamètre 65 mm avec manche -
- 1 boussole à immersion avec visée et couvercle de protection.

REF. 012001



490 F

LE LIVRE ROUGE

Premier recensement complet de la faune sauvage (mammifères, oiseaux, reptiles, invertébrés, etc.) menacée en France métropolitaine, cet ouvrage richement illustré en couleur, présente leur évolution historique ainsi que les menaces qui pèsent sur eux. Une lecture essentielle pour la sauvegarde de nos richesses naturelles.

Editeur : Nathan - WWF - Muséum National d'Histoire Naturelle
Volume relié - 23,5 X 29 cm - 176 pages plus de 350 illustrations et 300 cartes en couleurs

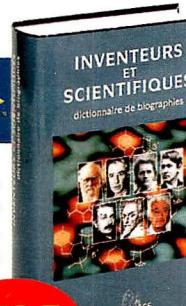
REF. 011001

INVENTEURS ET SCIENTIFIQUES

DICTIONNAIRE DE BIOGRAPHIES

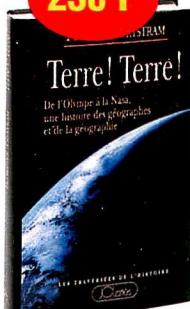
Plus de 4 000 personnalités scientifiques sont présentées dans ce dictionnaire. Qui sont-elles ? Quelles sont leurs découvertes ? Qu'ont-elles apporté au progrès des sciences et des techniques ? A travers ces biographies, tous les domaines des sciences sont passés en revue. Facile d'utilisation, un index des mots-clés et un renvoi chronologique vous permettent de toujours trouver la réponse à votre interrogation.

Editeur : LAROUSSE Dimensions : 16 X 24 cm - 692 pages REF. 011002



250 F

230 F



TERRE ! TERRE !

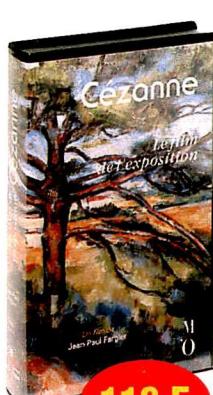
LES TRAVERSÉES DE L'HISTOIRE

Véritable histoire des géographes et de la géographie, de l'Olympe à la Nasa, Terre ! Terre ! retrace, au rythme d'un roman d'aventure, l'épopée extra-ordinaire de ces centaines d'hommes, connus ou plus anonymes, qui ont fait avancer cette science. Richement illustré, à dévorer sans attendre !

Editeur : J. C. LATTES

Volume relié - 16 X 25 cm - 494 pages

REF. 011000



119 F

VIDÉO-CÉZANNE

LE FILM DE L'EXPOSITION

Première rétrospective consacrée en France à Paul Cézanne depuis celle de 1936, l'exposition des Galeries Nationales du Grand Palais (septembre 1995 - janvier 1996), regroupe 109 tableaux, 42 aquarelles et 26 dessins. Ce film, visite guidée de l'exposition est aussi un parcours dans l'œuvre du maître d'Aix, richement commenté par Françoise Cachin, Commissaire Général de la rétrospective du Grand Palais et d'Henri Loyrette, Directeur du musée d'Orsay.

Editeur : ARTE / La Sept Vidéo
Réunion des Musées Nationaux
Durée : 26 minutes

REF. 014001

Le chaos nous fait naître



■ Comment prévoir les naissances prématuées et empêcher des accidents souvent traumatisants ? Le phénomène de l'accouchement est si complexe que les obstétriciens y perdaient leur latin. Cinq chercheurs français, faisant appel à l'ordinateur et à la théorie physique des systèmes chaotiques, proposent le premier modèle qui permettra de déterminer avec précision le jour et l'heure de la naissance.

PAR ROMAN IKONICOFF

Crescendo...

Au début de la grossesse (courbe du haut), l'activité des muscles de l'utérus est quasiment nulle. On ne perçoit qu'un "bruit de fond" dû à l'activité incohérente des cellules du muscle utérin. Mais, dès le quatrième mois (courbe du milieu), des contractions isolées apparaissent :

le muscle utérin "s'entraîne" pour être "opérationnel" le moment venu. Durant le travail d'accouchement (courbe du bas), les contractions s'accélèrent jusqu'à l'expulsion du bébé.





NAISSANCE ET CHAOS

Pourquoi le système mère-

Est-il possible que l'événement le plus important de notre vie, la naissance, soit encore inscrit au chapitre des énigmes de la science ? Les plus grands spécialistes s'avouent en effet incapables de comprendre quels sont les mécanismes qui déclenchent l'accouchement. L'enjeu est pourtant de taille. Cette ignorance freine les obstétriciens dans leur lutte contre les naissances prématurées : 40 000 par an en France. D'autre part, le nombre des accouchements par césarienne ne cesse de s'accroître : 3 % en 1972, 14 % en 1989. Percer le mystère de la venue au monde, ce serait aussi trouver des armes contre les pathologies de l'accouchement.

Un groupe de chercheurs français a donc décidé de s'attaquer de front au problème. L'objectif est simple : à tout moment de la grossesse, il faudrait savoir si la future mère va accoucher normalement ou pas. Un test devrait aussi permettre de connaître le jour et l'heure probable de l'accouchement.

Les chercheurs avaient perdu l'espoir de mettre au point un tel test, car le "système"

mère-fœtus (qui comprend le placenta) est unique en son genre. Des années d'étude des mécanismes de la mise-bas chez les animaux ont fini par montrer que ceux-ci ne sont pas entièrement transposables à la femme enceinte.

Et pour cause ! Le système mère-fœtus humain est le plus complexe de tous. Hormis le fait qu'on ne peut pas mener d'expériences sur les femmes enceintes, la principale difficulté réside dans l'intrication de la mère et du fœtus : dans l'utérus, les tissus maternels et fœtalo-placentaires sont à ce point entrelacés qu'il est impossible d'identifier clairement lesquels appartiennent à qui... Une tâche aussi difficile que de trouver la logique du mouvement des écoliers dans une cour de récréation !

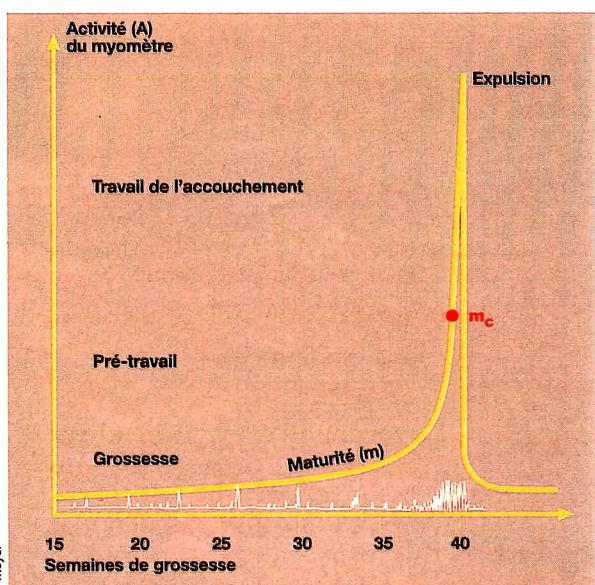
COMME UN TAS DE SABLE QUI TROUVE SON ÉQUILIBRE...

Toujours est-il que, au bout de neuf mois, tous les éléments du système mère-fœtus se mettent à "vibrer" à l'unisson pour expulser le bébé de l'utérus. Ce mystère de la vie, le physicien le qualifierait de "système critique auto-organisé". Le tas de sable (que les futures mères excusent l'analogie...) en est l'exemple type : si l'on fait couler un filet de sable sur une table, il se forme un tas en forme de pyramide, dont la taille augmente peu à peu. La hauteur de la pyramide sera proportionnelle à sa base. Aucune chance qu'elle grandisse en hauteur sans s'élargir. Tout se passe comme si les milliers de grains de sable s'ordonnaient systématiquement pour garder ces proportions. Si l'on regarde de plus près, on voit une pyramide dont la hauteur augmente un peu, puis qui s'écroule sur elle-même, ce qui élargit sa base. A nouveau, sa hauteur croît, elle s'écroule, etc. Ces avalanches successives permettent au tas de sable de trouver un certain équilibre.

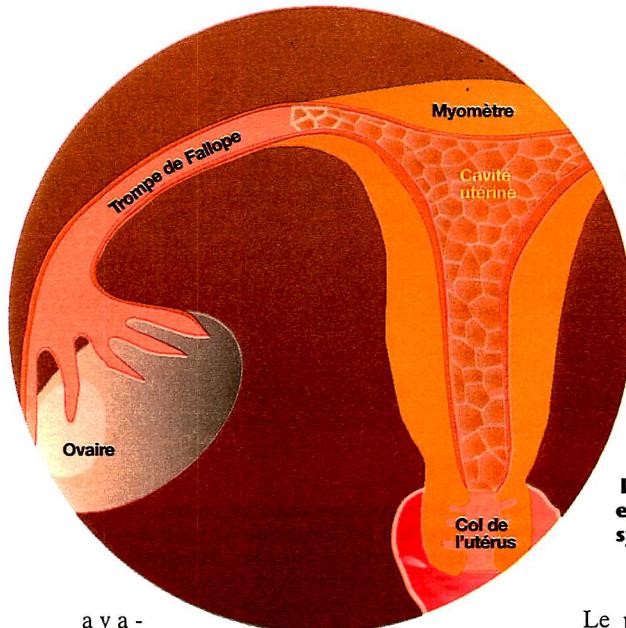
Il y a deux manières de prévoir le moment où la pyramide va s'écrouler : la première consiste à analyser les forces qui s'exercent sur un grain de sable, à en tirer un système d'équations et à recommencer cette opération sur les milliers de grains de la pyramide. C'est humainement infaisable. L'autre façon de procéder est de prendre du recul... au propre et au figuré. On constate alors que deux paramètres peuvent suffrir à décrire l'évolution du tas de sable – par exemple, la hauteur de la pyramide et le rayon de sa base. Pour une valeur donnée du rayon, il existera une valeur critique de la hauteur à partir de laquelle des

Le moment critique

Cette courbe représente l'activité (A) du muscle utérin (myomètre) en fonction de la maturité (m) du système mère-fœtus. Lorsque le moment de la maturité critique est atteint ($m = m_c$), le travail de l'accouchement commence.



fœtus se met-il soudain à vibrer?

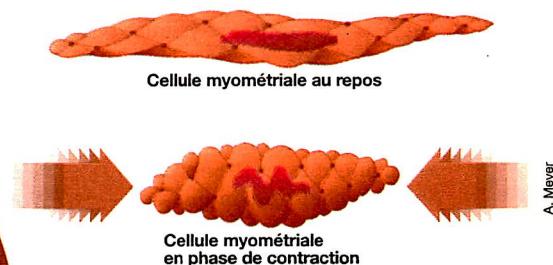


avances se produiront. A condition d'avoir choisi les bons paramètres, le comportement de ce système complexe sera donc prévisible. Cette approche des phénomènes complexes s'est révélée particulièrement fructueuse dans plusieurs domaines de la physique, notamment dans l'analyse des tremblements de terre.

LA PHYSIQUE APPLIQUÉE À LA GROSSESSE

« Pour prédire le moment de l'accouchement, pourquoi ne pas considérer que la femme enceinte est un système critique auto-organisé ? » C'est la question que s'est posée, en 1991, la biologiste Françoise Ferré, directrice de l'unité de reproduction et de physiopathologie obstétricale de l'INSERM (unité 361), en lisant par hasard un article sur les « Phénomènes critiques auto-organisés » écrit par Didier Sornette, un directeur de recherche au CNRS qui travaille au laboratoire de physique de la matière condensée de l'université de Nice.

Appliquée à la grossesse, cette théorie a l'avantage de réduire à deux paramètres ce phénomène complexe. Qu'importe si la femme enceinte est le siège de multiples changements d'état. Ce qu'on observe, c'est qu'à un moment donné les contractions se déclenchent et provoquent l'accouchement. Comme pour le tas de sable, on peut dégager deux paramètres.



Contractions à l'unisson

L'utérus de la femme est entouré d'un muscle – le myomètre – composé de cellules (dites myométriales) qui peuvent se contracter individuellement. La contraction globale de l'utérus est la résultante de la contraction synchronisée de toutes ces cellules.

Le premier, appelé m (pour maturation), indiquera à quel moment de la grossesse on se trouve (par exemple, $m_1 = 30$ jours, $m_2 = 60$ jours, etc.). Le second paramètre, appelé A (pour activité), indiquera l'amplitude et la fréquence des contractions. A est presque nul avant que les contractions commencent (1). Pour une valeur particulière de m proche de neuf mois, les contractions deviennent régulières; A croît alors progressivement jusqu'à l'accouchement. Cette valeur particulière de m où les contractions se déclenchent est appelé m_c , pour « maturation critique » (voir schéma page ci-contre).

Voilà pour la théorie. Dans la pratique, A est facile à déterminer : il suffit de mesurer et d'analyser les contractions. Tout le travail des médecins, des mathématiciens et des physiciens sera donc de trouver dans le corps de la femme enceinte ce qui pourrait servir de paramètre de maturation (m). En connaissant à l'avance la valeur de m_c , on saurait la date exacte du déclenchement des contractions.

C'est autour de ce programme de recherche que s'est constituée l'équipe française. Outre ses fondateurs, Françoise Ferré et Didier Sornette, elle comprend le physicien Christian Vauge, directeur du laboratoire d'instrumen-



(1) Il y a cependant des contractions ponctuelles dès le quatrième mois de la grossesse, comme si l'utérus « s'entraînait » afin d'être au point pour l'accouchement. Ce qui explique que A ne soit pas tout à fait nul avant la maturité critique.

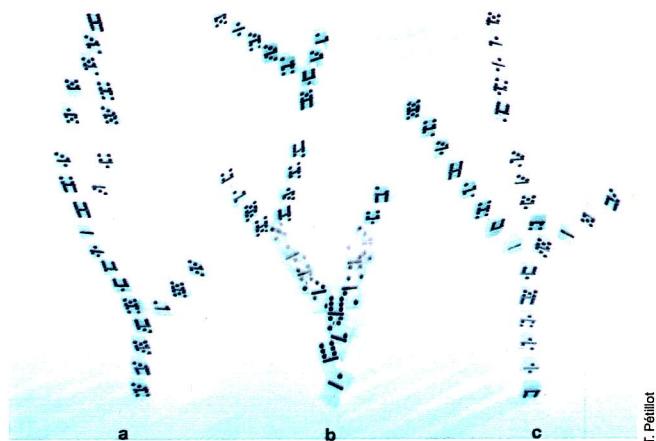


NAISSANCE ET CHAOS

Soudain, l'ordinateur a

■ ■ ■ tation physique de Paris XII, et deux obstétriciens, Emile Pa- piernik, chef de service de la maternité Port-Royal-Baudelocque, et Bruno Car- bonne, chef de clinique as- sistant dans cette même maternité. Deux ans après sa création, l'équipe livre ses premiers résultats dans un ar- ticle de l'*International Journal of Bifurcation and Chaos* (1994) et dans le magazine médical *Médecine-sciences* (1995). Elle fait aujourd'hui, pour *Science & Vie*, le point sur ses recherches.

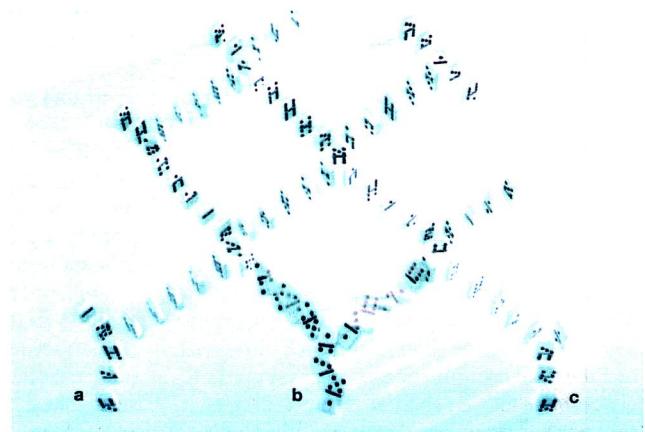
Pour déterminer m (et m_c), les scientifiques ont décidé de mener parallèlement une recherche au niveau cellulaire et une autre concernant la "mécanique" des contractions. Du point de vue cellulaire, l'idée première était de trouver dans le sang de la femme enceinte un ou plusieurs éléments chimiques permettant d'expliquer comment la synchronisation des contractions s'opère. Françoise Fer- ré, spécialiste de biologie cel- lulaire, prit en charge cette partie de la recherche. Elle focalisa son attention sur les cellules du myomètre, le muscle utérin responsable des contractions et de l'expulsion du bébé (voir le dessin page précédente). Pour cer- ner le rôle des éléments chi- miques susceptibles d'intervenir dans la maturation des cellules myométriales, l'infor- matique se révéla indis- pensable par sa capacité à simuler des mécanismes complexes. Selon Christian Vauge, responsable de l'analyse phy- sique et de la simulation, «on sait que les cel- lules du myomètre communiquent entre elles, sans doute de plus en plus efficacement au fur et à mesure qu'on avance dans le processus de



T. Pétillot

Ni trop tard...

Dans ce modèle de système critique auto-organisé, l'accouchement est assimilé à l'effondrement global du système (illustré par la chute de tous les dominos). Si, au bout de neuf mois, le système mère-fœtus est dans un état "sous-critique" (comme ci-dessus), la chute des trois dominos (a, b et c) n'entraînera pas la déstabilisation du système. Il faudra alors déclencher artificiellement l'accouchement ou pratiquer une césarienne (pathologie de post-terme).



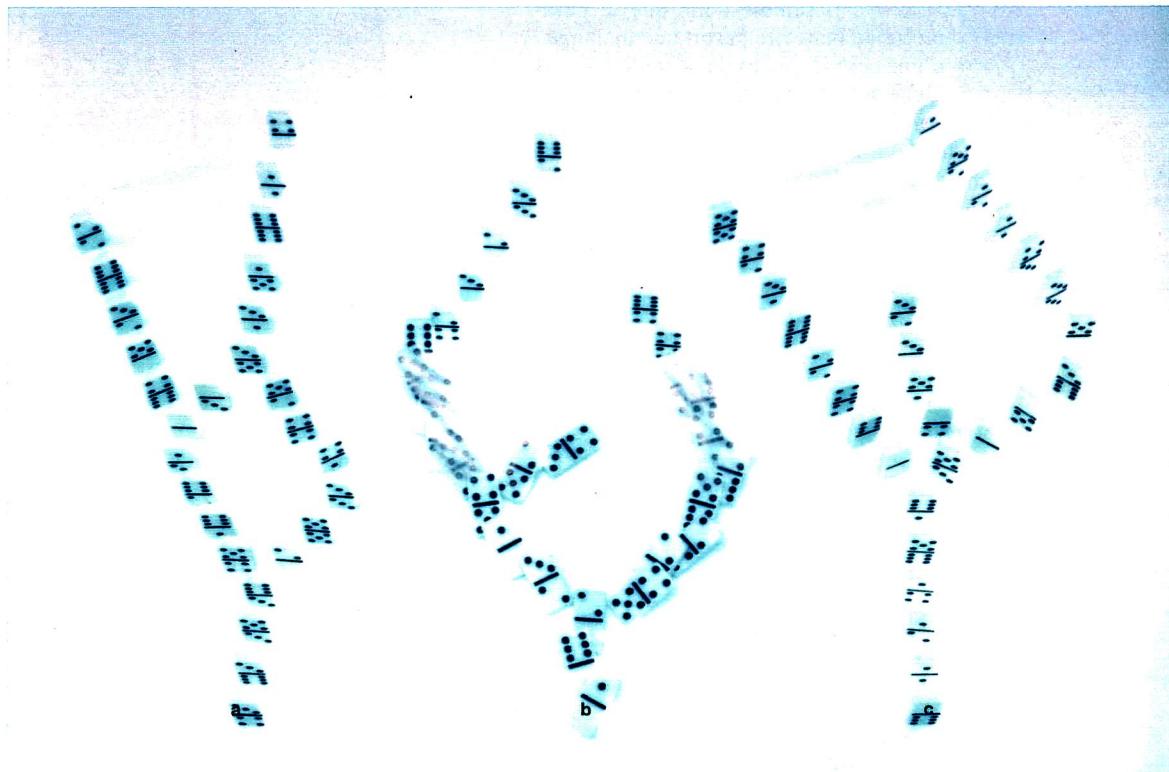
... ni trop tôt

Ici, le système mère-fœtus est dans un état "sur-critique". Une petite perturbation (par exemple, la chute du seul domino b) peut entraîner l'effondrement du système entier. Cette femme enceinte sera hypersensible aux micro-perturbations, ce qui risque d'entraîner un accouchement prématuré.

la grossesse. Il fallait donc trouver les "règles du jeu" de cette communication.»

Une fois cette tâche accomplie, il restait à si- muler sur ordinateur le fonctionnement de cet

ses premières contractions !



A la bonne heure !

Le système mère-fœtus est dans l'état dit "critique" : il ne s'effondre que si les trois dominos chutent (mais pas si un seul ou deux d'entre eux basculent). La femme accouchera à terme.

ensemble de cellules et « voir si l'on n'aboutissait pas à un comportement macroscopique ressemblant à celui de l'accouchement. Pour mener à bien cette simulation, on s'est inspiré d'un modèle informatique appelé "jeu de la vie". »

Le principe du "jeu de la vie", inventé dans les années soixante-dix par le mathématicien américain J. H. Conway, consiste à créer des miniprogrammes informatiques (ou automates cellulaires) contenant des instructions de deux sortes : les premières concernent leur fonctionnement individuel, et les secondes, leurs rapports avec les automates voisins. On observe ensuite le comportement d'un système composé d'un grand nombre d'automates cellulaires.

Dans le cas de l'accouchement, ces données

devaient naturellement s'inspirer des principes régissant le comportement des cellules myométriales. Or, le myomètre a la caractéristique d'être un muscle lisse : sa contraction résulte de la contraction simultanée de toutes les cellules qui la composent. « En biologie cellulaire, explique Françoise Ferré, nous savons que, lorsqu'une cellule du myomètre se contracte, elle peut en informer ses voisines (c'est ce qu'on appelle la conduction intercellulaire). Après chaque contraction, la cellule passe par une période réfractaire où elle ne pourra pas se contracter. » Christian Vauge ajoute : « Nous avons donc décidé de donner à nos automates cellulaires ces deux caractéristiques (conduction et période réfractaire) et de voir ce qui se passait à l'écran. » Le suspense fut de courte durée. Après quelques essais, l'ordinateur avait ses premières contractions ! Les deux chercheurs firent ensuite varier les valeurs de la conduction cellulaire et celles de la période réfractaire. Ils observèrent que, pour certaines valeurs, les contractions n'avaient pas lieu. S'il s'était agi d'un être humain, il aurait fallu procéder à une césarienne ! ■ ■ ■



NAISSANCE ET CHAOS

L'accouchement serait-il

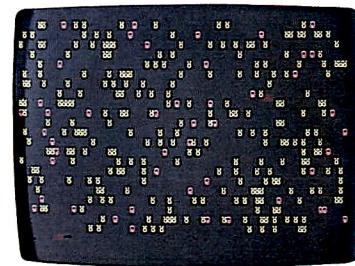
Il semble donc que le paramètre de maturité m soit un "mélange" d'une certaine force de la conduction et d'une certaine durée de la période réfractaire. Mais tout cela se passe sur l'écran de l'ordinateur. Dans le modèle humain, il en va autrement. «Qu'est-ce qui facilite la conduction des cellules du myomètre ? s'interroge Christian Vauge. Quelles substances chimiques présentes chez la femme enceinte permettent d'allonger ou de raccourcir la période réfractaire ?»

«C'est à la biologie cellulaire d'apporter la réponse à ces questions, poursuit Françoise Ferré. Nous cherchons à isoler différentes substances qui pourraient contrôler les variations de la conduction intercellulaire et de la période réfractaire. Aujourd'hui, nous étudions plus particulièrement une famille de peptides, appelés endothélines, qui auraient de fortes capacités à provoquer une contraction des cellules du myomètre.»

UN PENDULE QUI OSCILLE DE PLUS EN PLUS VITE

Parallèlement à la recherche au niveau cellulaire, les obstétriciens sont en quête du paramètre de maturation m d'un point de vue plus "mécanique". A partir de l'intensité et de la forme des ondes de contraction utérine pendant la grossesse, que celles-ci soient ponctuelles et isolées (dès le quatrième mois de grossesse) ou régulières et fréquentes (après le début du travail), ils cherchent à dégager une caractéristique physique ou mathématique déterminant ce qui amorce le travail. «C'est, dit Emile Papiernik, comme un oscillateur qui marche de façon irrégulière et qui, tout à coup, se régule. La question est de savoir comment arrive le moment de la synchronisation.» Pour Bruno Carbonne, «le but est de trouver un signal mécanique qui annoncerait le déclenchement du travail».

Les physiciens doivent décortiquer les données fournies par les obstétriciens. «On relève, explique Christian Vauge, l'intensité et la forme des ondes de contraction utérine tout au long de la grossesse. Puis on regarde ce qui se cache derrière l'amplitude et la phase de cet "oscillateur".» Ainsi, les obstétriciens cherchent à partir du sixième mois ce qui, dans les contractions isolées, pourrait donner des informations sur l'état de maturation du système : une certaine forme de l'onde de contraction, une certaine intensité... Bref, ils tentent



D. Sylvain

de "décrypter" les signes précurseurs d'un déclenchement du travail d'accouchement, d'identifier le paramètre m .

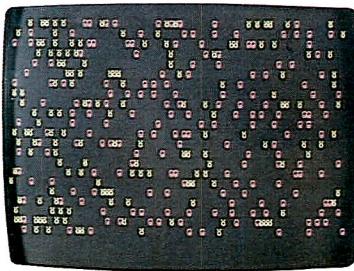
Une fois la mère entrée dans la phase de l'accouchement, les mesures des contractions peuvent aussi donner des informations permettant d'affiner le modèle. Les contractions s'accélèrent presque régulièrement. Le système mère-enfant ressemble à ce moment-là un pendule qui oscille de plus en plus vite. Mais cette régularité n'est pas aussi parfaite que celle du pendule. Cela peut cacher, pour le physicien, un phénomène "chaotique" (lire l'encadré ci-dessous).

Que dit la théorie du chaos ? Elle postule que, derrière tout phénomène qui semble à mi-chemin entre le hasard et le déterminisme, se cache une loi exprimable en termes mathématiques – qui serait d'un grand intérêt pour les

LA LOGIQUE

La théorie du chaos tente de caractériser des phénomènes à cheval sur le hasard et le déterminisme. Elle s'applique, par exemple, en météorologie. Les mouvements de la vapeur d'eau dans l'atmosphère (les nuages) peuvent, contrairement aux apparences, être mis en équations. En physique classique, tout mouvement auquel on peut appliquer une équation est absolument déterminé : connaissant sa vitesse et sa position à un instant donné, on peut prévoir exactement son parcours jusqu'à la fin des jours. C'est le cas d'un satellite en orbite autour de la Terre. Dans la physique du chaos, ces principes ne sont pas opérationnels, au grand dam des météorologues. En effet, un système chaotique est extrêmement "sensible aux conditions initiales". Les joueurs de billard connaissent le phénomène : il est quasiment impossible de faire parcourir à une boule de billard deux

un phénomène chaotique ?



Le "jeu de la vie"

Sur ces écrans apparaît l'évolution d'un système composé d'"automates cellulaires", miniprogrammes informatiques qui suivent certaines règles de comportement individuel et de communication entre voisins.

chercheurs. Mais la théorie du chaos ne peut s'appliquer qu'à un nombre très restreint de phénomènes : ceux qui, sans atteindre une parfaite régularité, s'en approchent. Est-ce le cas pour l'accouchement ? Les résultats à venir devraient nous apporter une réponse.

Bien sûr, les deux voies de recherche – cellulaire et mécanique – ne sont pas cloisonnées. Un échange d'informations permanent a lieu entre les spécialistes de l'équipe, car une découverte au niveau macroscopique peut modi-

fier ou confirmer la compréhension d'un phénomène cellulaire, et inversement.

Ce modèle se complique encore du fait qu'au cours de la grossesse la femme est de plus en plus sensible à son environnement. Si l'on prévoit aujourd'hui

que Mme Rose va accoucher normalement dans vingt-trois jours, il en sera autrement demain. Comment s'expriment dans le modèle les perturbations susceptibles d'altérer m ? Un traumatisme physiologique ou psychologique peut accélérer le processus de maturation. Les conséquences ne seront pas visibles sur le moment, mais cela risque de provoquer un accouchement prématué. Ces incidents imprévisibles agissent donc après coup sur la valeur du paramètre m .

Les perturbations peuvent, à l'inverse, provoquer un retard à l'accouchement – et donc une naissance post-terme. Cette probabilité est intégrée au modèle sous la forme d'un paramètre e , dont la valeur devra elle aussi être déterminée.

Il reste encore beaucoup à faire. Les cinq chercheurs en sont conscients. Pourtant, certains signaux venus de l'étranger indiquent clairement qu'ils sont sur une piste de recherche convoitée. Deux chercheurs américains, Frank H. Andersen, de l'université de Loma Linda (Californie), et Mel L. Barcklay, de l'université du Michigan, viennent ainsi de publier un article où il est question d'un modèle informatique de la parturition qui ressemble fort à celui de nos chercheurs... «On va voir apparaître dans les années qui viennent de la littérature relative aux règles du "jeu de la vie" de l'accouchement, dit Christian Vauge. L'idée est dans l'air.»

Prévoir ce moment magique...

... permettrait surtout de prévenir les naissances prématurées ou post-terme.

DU CHAOS

fois le même chemin. Après quelques rebonds sur les côtés, deux boules lancées avec la même vitesse et du même point risquent fort de se retrouver à deux endroits différents. C'est ce qui arrive aussi aux vapeurs d'eau dans l'atmosphère : si telle dépression se trouve à tel endroit à tel moment avec telle vitesse, l'équation mathématique indiquera exactement quel devrait être son parcours, mais il y a de grandes chances qu'on se soit

trompé de quelques millimètres dans la position initiale de la dépression. Le parcours de celle-ci s'écartera de plus en plus du trajet qui "aurait dû" être le sien d'après les calculs. Jusqu'à cinq jours, les prévisions seront *grossièrement* bonnes, mais, au-delà, la divergence sera si grande qu'on devra prendre un parapluie le jour où l'on attendait la canicule. Un système chaotique est donc déterminé mathématiquement et indéterminé physiquement.



The Image Bank

L'affaire de l'empoisonneuse agonisante

1 9 février 1994, 20 h 15. Hôpital général de Riverside, dans le Sud de la Californie. Gloria Ramirez, 31 ans, atteinte d'une tumeur au cerveau, est admise au service des urgences. 20 h 50 : elle est déclarée cliniquement morte. Trente-cinq minutes seulement se sont écoulées. Trente-cinq minutes de cauchemar.

Il a fallu évacuer la salle des urgences. La moitié de l'équipe médicale qui assistait Gloria Ramirez sur son lit de mort (soit 23 de ses 37 membres) souffre de malaises inexplicables. Trois infirmières ont perdu connaissance. Cinq autres seront hospitalisées toute la nuit, et une sixième le sera pendant dix jours. L'une d'elles restera même deux semaines en soins intensifs ! Sheldon Wagner, toxicologue à la clinique de l'université d'Oregon, déclare (1) : « Seul un poison extrêmement puissant peut causer de pareils dégâts. »

INTOXICATION OU HYSTÉRIE COLLECTIVE ?

Que s'est-il passé exactement à l'hôpital général de Riverside ? Quel phénomène biologique ou chimique a bien pu provoquer ce drame ? Dès le lendemain commence l'une des plus grandes enquêtes de la médecine légale : une dizaine d'organismes locaux et fédéraux passent en revue les diffé-

■ Il y a vingt mois, en Californie, les vapeurs émanant du corps d'une jeune femme agonisante indisposaient gravement la moitié du personnel d'un service hospitalier ! Mystère complet. Auquel des chimistes apportent aujourd'hui une explication totalement inattendue.

PAR JEAN-LUC SIEGEL

rentes possibilités, du gaz毒ique à l'hystérie collective. Mais l'autopsie ne détecte aucune substance chimique. Scotty Hill, coroner de Riverside, déclare, le 29 avril 1994 : « Mme Ramirez est décédée d'un infarctus provoqué par une insuffisance rénale liée à la tumeur au cerveau dont elle souffrait. L'enquête est close. »

Sur les malaises qui ont affecté les membres de l'équipe médicale, le coroner est tout aussi évasif : « Les études toxicologiques n'ont pas décelé de substances responsables des symptômes du personnel hospitalier. Aucun lien entre ces symptômes et la mort de Gloria Ramirez n'a pu être établi. »

Brian Andresen, directeur du Forensic Science Center de Livermore (une ville située à une centaine de kilomètres de San Francisco), affirme aujourd'hui : « Nous avions vraiment peu d'indices. Les témoignages des infirmières nous ont été

très utiles. » Ainsi, le corps de Gloria était luisant, comme enduit de pommade. Il en émanait une odeur d'ail. Autre détail étrange : de la seringue utilisée pour une prise de sang s'échappait une odeur piquante, caractéristique de l'ammoniac, et on y voyait de mystérieuses particules en suspension.

L'équipe de Brian Andresen analyse alors systématiquement tous les composés, organiques et inorganiques, trouvés dans le sang, dans la bile, dans les tissus du cœur, du foie, des poumons et des reins de la jeune femme. La chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse indiquent, à la grande surprise des chimistes, la présence en grande quantité de diméthylsulfone dans le sang et le corps de Gloria Ramirez. « C'est notre seule piste, déclare Brian Andresen. Et encore : le diméthylsulfone n'est pas une molécule毒ique ! »

Fin 1994, il confie le dossier au

(1) Discover, avril 1995.



Photos The Press Enterprise/Syagma

L'innocente coupable

Hospitalisée en urgence, Gloria Ramirez (ci-contre), 31 ans, est morte une demi-heure plus tard... intoxiquant gravement l'équipe soignante. Ci-dessus, l'évacuation des victimes.

Pr Pat Grant, directeur du service de chimie nucléaire au Forensic Science Center. «Quand j'ai lu dans le rapport d'autopsie, déclare ce dernier, que le corps de Gloria Ramirez était huileux et qu'une odeur d'ail en émanait, j'ai tout de suite fait le rapprochement avec le diméthylsulfoxyde, plus connu sous le nom de DMSO : je m'étais déjà servi de pommades à base de DMSO.»

Le Pr Grant n'est cependant guère avancé. Il consulte des ouvrages spécialisés et découvre alors que, par addition d'un atome d'oxygène, le DMSO se transforme en diméthylsulfone. Mieux : ce même diméthylsulfone, combiné à deux atomes d'oxygène, devient du di-

méthylsulfate, dont les vapeurs sont très toxiques. «Les pièces du puzzle se mettaient en place...»

Restent à comprendre les processus chimiques qui ont produit du diméthylsulfate... dans l'organisme de Gloria Ramirez. Le groupe de recherche de Livermore pense que, pour calmer les douleurs causées par son cancer, Gloria Ramirez a utilisé une pommade à base de DMSO, ce qui expliquerait l'odeur et l'aspect du corps. Or, cette molécule passe très facilement dans le sang. Le masque appliqué dès le transport de la jeune femme en ambulance a alimenté son sang en oxygène, transformant donc le DMSO qui s'y trouvait en diméthylsulfone. «S'il est

étonnant que cette transformation ait pu se produire aussi rapidement et en si grande quantité», commente le Pr Daniel Uguen, directeur du laboratoire de synthèse organique de l'Ecole nationale supérieure de chimie de Strasbourg, «l'explication n'est pas déraisonnable».

Mais comment et quand l'inoffensif diméthylsulfone s'est-il changé en diméthylsulfate toxique ? Pour le découvrir, les chercheurs de Livermore préparent alors, dans un ballon, une solution de Ringer – qui comprend, à part les globules rouges, tous les constituants de base du sang. Ils y dissolvent le diméthylsulfone à 37 °C, température du corps humain. Ils laissent ensuite refroidir le ballon jusqu'à la température de la salle d'urgence, environ 20 °C : des cristaux apparaissent. Voilà élucidée la présence de particules dans la seringue.

LA DIVISION QUI EXPLIQUERAIT TOUT

Mais le diméthylsulfate continue cependant de poser un problème. Les chimistes de Livermore émettent une nouvelle théorie : dans le sang de Gloria Ramirez, la molécule de diméthylsulfone se serait

L'empoisonneuse agonisante

divisée en ses constituants de base, soit deux groupes méthyle et du dioxyde de soufre. Or, l'organisme – notamment le plasma – contient des quantités assez importantes de sulfates. Les constituants méthyle, très réactifs, se seraient assemblés avec ces sulfates pour

former le toxique diméthylsulfate.

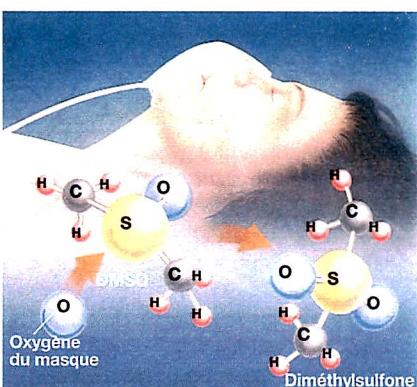
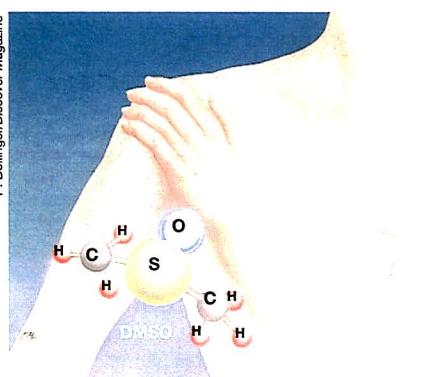
Mais, nouvel obstacle, à 37 °C, dans le sang, le diméthylsulfate n'est pas stable. A peine formé, il se désagrège en groupes méthyle et en dioxyde de soufre. En revanche, à 20 °C (la température de la salle des urgences), la réaction de

décomposition du diméthylsulfate est ralenti. Sa stabilité et donc sa durée de vie dans le sang augmentent. Il s'en serait formé, dans la seringue, une quantité non négligeable, dont une partie se serait échappée sous forme de gaz, incommodant le personnel médical. L'autre partie, restée dans la seringue, se serait décomposée normalement. Processus chimique machiavélique : le diméthylsulfate a disparu sans laisser d'autres traces que les malaises de 23 personnes !

Les hypothèses des chercheurs de Livermore ont leurs adeptes et leurs détracteurs. Les chimistes, dans l'ensemble, se montrent réservés. La dégradation du diméthylsulfone menant à la formation du diméthylsulfate n'a jamais été observée. Plus problématique encore : le diméthylsulfate s'évapore à 188 °C et non pas à... 20 °C.

Autopsie d'un mystère

P. Bollinger/Discover Magazine



Durant le transport en urgence de la jeune femme à l'hôpital, on lui a appliquée un masque à oxygène. Les molécules d'oxygène ont alors réagi avec le DMSO présent dans le sang pour former du diméthylsulfone, une molécule inoffensive.

Celle-ci se serait ensuite dissociée en dioxyde de soufre et en groupes méthyle. Ces derniers ont réagi avec les sulfates naturellement abondants dans le plasma sanguin, formant du diméthylsulfate, un gaz extrêmement toxique. Accumulé dans la seringue utilisée pour la prise de sang, il s'en est échappé, intoxiquant l'équipe médicale.

DIAMANT

DEPUIS CENT ANS, LA FIRME SUD-AFRICAINE DE BEERS RÉGENTE L'UNIVERS DU DIAMANT. MAIS SON QUASI-MONOPOLE EST BATTU EN BRÈCHE PAR LA CONCURRENCE SAUVAGE DE LA RUSSIE ET PAR LA FOUDROYANTE PERCÉE DU DIAMANT DE SYNTHÈSE. ON PEUT AUJOURD'HUI FABRIQUER DES DIAMANTS DE PLUSIEURS CARATS QUE L'ŒIL NE SAURAIT DISTINGUER DES GEMMES NATURELLES. LES EXTRAORDINAIRES QUALITÉS DE LA "PIERRE DE FEU", SA DURETÉ ET SON ÉCLAT, EN FONT UN OUTIL SCIENTIFIQUE INCOMPARABLE, AUSSI BIEN EN MICROCHIRURGIE QUE DANS L'INDUSTRIE SPATIALE.

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

**Péril sur
le monopole**
p. 80

**Les
secrets
de la pierre
de feu**
p. 84

**Un précieux
outil
scientifique**
p. 90



PÉRIL SUR LE MONOPOLE

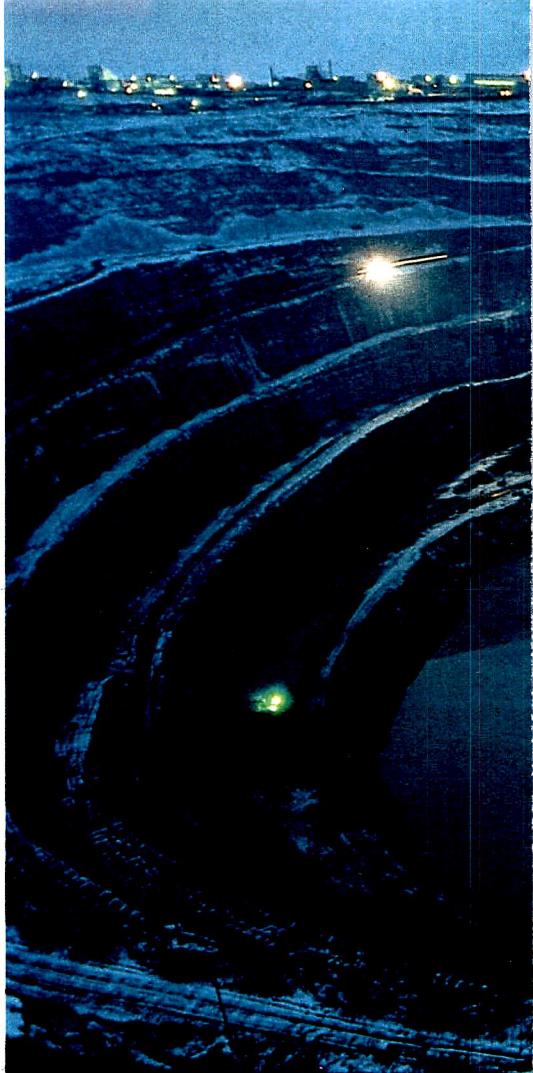
■ **Dominée par un quasi-monopole** – la firme sud-africaine De Beers –, l'industrie du diamant était l'une des plus stables du monde. Elle est aujourd'hui en pleine mutation. En raison du double jeu de l'un des principaux pays producteurs, la Russie, et de la percée foudroyante du diamant de synthèse. Le marché a frôlé la catastrophe dans les années quatre-vingts. Pourrait-il éclater demain ?

On peut aujourd'hui fabriquer en laboratoire des diamants pesant jusqu'à une dizaine de carats (¹). De tels diamants, sans défauts, taillés à la perfection, présentant des reflets de couleur à la mode, sertis dans des bijoux signés de grands joailliers, se vendraient... à des prix astronomiques. Pour imaginer ces prix, il suffit de savoir que, en avril dernier, un diamant rose (naturel) de 4,92 carats s'est vendu aux enchères, chez Sotheby's, à New York, 2 millions de dollars (10 millions de francs). Et qu'en 1993 un diamant rose en poire de 10,83 carats avait été adjugé plus de 4 millions de dollars (20 millions de francs).

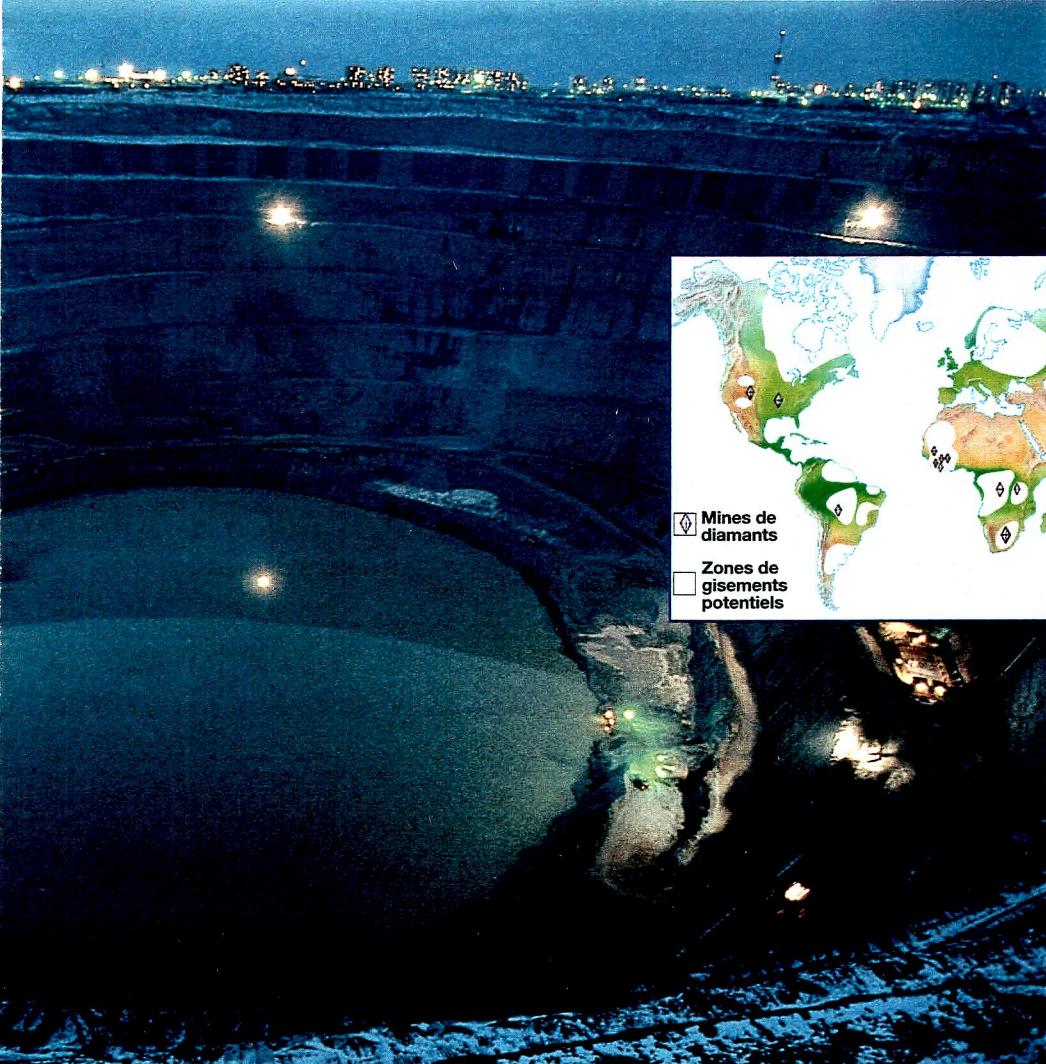
La production mondiale de diamants n'a cessé d'augmenter, passant de 5 millions de carats par an avant 1914 à quelque 100 millions de carats, c'est-à-dire 20 tonnes, l'année dernière. Les prix du diamant n'ont cependant pas chuté. Il est vrai qu'ils sont maintenus par le seul véritable cartel de la planète, celui du diamant brut, bâti et maintenu depuis un siècle par la firme sud-africaine De Beers Consolidated Mines (lire l'encadré double page suivante).

Pourtant, dans les centres mondiaux du diamant, à Johannesburg, à New York, à Anvers, à Tel Aviv ou à Bombay, on s'émeut. Une crise comparable à celle du pétrole, dans les années soixante-dix, va-t-elle perturber l'un des secteurs économiques les plus stables du monde ?

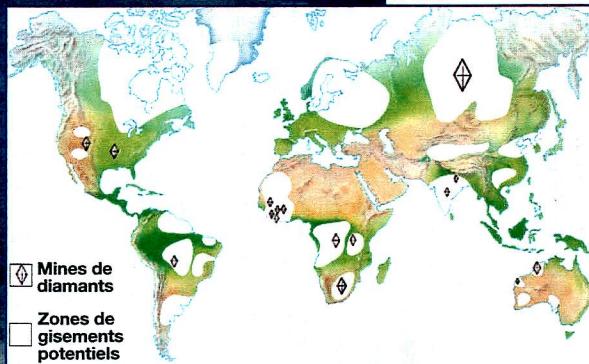
(1) Du grec *keration*, graine de caroube ou très petit poids. Le carat métrique, adopté en 1907, vaut 0,2 gramme. Auparavant, la valeur du carat variait d'un endroit à un autre.



En effet, le monopole est menacé par la percée du diamant de synthèse et par les menées d'un pays en proie au chaos et à la corruption : l'ex-Union soviétique. La Russie ne joue plus le jeu. Elle produit environ un dixième du volume mondial des diamants naturels ; ses gisements se trouvent dans la république autonome de Yakoutie, une région de Sibérie orientale six fois vaste comme la France mais peuplée d'à peine 1 million d'habitants. Comme tous les pays producteurs, la Russie a signé avec De Beers un contrat qui lui garantit l'écoulement de ses pierres brutes sur le marché international. Mais ce contrat expirera le mois prochain. Et, déjà, la Russie a cessé de le respecter. Anvers, le grand centre belge où transittent 80 % des pierres taillées du monde, voit affluer sous le manteau des diamants bruts de Yakoutie. En 1993, la Russie a vendu pour 1,14 milliard de dollars de diamants bruts par l'intermédiaire de la CSO (Central Selling Organization), la branche commerciale de De



M. Marie



H. J. Burkard/Bilderdberg/Studio X

La Russie hors la loi

L'Afrique du Sud n'est plus qu'au cinquième rang mondial des producteurs de diamants. Le vieux monopole est aujourd'hui menacé par l'Australie, le Zaïre, le Botswana (voir ci-dessus la carte des gisements), et surtout la Russie, qui respecte de moins en moins les règles édictées par l'empire De Beers... (Ci-dessus, la mine de Mirny, en Yakoutie, profonde de 400 mètres.)

Beers. On estime cependant qu'elle en a écoulé pour à peu près autant sur le marché parallèle, sous forme de petites pierres dites "techniques", de pierres industrielles, et de pierres sommairement taillées d'un seul côté de façon à échapper à la classification de "pierres brutes".

Selon l'hebdomadaire américain *Business Week* (18 septembre 1995), un groupe de banquiers de Saint-Pétersbourg a réuni 12 millions de dollars pour mettre sur pied en Russie une industrie de la taille, activité qui rapporte autant que la vente des diamants bruts. Et la Russie

n'est pas la seule à vouloir voler de ses propres ailes. L'Inde, par exemple, achète des pierres industrielles qu'elle taille pour en faire des diamants de joaillerie. Anvers, capitale de la taille, souffre de la concurrence de pays où la main-d'œuvre est infiniment moins coûteuse : outre la Russie et l'Inde, Israël et la Tunisie.

De Beers en a vu d'autres. Les pays producteurs n'ignorent pas que, si le monopole profite d'abord au conglomérat sud-africain, ils en bénéficient eux aussi, car De Beers maintient le cours mondial à un niveau élevé. Ce monopole a pourtant frôlé la catastrophe au début des années quatre-vingts. De nombreux particuliers qui avaient spéculé sur le diamant décidèrent de réaliser leurs avoirs. Les prix s'écroulèrent. Comme le fit observer un expert, « les spéculateurs découvraient que n'importe qui pouvait acheter un diamant, mais que seul De Beers pouvait le vendre ». Les cours ont graduellement remonté, mais « la joaillerie ne s'en est pas ■ ■ ■

■ ■ ■ encore remise », dit Jean-Paul Poirot, directeur du Service public de contrôle des diamants et des pierres précieuses à la chambre de commerce et d'industrie de Paris (2).

L'accroissement de la production mondiale complique par ailleurs la tâche du monopole. L'Afrique du Sud, premier producteur au tournant du siècle, est aujourd'hui devancée par de nouveaux pays. C'est maintenant l'Australie, où l'extraction a commencé en 1982, qui domine : 41 millions de carats à elle seule – plus de 40 % de la production annuelle. Suivent deux pays africains, le Zaïre (16,5 millions) et le Botswana (14,7 millions), et, en quatrième position, la Russie (11 ou 12 millions de carats

– encore que, selon certains experts, la production russe soit bien plus élevée). Quant à l'Afrique du Sud, elle n'occupe plus que le cinquième rang, avec moins de 10 millions de carats par an.

L'autre cause majeure du dérèglement du marché, c'est la part sans cesse grandissante qu'y détiennent les diamants de synthèse. Les progrès technologiques permettent de nos jours la fabrication de diamants de

plusieurs carats qu'il est impossible de distinguer des pierres naturelles, sinon par des analyses de laboratoire très sophistiquées. Leur irruption a complètement bouleversé la donne dans le commerce du diamant industriel. Vont-ils triompher dans la joaillerie ? Les progrès sont tels que bien des spécialistes n'en doutent pas ; ils se demandent même si cette percée n'est pas déjà subrepticement en cours...

DES DIAMANTS À LA CHAÎNE ?

Le diamant synthétique n'est pas un faux diamant. « Réussi », il est, comme le diamant naturel, un cristal de carbone presque pur, fruit d'une longue quête scientifique, dont les prémisses se situent dans le dernier tiers du XIX^e siècle (lire l'en-cadré « Les alchimistes du diamant de synthèse » dans le troisième volet de ce dossier).

Après des décennies de tentatives infruc-

(2) Un possesseur de diamant peut s'adresser au laboratoire gemmologique de ce service pour une détermination des critères pris en compte en joaillerie – couleur, masse, propreté ou pureté, taille.

DE BEERS : UN EMPIRE

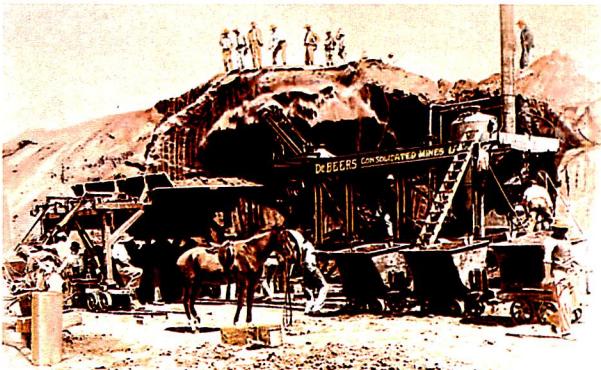
■ L'histoire du diamant en Afrique du Sud commence en 1866. Cette année-là, on ramasse de très belles pierres à fleur de sol. Trois ans plus tard, on découvre les gisements de Jagersfontein, de Dutoitspan, de Bultfontein et de Kimberley. La région est assaillie par des milliers

babwe). Celui qu'on surnomme « le Colosse de Rhodes » mourra en 1902, à 49 ans. En 1881, il fonde la De Beers Mining Company, qui regroupe un certain nombre de propriétaires. Rhodes a un rival non moins implacable que lui, Barnay Barnato. La lutte pour le mono-



Couronne britannique

LE KOH-I-NOOR "Montagne de lumière" 105,6 carats.



En mai 1871, un important gisement est découvert sur la ferme des frères De Beers. Leur nom restera célèbre.

Photo X, tous droits réservés

pole est féroce. C'est Rhodes qui l'emporte. Les deux compagnies fusionnent : De Beers Consolidated Mines voit le jour en 1888. Rhodes en prend le contrôle. Il a racheté toutes les actions pour la fabuleuse somme de 5 338 650 livres sterling. Progressivement, la société va absorber toutes les mines d'Afrique du Sud.

En 1929, elle passe aux mains d'un diamantaire d'origine allemande, Ernest Oppenheimer, qui dirigera l'empire jusqu'à sa mort, à 78 ans, en 1957. Son petit-fils Harry lui succède. Il ne prendra sa retraite qu'en 1994, à l'âge de 86 ans. Des hommes indestructibles, comme le diamant... Aujourd'hui, le fils de Harry, Nicky, assure la continuité. De Beers est devenu le seul véritable monopole

POUR L'ÉTERNITÉ

de la planète. Forte de ses gisements, de ses stocks, de son organisation commerciale, de ses accords avec les pays producteurs, la firme contrôle l'offre et fixe les prix des diamants de joaillerie bruts vendus aux grands centres de taille – Anvers, New York, Tel Aviv, Bombay ou Bangkok.

En 1994, le bénéfice de De Beers a été de 555 millions de dollars (environ 2,8 milliards de francs), pour un chiffre d'affaires de 4,38 milliards de dollars (22,3 milliards de francs). Ses stocks sont évalués à plus de 4 milliards de dollars.

La compagnie a également des intérêts dans le diamant de synthèse, l'or, le charbon et le cuivre. Elle emploie 200 géologues pour la prospection et l'exploitation, produit des diamants industriels synthétiques et du nitrate de bore cubique dans ses usines d'Afrique du Sud, de Suède, d'Irlande et de l'île de Man.

Elle contrôle à peu près 80 % du commerce international. Des accords ont été signés avec la plupart des pays producteurs, garantissant l'écoulement de leurs pierres brutes via sa branche commerciale, la CSO (Central Selling Organization), basée à Londres : elle achète la totalité des diamants, les trie (selon 5 000 catégories)

ries) et les propose en lots aux acheteurs du monde entier. Les négociants agréés sont quelque 150 courtiers, marchands et tailleurs de pierres, dont la charge se transmet généralement de père en fils. Les lots sont présentés dans des "vues" (ou "sights") à Kimberley, à Londres ou à Lucerne (Suisse) – où siège la De Beers Centenary, une société constituée en 1990 et qui coiffe les sociétés chargées des intérêts internationaux de l'empire. En dépit de ce contrôle tentaculaire, une partie de la production mondiale s'écoule sur un marché libre. Mais De Beers y intervient également, pour prévenir la chute de ses prix "officiels".

En Namibie (8 % de la production mondiale), De Beers a conservé pendant soixante-dix ans le monopole d'extraction et de commercialisation. L'accord a été renouvelé l'année dernière, à l'issue de rudes négociations qui ont permis aux Namibiens de devenir partiellement propriétaires de leurs terres. Au large de ce pays, De Beers s'est lancé dans la production "off-shore" en extrayant les diamants du plateau continental.



C. J. Rhodes, le fondateur de l'empire De Beers, était surnommé "le Colosse de Rhodes".

tueuses, la production industrielle commença en 1958. Elle provoqua immédiatement la panique des producteurs de diamants naturels. Le marché du diamant gemme allait-il être écrasé par le rouleau compresseur de l'industrie à la chaîne ? L'émotion dura peu. Il fallut bien-tôt admettre que l'industrie ne pouvait fabriquer que de petits diamants – moins de 1 carat –, à un coût trop élevé pour véritablement inquiéter la place Vendôme ou la 5^e Avenue.

C'était crier victoire trop tôt. De nouvelles techniques, souvent tenues secrètes, furent progressivement mises au point. On utilisa, par exemple, de la poudre de diamant pour faire "grossir" la pierre artificielle, et on dépassa bien-tôt le carat. Au laboratoire de recherches De Beers, à Johannesburg, on a obtenu des taux de croissance de cristaux de 2 à 5 mg par heure. Un diamant de 14,2 carats a ainsi été synthétisé en cinq cents heures – mais il contenait des inclusions métalliques. Un autre diamant, plus pur, pesait 7,6 carats. En fait, il semble que la dimension maximale, limitée par la taille de la presse qui sert de creuset, soit de 10 à 15 carats. C'est déjà beaucoup. Nous avons vu le prix que peut atteindre une gemme naturelle de 10 carats d'une couleur à la mode. De toute évidence, si l'on parvenait un jour à fabriquer des diamants synthétiques "à la demande" et à un coût raisonnable, les prix chuteraient, et l'on pourrait voir de belles pierres aux doigts, au cou et aux oreilles non seulement des princesses mais aussi des bergères.

UN MARCHÉ EN PLEINE MUTATION

Le Pr Bernard Lasnier, gemmologue à Nantes – la seule faculté française à décerner le diplôme universitaire de gemmologie –, ne serait pas surpris si on parvenait, un jour, à lancer sur le marché de belles gemmes synthétiques, tout aussi "vraies" et "éternelles" que les gemmes naturelles. Il y a de quoi inquiéter les producteurs traditionnels. Déjà, les progrès technologiques du diamant synthétique font que, dans la plupart des exploitations de diamants naturels, on ne se donne plus la peine de trier, ni même de ramasser, les pierres de moins de 2 mm de diamètre (environ 0,03 carat).

Or, cette mutation n'affecte pas un marché accessoire. Le diamant sous-tend aujourd'hui des enjeux scientifiques, technologiques et industriels considérables. De la chirurgie à l'espace, de l'informatique au nucléaire, en passant par la recherche pure, le diamant "industriel" représente un marché annuel de quelque 200 millions de carats, le double de la production naturelle !

LES SECRETS DE LA PIERRE DE FEU

■ Né dans le manteau terrestre, le diamant témoigne du passé le plus lointain de notre planète. La physique quantique et l'optique élucident ses extraordinaire propriétés.

Forme cristalline cubique du carbone, le diamant peut contenir des traces d'azote (jusqu'à 0,2 %), de bore et des inclusions, pour la plupart infimes, d'hydrogène, d'oxygène, de soufre, de calcium, de magnésium, d'aluminium, de fer... – en tout, une vingtaine d'éléments.

Le graphite, à la composition chimique identique, est lui aussi, une forme cristalline du carbone, mais hexagonale. La différence entre le diamant, le plus dur de tous les minéraux, et le graphite, tendre et friable – la mine du crayon – est une question de structure et d'énergie.

Dans le diamant, chaque atome de carbone est entouré de quatre autres atomes, dont les centres sont distants de 1,54 angström⁽¹⁾, maintenus par des liaisons chimiques fortes : les liaisons covalentes (une paire d'électrons communs).

Dans le graphite, les atomes sont rangés en hexagones contenus dans un même plan, à une distance de 1,42 angström. En général, les liaisons courtes entre atomes donnent les matériaux les plus durs. A l'exception du graphite, dont les couches plates de carbone, disposées en sandwich, sont reliées par des liaisons faibles, qui rendent leur déplacement facile. Le crayon s'efface sur le papier, tandis que le diamant raye tous les matériaux connus.

Centre international du diamant

(1) 1 angström = 10^{-10} m, soit 1 dix-millionième de mm.



LE GREAT HEART OF AFRICA
70,03 carats.
Provient d'une pierre brute trouvée en Guinée en 1982.

La dureté du diamant est telle que seuls les déchets ou la poudre de diamant peuvent le scier, le "débruter", le tailler et le polir. Les lois de la physique quantique permettent d'expliquer cette propriété. Elles définissent les notions d'absorption et de libération d'énergie par les atomes et les molécules : un électron passe à une orbite de haute énergie lorsqu'il absorbe de l'énergie électromagnétique. Quand il retombe à une orbite d'énergie plus basse, il émet de l'énergie.

Le modèle quantique donne également une idée de la façon dont les atomes s'unissent pour former des molécules. Des liaisons chimiques s'établissent lorsque les nuages d'électrons de deux atomes réagissent entre eux : ils peuvent alors former un seul nuage, commun aux deux noyaux atomiques. Lors de la formation de solides, les électrons extérieurs jouent un rôle prépondérant dans l'établissement des liaisons, le noyau et les électrons en orbite intérieure restant, eux, à peu près inertes.

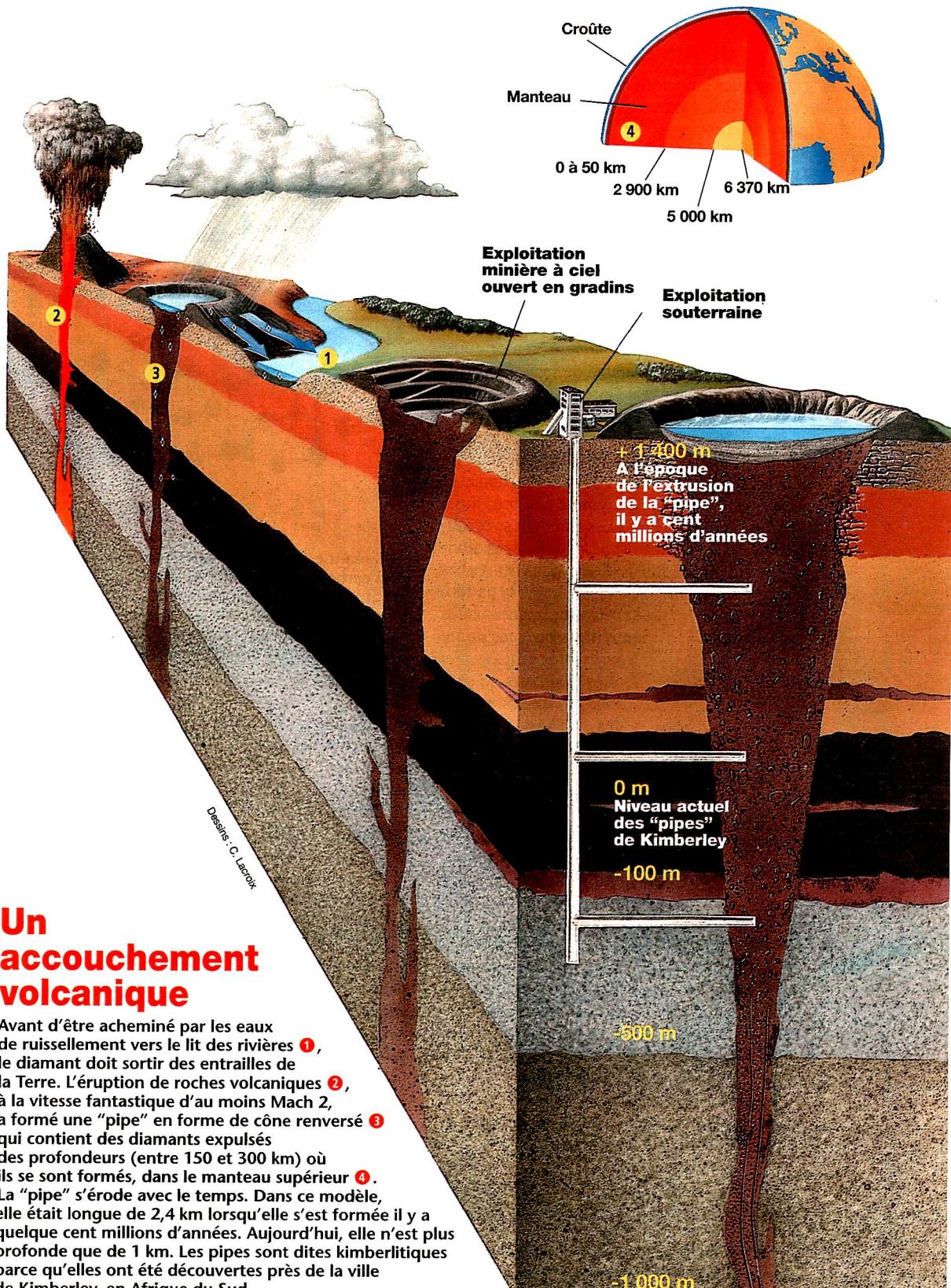
DES PIERRES VIEILLES DE 3,3 MILLIARDS D'ANNÉES

Entre le graphite et le diamant, la différence est aussi une question d'énergie. La formation des cristaux obéit aux lois de la thermodynamique, à savoir que leur structure sera celle qui permet l'énergie la plus faible, compte tenu des conditions de température et de pression. Il faut beaucoup d'énergie pour que le carbone cristallise en diamant, phase thermodynamiquement stable du carbone sous une pression de quelques dizaines de milliers d'atmosphères et à une température de plus de 1 000 degrés.

Les liens qui unissent les carbones du diamant renferment beaucoup plus d'énergie que les liens du graphite. Le facteur temps est également déterminant : les cristaux ne se forment pas instantanément, mais "poussent", chaque treillis d'atomes s'ajoutant au précédent.

Peut-on connaître l'âge d'un diamant ? S'il ne comporte pas d'inclusions, c'est-à-dire s'il est fait de carbone pur, c'est impossible. Dans ce cas, il ne possède pas d'éléments radioactifs permettant de le dater par des techniques géochronologiques comme la méthode uranium-plomb (U-Pb), qui établit l'âge d'un échantillon en mesurant la dégradation de l'uranium en plomb.

En revanche, si le diamant



Un accouchement volcanique

Avant d'être acheminé par les eaux de ruissellement vers le lit des rivières ①, le diamant doit sortir des entrailles de la Terre. L'éruption de roches volcaniques ②, à la vitesse fantastique d'au moins Mach 2, a formé une "pipe" en forme de cône renversé ③ qui contient des diamants expulsés des profondeurs (entre 150 et 300 km) où ils se sont formés, dans le manteau supérieur ④. La "pipe" s'érode avec le temps. Dans ce modèle, elle était longue de 2,4 km lorsqu'elle s'est formée il y a quelque cent millions d'années. Aujourd'hui, elle n'est plus profonde que de 1 km. Les pipes sont dites kimberlitiques parce qu'elles ont été découvertes près de la ville de Kimberley, en Afrique du Sud.

contient des inclusions : grenat, olivine ou péridot, pyroxène (qui sont tous des silicates), composés du chrome, etc., on pourra déterminer son âge. On sait ainsi que les diamants les plus jeunes, ceux du Botswana, ont environ 1 milliard d'années, et les plus vieux, ceux d'Afrique du Sud, 3,3 milliards d'années (près des trois quarts de l'âge de la Terre). Les inclusions contenues dans certains diamants fournissent des informations sur les tréfonds de la Terre, qui viennent compléter les enseignements apportés par l'étude des variations de la propagation des ondes sismiques. On peut se représenter notre planète comme un ensemble de sphères emboîtées : de l'extérieur vers l'intérieur, la croûte (ou écorce), relativement légère et froide, épaisse d'une cinquantaine de kilomètres ; puis le manteau, couche rocheuse hétérogène de près de 3 000 km ; enfin le noyau métallique, dense et chaud, de 3 500 km de rayon, à peu près aussi gros que la planète Mars. Les diamants se constituent dans le manteau supérieur, à des profondeurs de 150 à 300 km, dans des roches plus anciennes, comme la péridotite et l'éclogite, formées à très haute pression, sans doute à la limite de la croûte.



LE RÉGENT

140,5 carats.

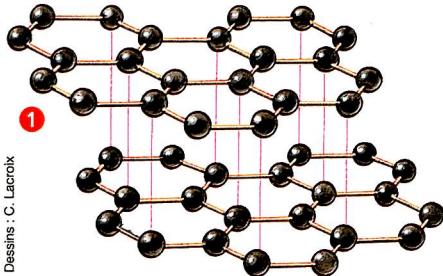
Louis XV le porta lors de son sacre à Reims, en 1722 .

Centre international du diamant

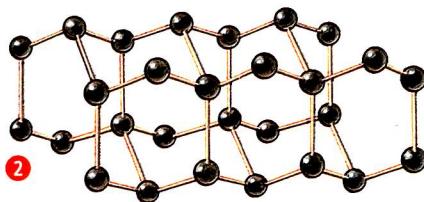
du nom de la ville de Kimberley, en Afrique du Sud, est le premier type de roche éruptive où a été décelé du diamant.

Outre la dureté, le diamant se caractérise par son éclat, dû à ses propriétés optiques exceptionnelles, notamment son indice de réfraction : 2,41 (par comparaison, l'indice de réfraction de l'air est de 1,0002, celui de l'eau de 1,333 et celui du verre de 1,5 à 1,6).

Cet indice est égal au rapport de la vitesse de la lumière dans le vide (300 000 km/s) par sa vitesse dans le milieu en question. Il mesure la déviation d'un rayon lumineux lorsqu'il passe d'un



Dessins : G. Lacroix



Le lien de famille

Diamant et graphite sont des formes cristallines du carbone. Le graphite est formé de couches d'atomes en hexagone empilées ① ; le diamant a une structure symétrique tridimensionnelle où chaque atome de carbone est relié à quatre autres atomes de carbone ②.

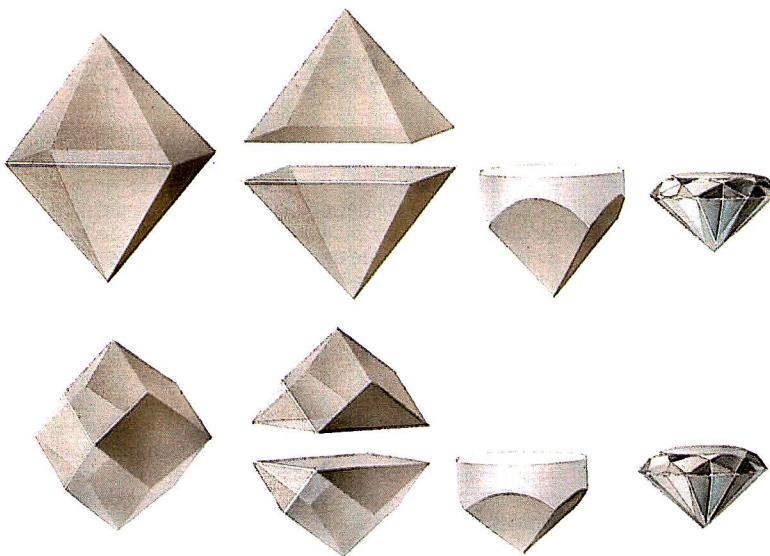
milieu à un autre. Ainsi la lumière se propage-t-elle dans le diamant à 125 000 km/s, donc assez lentement. La gemme吸orbe très peu de la lumière visible, et pratiquement toute la lumière qui touche le diamant taillé est réfléchie par ses facettes. La lumière incidente blanche, comprenant toutes les couleurs, fait jaillir le scintillement en arc-en-ciel caractéristique des "feux" de la pierre précieuse, son indice de réfraction variant en fonction de la couleur de la lumière.

De nombreux diamants ne sont pas incolores. Ils peuvent être bleus, roses, rouges, couleur d'or, jaune canari ou citron, vert d'eau, cognac, champagne, etc.

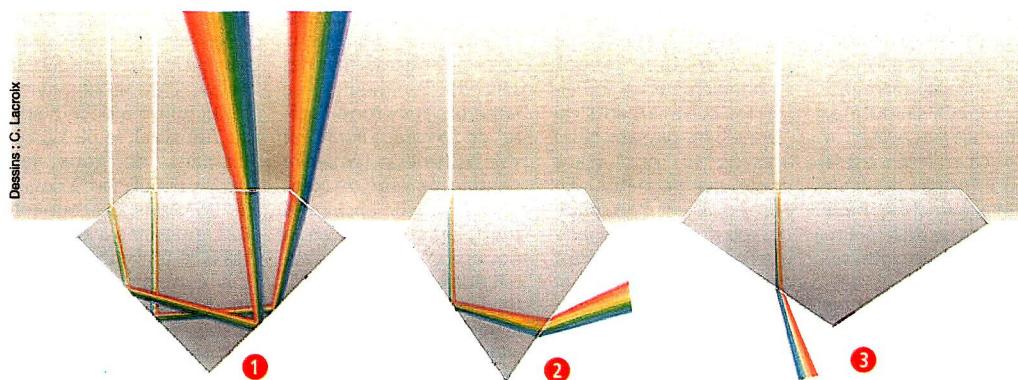
La couleur du diamant, comme celle d'autres pierres précieuses, peut être modifiée par irradiation et par chauffage, provoquant l'absorption d'énergie dans le spectre visible – "cuisine" délicate donnant parfois des résultats inattendus. Les premières tentatives d'irradiation ont été réalisées en 1904 : les diamants étaient enfouis dans des sels de radium, ce qui les colorait en vert... mais les rendait radioactifs. Le chauffage, lui, modifie une couleur obtenue par irradiation. Il arrive que certains diamants naturels, dits "caméléons", changent de couleur pendant une réparation qui requiert le chauffage de leur monture.

De la pierre brute naît un bijou

Les étapes successives du sciage, du débrutage et de la taille d'un diamant. En haut, un diamant en octaèdre ; en bas, en dodécaèdre. Dans les deux cas, on obtient un diamant taillé en forme de brillant.



Dessins : C. Lacroix



Un scintillement en arc-en-ciel

Une taille parfaite donne une réflexion maximale du spectre de couleurs ①, une pierre trop épaisse donne un aspect métallique ②. Une pierre trop plate a l'apparence d'un "œil de poisson" ③.

La coloration du diamant par irradiation est parfois naturelle : pendant son ascension vers la surface de la Terre, il lui arrive d'être exposé à des éléments radioactifs. On estime que même les radiations d'origine cosmique, pourtant très faibles, peuvent, à la longue, changer la couleur de la pierre.

En fait, les diamants le plus souvent soumis à la radiothérapie commerciale sont des gemmes

azotées dont la coloration jaunâtre diminue la valeur. Le plus gros diamant ainsi traité, une pierre taillée de 104 carats, jaunâtre à l'origine, colorée en vert par irradiation puis recolorée en jaune doré par chauffage, fut vendu en 1971 sans qu'il soit fait mention du traitement, c'est-à-dire en infraction totale avec la loi, mais, dans ce milieu très secret du diamant, l'affaire en resta là. Autre "chirurgie esthétique" qui doit être signalée par le vendeur et dont les traces sont visibles à la loupe ou au microscope : le blanchiment d'une inclusion sombre dans le corps d'un diamant. Effectuée au laser, par forage d'un orifice très fin, de 2 ou 3 micromètres de diamètre, cette opération permet de dissoudre l'inclusion, il ne reste que la cavité. Un conseil aux acheteurs : « *Caveat emptor* », autrement dit, attention à la magie du diamant.

DE PLINE L'ANCIEN À SCOTT FITZGERALD

PAR NORBERT RÉGINA

Les premiers gisements de diamants ont vraisemblablement été exploités en Inde plusieurs siècles avant notre ère. Pendant des centaines d'années, on n'en trouva pas ailleurs. Le commerce, lui, se développa rapidement. Au 1^{er} siècle, déjà, l'Inde "exporta" vers la Chine, vers les pays d'Asie mineure, vers l'Arabie et vers Rome, puis, au Moyen Age, vers l'Europe, le long de routes monopolisées par les Perses et les Arabes jusqu'au moment où Vasco de Gama découvrit une voie maritime directe de Lisbonne jusqu'aux Indes.

Le premier texte qui fournit une description assez détaillée du diamant, mentionnant sa pureté, son absence de couleur, sa résistance au feu, c'est la fameuse *Histoire naturelle* de Pline l'Ancien. Pour l'heure, l'éclat de la pierre n'est qu'une qualité secondaire, car ni les Hindous, ni les Grecs, ni les Romains ne savent la tailler. Elle se présente sous sa forme naturelle de structure cristalline. Elle est octaédrique (huit côtés), comme deux pyramides jointes à la base. Les Egyptiens y verront un trou-

ble symbolique de leurs propres mausolées.

Ce n'est qu'au xv^e siècle qu'on invente le procédé de la taille. Un disque de fer enduit de poudre de diamant permet d'aplanir la pointe pyramidale. Car seul le diamant est assez dur pour entamer le diamant. Alors seulement, il va pouvoir libérer tous ses feux.

Longtemps, on l'a convoité pour les vertus symboliques qu'on lui accordait. En Inde, il déterminait le rang social : le diamant était réservé à la classe sacerdotale des brahmanes, tandis que les guerriers devaient se contenter du "rouge" (probablement un spinelle), les commerçants du "jaune", les paysans et les artisans du "gris" (sans doute une magnétite). En Europe, il est l'apanage des rois et des nobles, auxquels ses radiations sont censées donner force et hardiesse au combat. Seuls les hommes le portent. Les femmes ne commenceront à s'en parer qu'au xiv^e siècle.

Généralement on prêtait aux diamants des pouvoirs bénéfiques. Les Grecs anciens les croyaient pouss-

sières d'étoiles tombées sur la Terre ou encore "larmes des dieux". Le Moyen Age affirme que « le diamant neutralise les effets pernicieux des poisons, écarte les hallucinations démentielles ». Ou bien que « les diamants poussent en famille. On en trouve des grands et des petits. Mâles et femelles poussent ensemble, nourris de rosée. Ils s'accouplent et mettent des petits au monde ».

Ils sont parfois maléfiques. Dans l'Antiquité, il existe, en Asie centrale, une vallée inaccessible jonchée de diamants. Elle est « survolée par des oiseaux de proie et gardée par des serpents venimeux ». Le fameux Sancy (une "poire" de 55 carats) aurait été volé à Charles le Téméraire pendant le siège de Nancy, où le duc trouva la mort, puis, tombé en la possession d'Henri III, il aurait également porté malheur au roi, assassiné par le moine Jacques Clément.

Plus tard, chaque pierre célèbre, le Blue Hope, le Koh-i-Noor, l'Orloff, le Régent, eut son aura de malédiction associée à bien des morts tragiques. Légendaire diamant...

En 1728, on découvre enfin d'autres gisements. Le Brésil s'enrichit. Mais c'est l'exploitation des mines d'Afrique du Sud, à partir de 1866, qui va profondément modifier l'économie du diamant. Londres devient le centre mondial du diamant brut, Anvers celui du diamant taillé.

Dans notre siècle, Scott Fitzgerald écrira : « Le premier rayon jaune du soleil frappa les prismes innombrables d'un diamant immense et ciselé de façon exquise – et une blancheur radiante fut attisée. » Il a intitulé sa nouvelle *Un diamant gros comme le Ritz*. Il exagère à peine. C'est le 26 janvier 1905 qu'on a découvert, au Transvaal, le plus gros diamant de tous les temps, le Cullinan. Il pesait 3 106 carats. Exactement 621 grammes... Une fois taillé, le Cullinan fit, comme le prétend la légende médiévale, d'innombrables enfants : une "poire" de 530,2 carats et 74 facettes qu'on appelle "la Grande Etoile d'Afrique", un "coussin" de 317,4 carats, plus une centaine de diamants plus petits. Tous en parfaite santé.

Votre bague, combien de carats ?

Cet échantillonnage de diamants ronds montre le rapport entre leur diamètre et leur poids (exprimé en carat). Le poids d'un diamant dépend aussi de sa forme et de son épaisseur.





LE TAYLOR-BURTON
69,42 carats.
En 1979, il fut vendu
plus de 3 millions
de dollars.

UN PRÉCIEUX OUTIL SCIENTIFIQUE

■ Peut-on créer un matériau plus dur que le diamant ? Un supraconducteur miracle verra-t-il le jour ? Percera-t-on les mystères du centre de la Terre ? Autant d'extraordinaires avancées scientifiques que les recherches sur le diamant permettent d'envisager. De l'espace à la microchirurgie, le plus rare et le plus précieux des minéraux envahit déjà tous les secteurs de pointe.

Et si le centre de la Terre était... un diamant ? C'est l'une des étonnantes hypothèses suscitées par les plus récentes recherches sur la technologie du diamant. Nous y reviendrons.

Le diamant est aujourd'hui à la source d'une multitude de développements scientifiques. Ses propriétés sont en effet exceptionnelles. Il est à la fois le plus dur et le moins compressible de tous les matériaux connus, le meilleur conducteur de chaleur (cinq fois supérieur au cuivre), l'un des solides les plus transparents, notamment à l'ultraviolet et à l'infrarouge. Il est également transformable en semi-conducteur électronique, etc.

Ses vertus sont innombrables, sans compter qu'il continue d'exalter la beauté. On en couvre non seulement les décolletés et les têtes couronnées, mais aussi les scalpels de chirurgien, les lentilles optiques des sondes spatiales, les radômes des missiles nucléaires, les puces des ordinateurs.

L'étude du diamant a ouvert de nouvelles voies, aussi bien dans la connaissance des matériaux qu'en



L'ORLOFF
189,6 carats,
180 facettes.
Kremlin,
Moscou.

astrophysique. Des diamants naturels de 3,3 milliards d'années, témoins survivants des zones profondes où ils ont été formés (voir article "Les secrets de la pierre de feu"), fournissent aux géophysiciens des informations précieuses sur l'interminable évolution de notre planète.

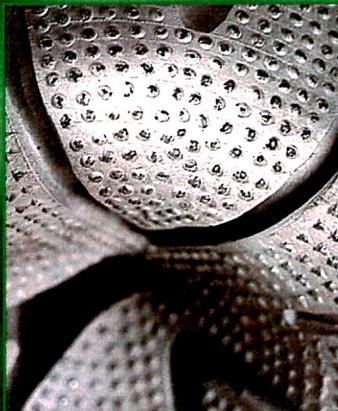
Quant à la technologie des hautes pressions, elle a fait, grâce à la percée du diamant industriel, un bond considérable. On parvient aujourd'hui à exercer sur un très petit volume une pression de 4×10^8 hectopascals (4 millions d'atmosphères) – quand la pression au centre de la Terre est évaluée à $3,7 \times 10^9$ hectopascals ! Pour se représenter cet exploit impensable, il faut imaginer la pression qu'exercerait à sa base une colonne de mercure haute de 3 000 km.

Les applications industrielles ne sont pas moins intéressantes. Sa transparence, sa dureté et sa stabilité chimique font du diamant un matériau de choix pour les composants optiques, notamment en "milieu hostile" : sondes spatiales, spectroscopie pour l'étude de l'atmosphère des planètes, endoscopes chirurgicaux, lasers.

Ainsi la dureté du diamant, dont les atomes sont liés dans une structure très stable, permet-elle d'aiguiser une lame jusqu'à 1 nanomètre (un millionième de millimètre !) d'épaisseur, soit de 10 à 20 fois moins que la plus fine lame en acier. Des scalpels en lame de diamant sont couramment utilisés en microchirurgie (sous microscope bien sûr), en chirurgie ophthalmique et en neurochirurgie. Les praticiens ont parfois du mal à s'y habituer. « Ça coupe trop ! » disent-ils. Mais, quand ils ont adopté le diamant, ils ne reviennent plus à l'acier.

Quant aux films, on en recouvre des outils "résistants", en tungstène par exemple : ils acquièrent une dureté insurpassable. Une lame de rasoir traitée par ce procédé, si l'on prend garde de ne pas l'ébrécher, se transmettrait de père en fils. C'est une bonne raison pour ne pas en fabriquer...

Autre propriété appréciable du diamant : sa conductivité thermique. Comme il répond rapidement à tout changement de température, on l'emploie dans la fabrication des thermomètres à résistance électrique (bolomètres). Sa haute résistivité électrique trouve des applications dans l'électronique. Des diamants contenant de petites quantités de bore (dits de type IIb) se comportent comme des semi-



Alors jaillit la lumière...

La dureté exceptionnelle du diamant favorise son utilisation dans l'industrie de forage pétrolier : ci-dessus, un trépan incrusté de diamants industriels.

En photo pleine page, le laser de la microsonde Raman, une invention française qui permet de s'assurer que le cristal est bien un diamant ; mais elle ne distingue pas un diamant naturel d'un diamant de synthèse (voir p. 94).

conducteurs. Cependant, le "dopage", c'est-à-dire l'introduction d'électrons "vagabonds", doit être soigneusement contrôlé : le diamant initial devra être aussi pur que possible, on donnera ensuite les "impuretés" qui fourniront les électrons supplémentaires. Le remplacement de quelques atomes de carbone (4 électrons de valence) par des atomes à 3 ou à 5 électrons de valence requiert une extrême précision de la concentration d'atomes dopants, tels que le bore (valence 3) ou l'azote (valence 5). En effet, un seul atome dopant par milliard d'atomes de carbone modifie sensiblement les propriétés électroniques des couches de diamant.

Avantage supplémentaire : le diamant peut établir de bons contacts avec la silice des composants électroniques classiques, à base de silicium, et avec les métaux. Ce potentiel est encore peu exploité, notamment dans le champ des ordinateurs.

Les techniques de synthèse du diamant par dépôt de vapeur chimique permettent d'en contrôler plus précisément les propriétés. General Electric a récemment fabriqué des films de diamant à

partir de méthane à très faible teneur en isotope 13 du carbone (^{13}C). La couche polycristalline de diamant ainsi obtenue est décollée du substrat et émiettée en microcristaux avant de servir de matériau de base dans la synthèse sous haute pression. On obtient des cristaux de diamant d'environ 1 carat à très faible concentration de l'isotope ^{13}C . Ils sont dotés d'une très grande conductivité thermique.

Ces recherches ont progressivement conduit à explorer une hypothèse hier inconcevable : la création d'un matériau plus dur que le diamant. La théorie en avait été décrite par Marvin L. Cohen, professeur de physique à Berkeley (Californie), et par son assistante, Amy Liu. Ils avaient modélisé un matériau cristallin maintenu par des liens chimiques aussi courts et aussi puissants que les liens carbone-carbone du diamant (voir article "Les secrets de la pierre de feu"). Cohen avait choisi le nitrure de carbone (C_3N_4), qui pouvait présenter une structure similaire à celle du diamant, avec

Centre international du diamant



LE BLUE HOPE
42,52 carats. Exposé au
Smithsonian Institute
de Washington.

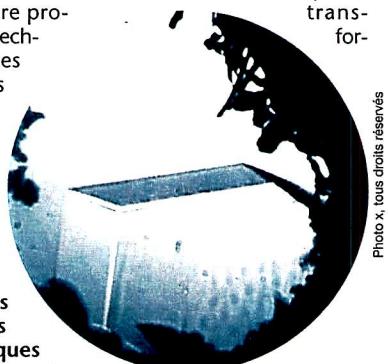
concevable : la création d'un matériau plus dur que le diamant. La théorie en avait été décrite par Marvin L. Cohen, professeur de physique à Berkeley (Californie), et par son assistante, Amy Liu. Ils avaient modélisé un matériau cristallin maintenu par des liens chimiques aussi courts et aussi puissants que les liens carbone-carbone du diamant (voir article "Les secrets de la pierre de feu"). Cohen avait choisi le nitrure de carbone (C_3N_4), qui pouvait présenter une structure similaire à celle du diamant, avec

LES ALCHIMISTES DU

Dès la découverte des mines d'Afrique du Sud, dans les années 1870, les géologues comprirent que le diamant se forme dans les grandes profondeurs et que de très fortes pressions sont nécessaires à l'assemblage de son réseau cristallin caractéristique. Était-il possible de "créer" le précieux minéral ? Chimistes et physiciens s'employèrent à imiter la nature. L'Écossais James Ballantine Hannay se livra à des expériences périlleuses en confinant dans des tubes sous pression toutes sortes de composés du carbone. A ce jour, on ne sait s'il est parvenu à fabriquer des diamants. Le Français Henri Moissan, prix Nobel de chimie 1906, tenta de reproduire les expériences de Hannay. En vain. L'Américain Percy W. Bridgeman, de Harvard, passa, lui, des années (entre 1910 et 1945) à mettre au point des systèmes de haute pression, broyant du graphite sous 10^6 hectopascals. Sans plus de succès, si non de faire progresser la technologie des haute pressions.

Enfin, en 1954, General Electric produisit

les premiers diamants de synthèse : stimulés par le Pentagone, qui, en pleine guerre froide, réclamait des diamants industriels pour l'outillage de précision des armements, les ingénieurs américains avaient imaginé d'utiliser les très hautes températures – plus de 1 000 degrés – pour rompre les liens chimiques entre les atomes de carbone qui forment le graphite (voir article "Les secrets de la pierre de feu"). Ils pouvaient alors entreprendre la cristallisation sous haute pression. Cette fois, la technique était maîtrisée. Dès 1958, la production industrielle commençait. Aujourd'hui, on sait aussi fabriquer des diamants de synthèse sous basse pression. On a cru longtemps le procédé irréalisable parce que contraire aux lois de la thermodynamique. En effet, le graphite étant plus stable à basse pression que le diamant, celui-ci, produit dans de telles conditions, n'allait-il pas se transformer ?



L'une des avancées scientifiques permises par la recherche sur le diamant : ce cristal est le premier à contenir un gaz inerte, l'hélium (combiné à de l'azote). Il est obtenu sous haute pression, au laboratoire de géophysique de la Carnegie Institution de Washington.

DIAMANT DE SYNTHÈSE

mer immédiatement en graphite ?

Il existe pourtant des matériaux naturellement métastables, c'est-à-dire dont l'équilibre ne coïncide pas avec le minimum théorique d'énergie du système. Un exemple : à température ordinaire, le mélange oxygène-hydrogène est en équilibre métastable par rapport à l'eau (H_2O), qui est la combinaison de ces deux éléments correspondant au minimum d'énergie du système (état stable). Il faut un agent extérieur (une étincelle) pour provoquer la transformation en eau du mélange gazeux, avec libération d'énergie.

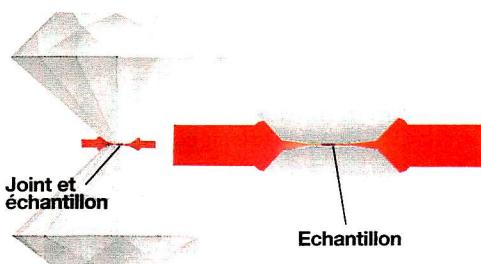
Les premiers essais de synthèse du diamant à basse pression en révèlèrent la difficulté : il fallait supprimer le graphite qui se formait concomitamment, et le processus était d'une lenteur désespérante.

Dans les années soixante-dix, le chercheur soviétique Boris Dériaguine eut l'idée d'utiliser l'hydrogène comme gaz transporteur des espèces carbonées et mit au point une technique d'élimination continue du graphite. Dériaguine fut aussi le premier à déposer du diamant sur des substrats non composés de diamant – cuivre, tungstène, silice.

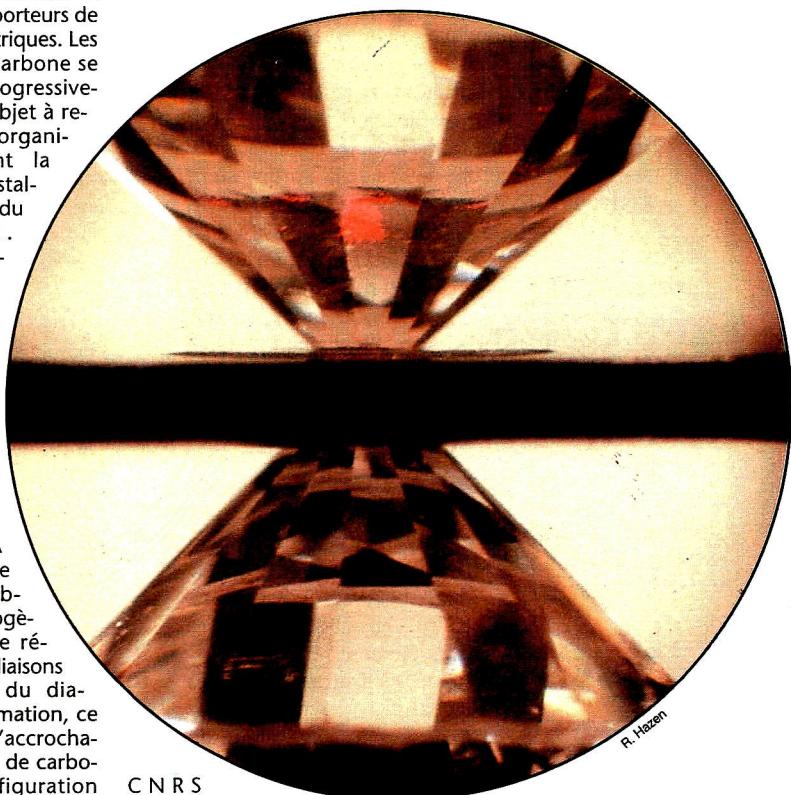
De nos jours, des centaines de laboratoires dans le monde étudient et pratiquent la synthèse du diamant à basse pression. Plusieurs méthodes ont été développées pour déposer de fines pellicules de diamant syn-

thétique. On injecte, par exemple, dans un tube de quartz un mélange hydrogène-méthane. Ce gaz est soumis à un rayonnement de micro-ondes qui brise les molécules gazeuses pour former un plasma, c'est-à-dire une vapeur d'atomes ionisés. Ceux-ci acquièrent ou perdent un ou plusieurs électrons et deviennent porteurs de charges électriques. Les atomes de carbone se déposent progressivement sur l'objet à recouvrir et s'organisent suivant la structure cristallographique du diamant. C'est, pense-t-on, la forte proportion d'hydrogène dans le mélange gaz eux qui élimine le carbone présent sous forme de graphite. A la fin, seul le diamant subsiste. L'hydrogène atomique réagit avec les liaisons en surface du diamant en formation, ce qui permet l'accrochage d'atomes de carbone à la configuration du réseau cristallin déjà formé.

Les mécanismes de nucléation et de croissance du diamant sont cependant encore mal connus. En France, une vingtaine de laboratoires de physique ou de chimie travaillent de concert à leur élucidation, au sein du Plan interdisciplinaire matériaux élaboré par le



C. Lacroix



R. Hazen

C N R S et par la Délegation générale pour l'armement et dirigé par le Pr Gérard Demazeau, de Bordeaux. Cette équipe a mis au point une méthode novatrice permettant d'étudier en temps réel, grâce à une lumière laser, les étapes conduisant à la formation des couches cristallines.

Le dessin du haut montre une chambre de pression entre deux "enclumes" de diamant. La hauteur totale est d'environ 5 mm. L'épaisseur de l'échantillon soumis à la pression n'est que de 250 micromètres. En bas, une vue au microscope.

une incompressibilité au moins égale, grâce aux liens des atomes de l'azote, plus courts que ceux du carbone. C'était dans les années 80. Cohen n'avait alors aucune certitude de voir réalisé son hypothétique nitre de carbone.

UN RÊVE PLUS VASTE : COMPRENDRE L'UNIVERS...

Or, l'année dernière, plusieurs équipes ont publié la synthèse de petites particules de nitre de carbone. Charles M. Lieber et John Z. Zhang (Harvard) ont mis au point une méthode qui soulève un vif intérêt. Un laser à pulsion arrache des atomes de carbone à une cible de graphite. Ce carbone, projeté dans un faisceau perpendiculaire à la cible, est intercepté par un faisceau d'azote monoatomique (N) très réactif engendré par une décharge dans un tube d'azote moléculaire (N_2) lui-même très peu réactif. Résultat : un dépôt dont l'étude révèle la présence de C_3N_4 , toutefois dans une forme impure. Il y a quelques semaines à peine, une équipe de la Northwestern University (Evanston, Illinois) a annoncé la synthèse de couches très fines (4 ou 5 nanomètres) de nitre de carbone, qui pourrait être théoriquement plus dur que le diamant.

Autre cristal synthétique prometteur : le nitre de bore cubique, formé de bore et d'azote. Dans la table périodique des éléments, le bore (n° 5) et l'azote (n° 7) sont situés de part et d'autre du carbone (n° 6). On sait que le nombre d'un élément représente celui de ses protons, particules à charge positive contenues dans son noyau, et celui de ses électrons, négatifs.

Le nitre de bore (BN) est donc isoélectrique avec le carbone (C-C), c'est-à-dire doté du même nombre d'électrons. Le BN cristallise dans une structure comparable à celle du graphite. Synthétisé sous haute pression, le BN cubique reste stable à la pression normale et se révèle comme un abrasif plus efficace que le diamant dans le travail de certains métaux. Cette fois, le but est proche.

Les recherches suscitées par la "pierre de feu" ont également ouvert une voie inexplorée à l'étude des hautes pressions. De nombreux chercheurs s'y sont engouffrés dans les années

UNE CARTE D'IDENTITÉ

Quand on est en présence d'un diamant, comment savoir s'il est naturel ou synthétique ? Une invention française, la microsonde Raman, permet d'identifier les gemmes par une méthode non destructive. L'effet Raman, du nom du physicien indien, prix Nobel de physique 1930, est un processus de diffusion de la lumière, avec changement de longueur d'onde, par les liaisons moléculaires partiellement covalentes. L'étude de l'effet Raman par spectrométrie fournit des renseignements sur la structure des molécules de l'échantillon observé. La microsonde française, inventée à Lille en 1975 par Paul Dhamaelincourt et Michel Delhayé, comprend un laser dont le faisceau pénètre dans l'échantillon. Le spectre de vibration moléculaire par diffusion de lumière constitue une "empreinte" caractéristique des liaisons qui compo-

sent le matériau éclairé. La liaison covalente C-C unique du diamant lui confère une grande symétrie qui donne une seule bande correspondant à la différence entre la longueur d'onde excitatrice et celle du spectre Raman qu'on étudie. Cette différence est traduite conventionnellement en nombre d'onde par unité de longueur, exprimé en unités de cm^{-1} . Le diamant est caractérisé par une seule bande Raman à $1\ 322\ cm^{-1}$, c'est-à-dire une longueur d'onde de $1:1\ 322\ cm$, soit $7,564\ \mu m$.

La microsonde permet de distinguer à coup sûr le vrai diamant de l'imitation, notamment le zircon, gemme naturelle ou de synthèse formée de silicate de zirconium ($ZrSiO_4$), dont l'indice de réfraction élevé le rapproche du diamant par son éclat. Mais la microsonde Raman est incapable de distinguer un diamant naturel d'un diamant synthétique.



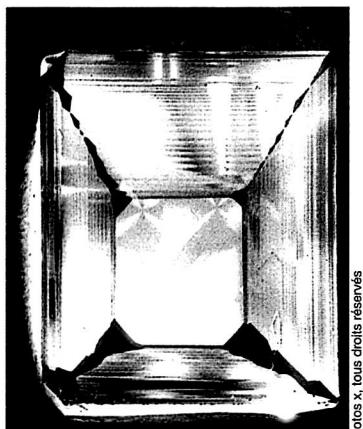
LE TIFFANY
128,51 carats.
Symbole du célèbre
joaillier new-yorkais
Tiffany's.

INFALSIFIABLE

tique de bonne qualité. A cet effet, la méthode la plus sûre est la cathodoluminescence associée au microscope à balayage électronique. La luminescence provoquée par des faisceaux d'électrons est concentrée, par un système optique, sur un détecteur photoélectrique. On obtient par balayage une micrographie qui reflète la structure cristalline du diamant, avec ses accidents dus à la lente formation dans les profondeurs de la Terre. L'image produite est la véritable carte d'identité de la gemme. Selon le Pr Bernard Lasnier, de l'université de Nantes, tous les diamants importants pourraient ainsi être définitivement identifiés, à des fins d'assurance ou d'authentification, par exemple. Même si un tel diamant était retaillé en plusieurs pièces, celles-ci seraient reconnaissables par comparaison avec la structure interne du diamant ori-



DIAMANT NATUREL



DIAMANT SYNTHÉTIQUE

vent simultanément être chauffés au laser à plusieurs milliers de degrés, et voilà reproduites les conditions de pression et de chaleur régnant au sein de la Terre.

Des matériaux aux propriétés inédites virent ainsi le jour. La plupart d'entre eux se dégradent à pression normale, mais certains, comme le nitrate de bore, conservent leur structure et leurs propriétés. Autant de supraconducteurs en herbe, aptes à bouleverser l'économie énergétique de la planète, qui, pour l'instant, dilapide dans les câbles et les fils des trésors d'électricité.

ET L'HYDROGÈNE DEVIENT MÉTAL...

L'hydrogène métallique serait-il ce supraconducteur miracle ? Robert M. Hazen, chercheur au laboratoire de géophysique de la Carnegie Institution, à Washington, le croit fermement. De tous les matériaux connus, aucun n'intrigue tant les chercheurs que le plus simple, le plus répandu, l'hydrogène. Les physiciens qui ont modélisé son comportement théorique sous pression supposent que, à 2 ou 3 mégabars, il deviendrait un métal solide et un supraconducteur parfait, capable, à température ambiante, de transporter l'électricité sans aucune déperdition. Aucun écologiste ne pourrait rêver d'un tel "miracle". Pour David Mao et Russel Hemley, pragmatiques chercheurs de

la Carnegie, le surnaturel n'a pas sa place dans leur labo. Ils ont comprimé de l'hydrogène sous plus de 2 mégabars et pensent avoir obtenu de l'hydrogène métallique, qu'ils ont photographié.

Si l'on songe que les grandes planètes – Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune – sont principalement composées d'hydrogène, si l'on admet que l'hydrogène devient métallique à quelques mégabars – une fraction de la pression interne de ces planètes –, la conclusion s'impose : l'hydrogène métallique est le solide le plus répandu dans le système solaire.

Quant à la Terre, selon Ronald Cohen, géophysicien à la même Carnegie Institution, « c'est comme s'il y avait un diamant en son centre » (*Science & Vie* n° 933, juin 1995, p. 6). Mais un diamant en fer, à la structure cristalline en prismes hexagonaux, dans laquelle chaque atome de fer est entouré de douze autres atomes. ■

ne savant, on baptisa stichovite le minéral jusqu'alors inconnu. La course au mégabar – 10⁹ hectopascals – était lancée. Ce qui freinait cette course, c'était l'impossibilité de trouver des matériaux capables de supporter ces pressions cyclopéennes. Le diamant, certes, pouvait servir d'« enclume », mais, au-delà de 30⁸ hectopascals, il s'enfonçait dans son support d'acier. Il finirait par se briser.

Depuis, on a multiplié les procédés les plus sophistiqués. On a surtout appris à réduire les surfaces de pression comme des peaux de chagrin infinitésimales : 50 micromètres de diamètre (5 millièmes de centimètre !). Du coup, on dépasse aujourd'hui, en laboratoire, la pression qui s'exerce au centre de notre planète. Les échantillons soumis à cette force colossale peu-

le 1^{er} magazine

SVM multimédia

Des *idées*



pour vivre la micro chez soi

NOUVEAU

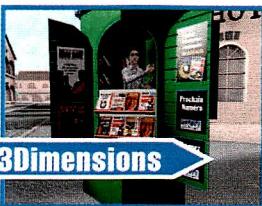
qui vous *donnent* des *idées*



100% multimédia



100% interactif



100% 3Dimensions



100% PC/MAC

SVM MULTIMÉDIA, c'est le premier magazine pour vivre la micro chez soi. Mais c'est aussi, chaque mois, un CD-Rom comme vous n'en avez jamais vu qui vient prolonger les différentes rubriques de la revue par des fichiers, des outils et des programmes.

Vous êtes débutant ? Déjà initié ?

SVM MULTIMÉDIA vous donne des idées et les moyens de les concrétiser.

Chaque mois, pour vous et chez vous,

SVM MULTIMÉDIA vous

accompagne dans votre pratique quotidienne de la micro-informatique.



Chaque mois chez votre marchand de journaux

Vivre la micro chez soi

Les rayons X cent ans après

■ Les rayons X ont un siècle.

Dans notre numéro de septembre dernier, nous avions consacré la rubrique "Histoires" à leur inventeur, Wilhelm Conrad Röntgen.

Voici quelques-unes de leurs multiples applications.

PAR HÉLENE GUILLEMOT

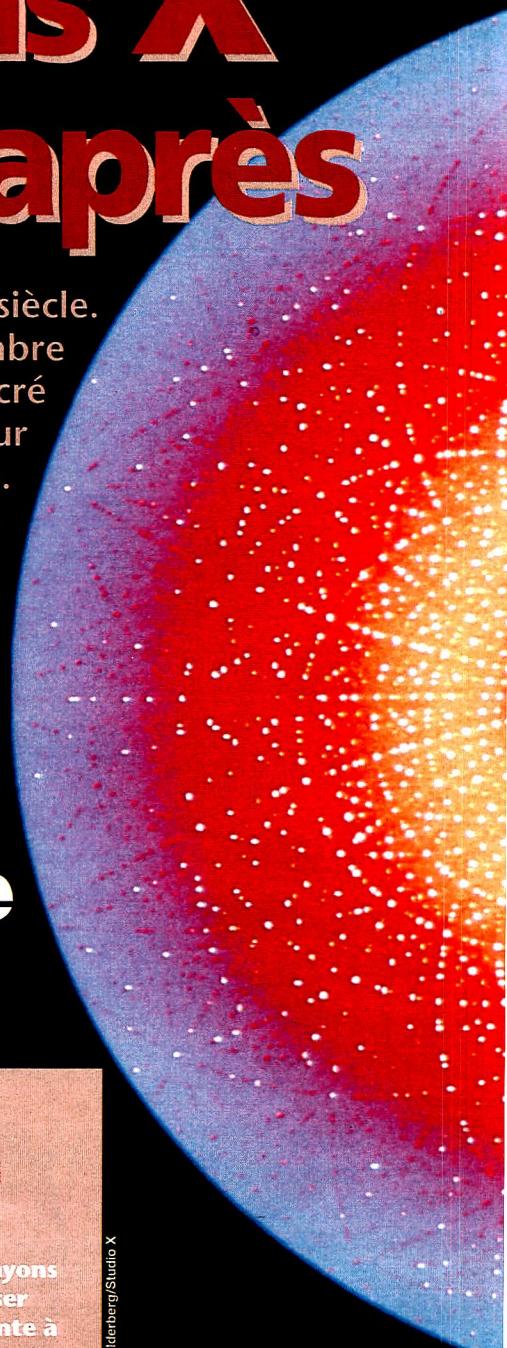
Voyage au cœur de la matière

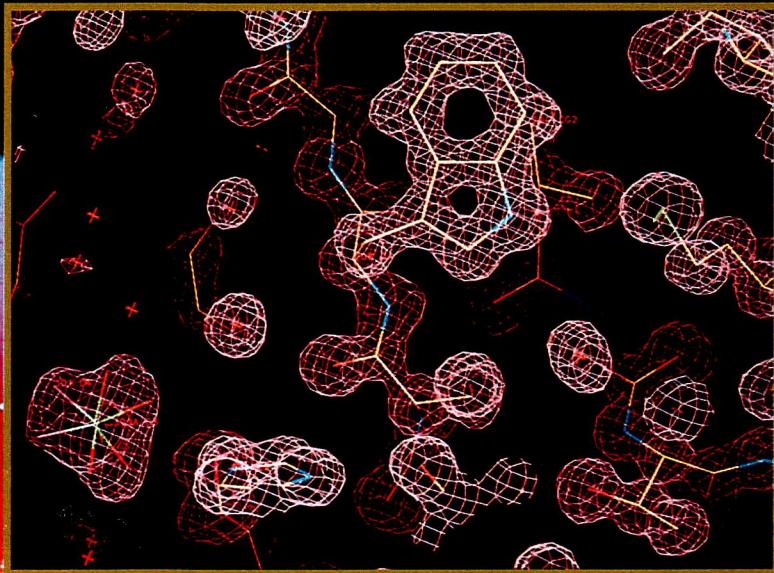
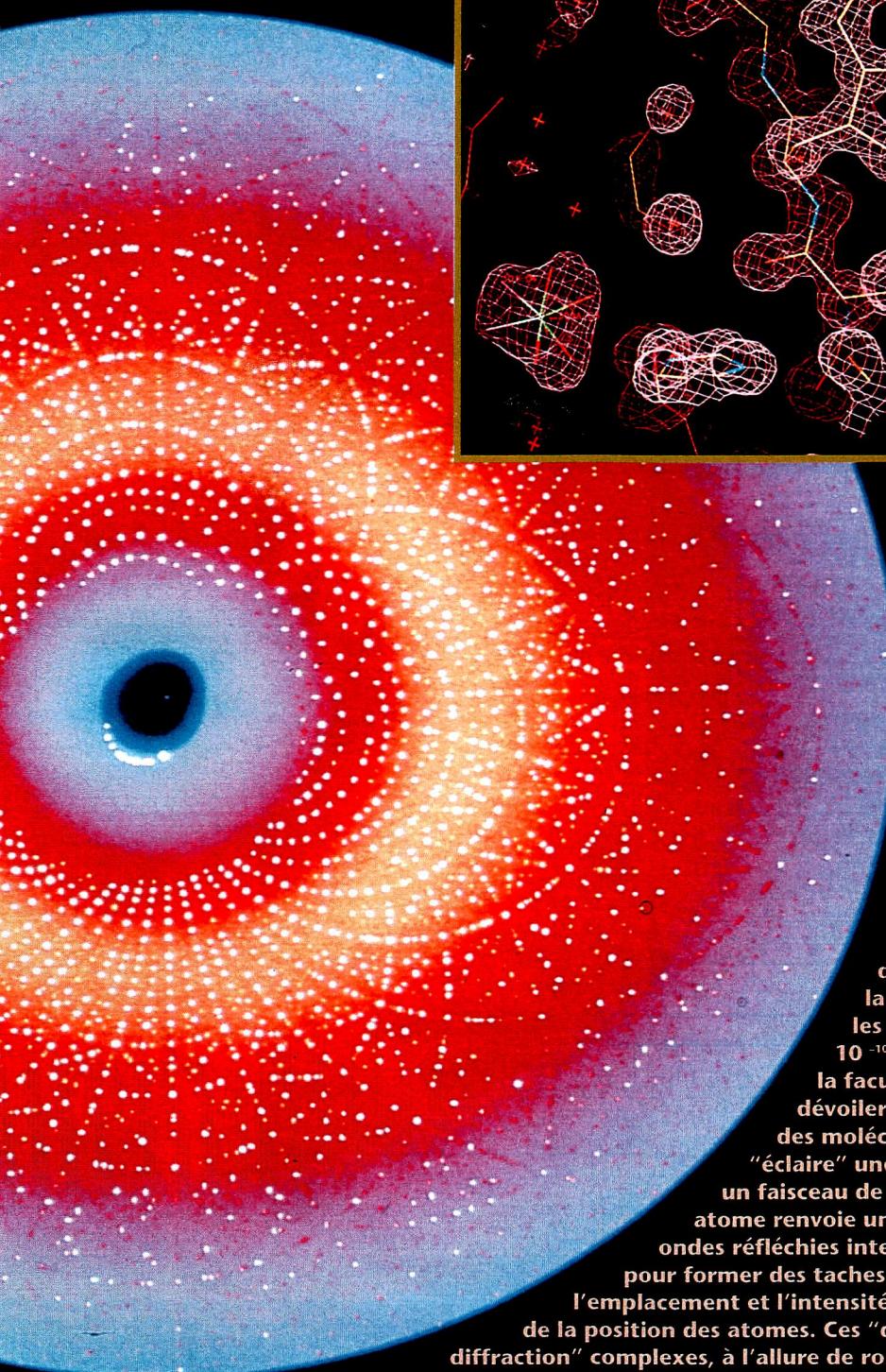


La main de Bertha

En décembre 1895, Röntgen annonce la découverte de rayons capables de traverser la matière. Il présente à ses collègues ébahis cette première radiographie : la main de son épouse Bertha. L'image fera très vite le tour du monde.

Photos : S. Elleringmann/Bildberg/Studio X



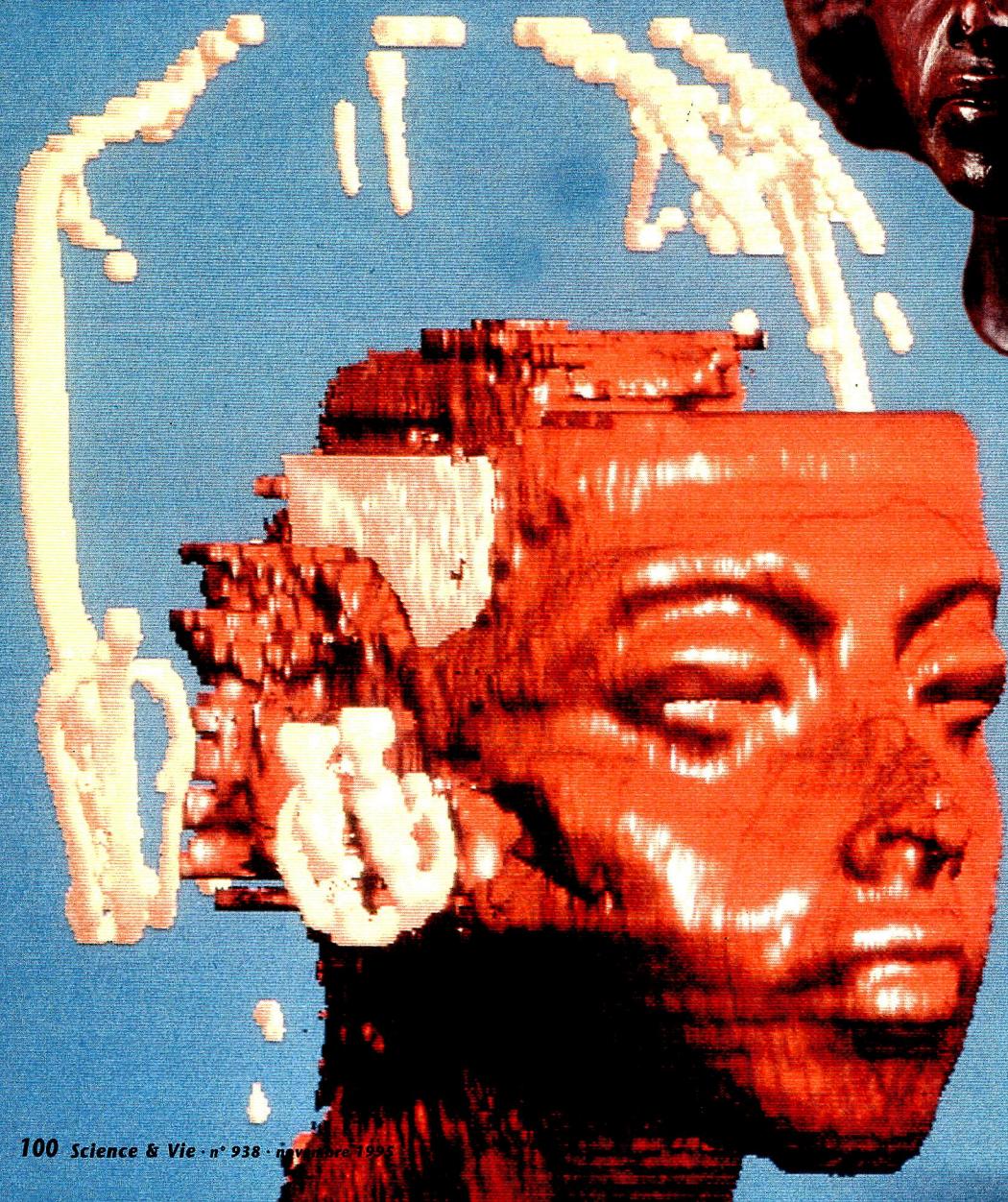


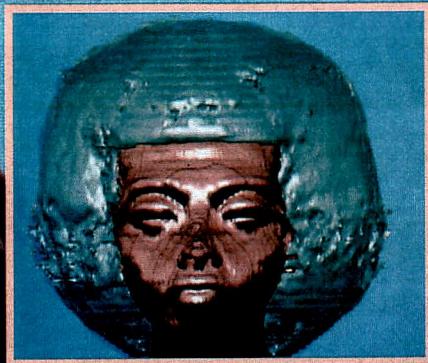
Les atomes mis à nu

Les rayons X occupent une place de premier plan dans la physique. En effet, parce que leur longueur d'onde est du même ordre de grandeur que la distance entre les atomes (environ 10^{-10} m), ils possèdent la faculté unique de dévoiler la structure des molécules. Quand on "éclaire" une molécule avec un faisceau de rayons X, chaque atome renvoie une onde. Toutes ces ondes réfléchies interfèrent entre elles pour former des taches lumineuses, dont l'emplacement et l'intensité dépendent de la position des atomes. Ces "diagrammes de diffraction" complexes, à l'allure de rosaces (voir photo ci-contre), sont en quelque sorte l'empreinte de la molécule. Il permettent, avec l'aide d'ordinateurs, d'en reconstituer en détails la structure (ci-dessus, celle de la trypsine, enzyme de la digestion).

Le secret de la reine d'Egypte

Cette statue d'une souveraine de Haute Egypte, que l'on peut admirer dans un musée de Berlin, recèle, cachée sous le bois d'if sombre, une coiffe en argent (à droite), ainsi que des boucles d'oreille en or et quatre serpents d'or qui enserrent la tête (ci-dessous). Grâce à la tomographie aux rayons X, ces trésors ont pu être dévoilés sans profaner l'œuvre d'art.

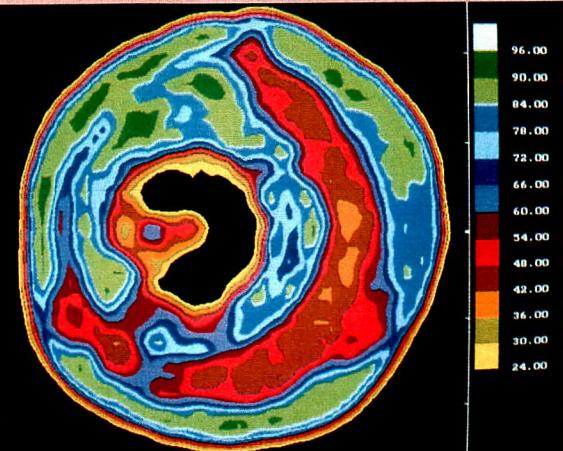
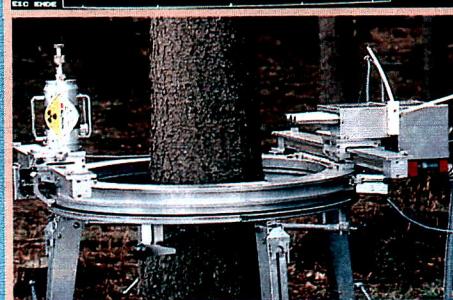
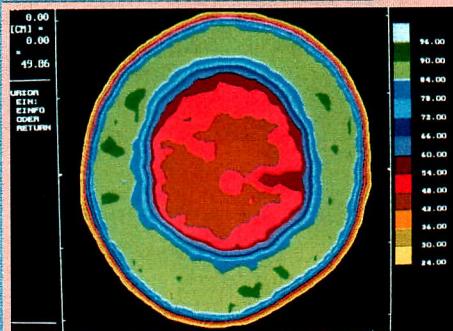




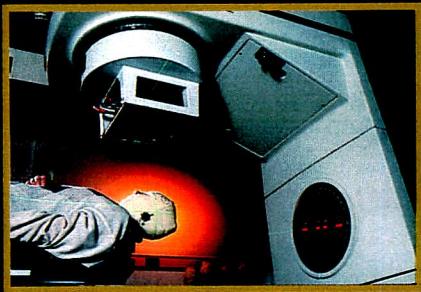
Dévoiler la structure de l'invisible

Le bulletin de santé des arbres

A l'université de Marburg (Allemagne), les chercheurs surveillent la santé des arbres grâce à un dispositif mobile de tomographie. L'appareil (photo ci-dessous) se déplace autour du tronc en le balayant sous tous les angles, et un ordinateur restitue un plan de coupe, qui fait apparaître en couleur les teneurs en eau des différentes couches. Le sapin ci-contre est sain ; tandis que celui du dessous, malade, présente un creux au centre du tronc.

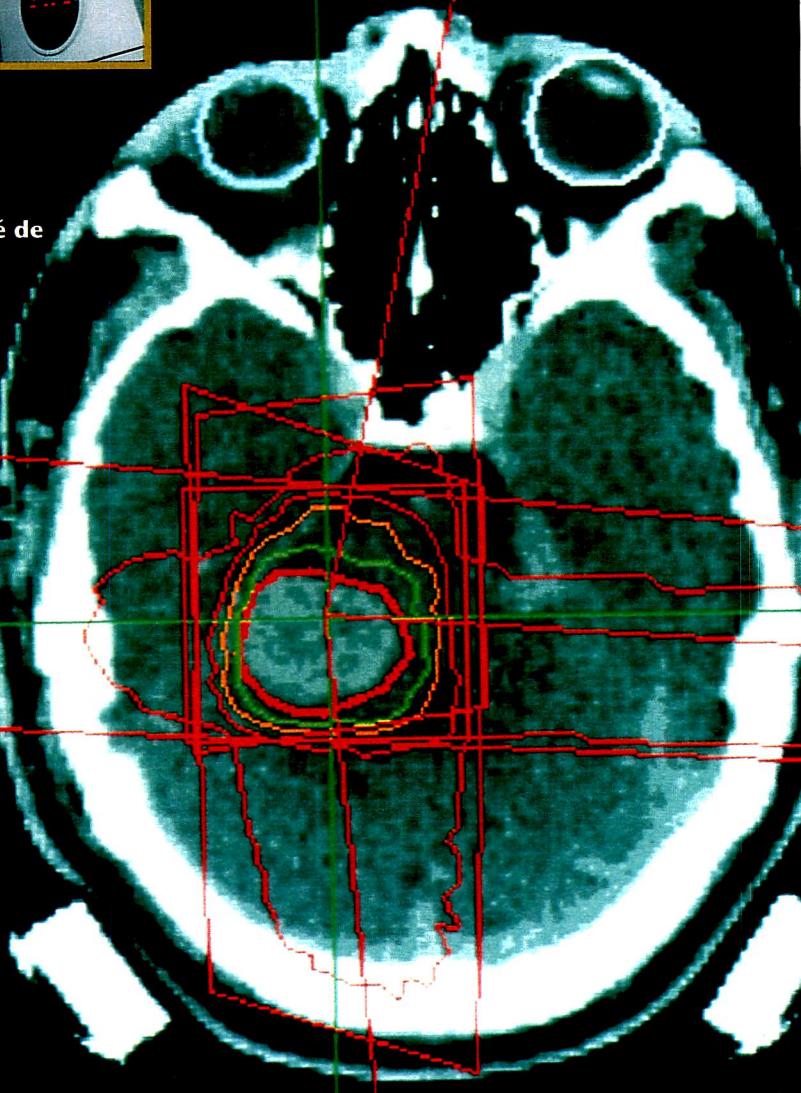


De la médecine aux douanes, rayons sans frontières



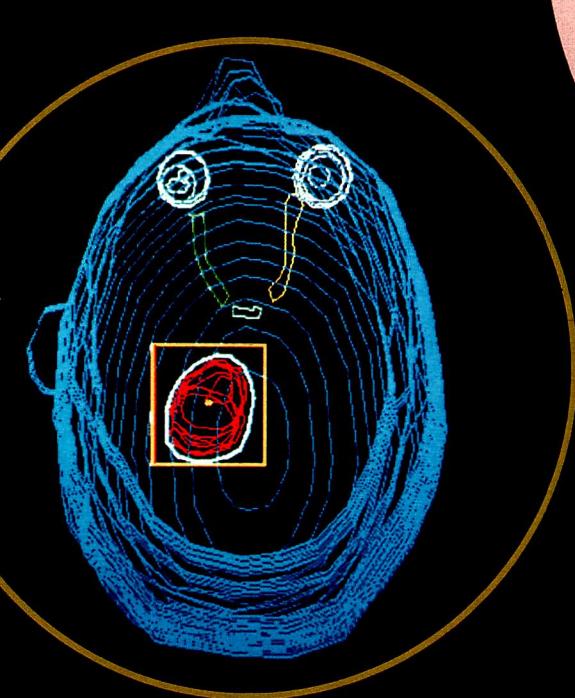
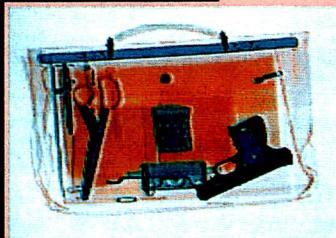
Le faisceau de la vie

Par leur remarquable capacité de pénétration, les rayons X constituent un irremplaçable outil d'investigation médicale... mais aussi un réel danger : alors que les rayons ultraviolets s'arrêtent à l'épiderme, les rayons X peuvent causer des dégâts plus profonds en arrachant des électrons aux molécules. Un inconvénient aujourd'hui exploité comme technique thérapeutique : ici, on cherche à détruire une tumeur diagnostiquée dans le cerveau. En immobilisant la tête du patient (photo ci-dessus), on peut diriger les rayons X au millimètre près, afin de ne pas endommager les tissus avoisinants – en l'occurrence, le nerf optique, situé juste à côté de la tumeur (photo du centre).



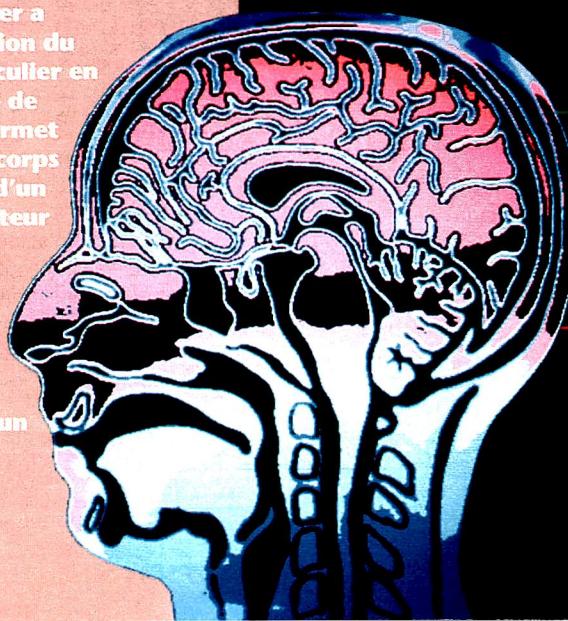
Rien à déclarer ?

Le bureau des douanes de la Poste prélève des colis au hasard pour les radiographier : c'est ainsi qu'ont été repérées deux têtes de gazelle (photo ci-dessous) frauduleusement importées de Namibie. Les images radiographiques résultent simplement des différents pouvoirs d'absorption des matières rencontrées : les parois des bagages laissent passer les rayons X, mais les os et le métal (photo ci-dessus) les arrêtent...



Le cerveau révélé

Lointain cousin des simples radiographies, le scanner a révolutionné l'exploration du corps humain, en particulier en neurologie. Un système de balayage (scanning) permet de déplacer autour du corps un ensemble composé d'un émetteur et d'un détecteur de rayons X, placés en vis-à-vis. Le détecteur mesure l'absorption des rayons X par les différents tissus rencontrés. A partir de ces multiples mesures, un ordinateur reconstitue une image de coupe (ci-contre) ou en trois dimensions.



■ Une cassette vidéo actuellement commercialisée présente l'autopsie de l'"extraterrestre de Roswell". Ce film est un faux. Nous avions déjà établi, dans notre numéro d'août, que la "soucoupe volante" de 1947 était en fait un ballon. Nous disséquons à présent la mystification la plus extravagante de l'année.

PAR PIERRE LAGRANGE

Les ondes radio s'échappent dans l'espace à la vitesse de 300 000 km/s. Dans un peu plus de quatre ans, les images télévisées de *l'Odyssée de l'étrange*, l'émission de Jacques Pradel consacrée au paranormal, atteindront Alpha du Centaure.

Au cours de cette émission, diffusée le 21 juin dernier, on a pu voir des images extraites du film de l'autopsie d'un extraterrestre hydrocéphale muni de six doigts et dépourvu de nombril. Images fil-

ROSWELL

Autopsie d'une imposture



Photos X : tous droits réservés

mées, dit-on, par un caméraman de l'armée américaine, en 1947, après le crash d'un ovni à Roswell (Nouveau-Mexique). L'armée de l'air ayant oublié (!) de récupérer vingt-deux des deux cents bobines tournées à l'occasion, le producteur anglais Ray Santilli les aurait achetées au caméraman, pour les revendre à plusieurs télévisions, dont TF1 qui en a tiré une cassette vidéo.

Si nos voisins d'Alpha du Centaure captent ces images, comment les comprendront-ils, eux qui

n'ont pas accès à nos codes culturels ? Quant à nous, qui ne vivons pas sur Alpha du Centaure et qui avons déjà subi ces images, comment devons-nous les interpréter ?

Bien sûr, si l'on croit à l'authenticité des images diffusées par TF1, il ne fait pas de doute que des E.T. imprudents (et mauvais pilotes !) se sont aventurés puis écrasés sur Terre en 1947. Et les militaires américains les ont découpés en tranches en moins de temps qu'il n'en faut pour le dire.



Sans nombril

Ce prétendu extraterrestre qui aurait "atterri" à Roswell en 1947 ressemble à s'y méprendre à un être humain "monstrueux". A un détail près, qui change tout : il n'a pas de nombril ! Exit donc l'hypothèse humaine et humanoïde. Restent en lice l'"inconnu total" ou le mannequin de silicium.

Mais on n'est pas obligé d'y croire. C'est même déconseillé. Pour plusieurs raisons qui tiennent aux images elles-mêmes, à l'histoire du cameraman censé les avoir prises, à l'enseignement qu'on peut tirer d'affaires précédentes, et à ce qu'on sait de l'enquête militaire sur les ovnis effectuée au cours de l'été 1947.

Commençons par les images. Il semble invraisemblable que la réalisation d'un film si crucial ait pu être confiée à un seul cameraman

muni d'un matériel si peu performant – pas de mise au point, «bougés» incessants et images en noir et blanc – et surtout dont la compétence à opérer est inversement proportionnelle à l'importance des détails – plus il se rapproche, plus c'est flou, mais c'est flou quand il filme le corps et net quand il filme les débris. Il suffit de voir d'autres films militaires de la même époque (nets et souvent en couleur, par exemple les images du test de Trinity, auquel le caméraman est censé avoir participé) pour que celui de l'E.T. de Roswell perde toute crédibilité.

LA DATE NE COLLE PAS, NI LE LIEU

Bien sûr, Santilli a "expliqué" la précipitation dans laquelle ces images ont été tournées. Mais ses explications sont irrecevables, car elles présentent simplement un contre-argument sans se soucier de l'accrocher aux faits. Ce qui permet de tout justifier, mais non de progresser, car l'histoire est désincarnée, coupée des autres événements connus et documentés de la même époque.

Car ces images pour être seulement «acceptables» doivent être reliées à un contexte. Or, elles n'ont aucun sens par rapport aux événements "soucoupiques" de 1947. A moins d'en écrire une nouvelle version... paranoïaque. On peut démontrer le film non par la seule analyse de certains détails invraisemblables, mais en montrant son incohérence par rapport à l'histoire dont il est censé témoigner.

Pour commencer, examinons les rares éléments communiqués par le distributeur Santilli. Selon ce dernier, le caméraman, un certain Jack Barnett, affirme que l'affaire, à l'époque, aurait eu pour nom de code militaire Opération Anvil. Vérification faite par William LaParl, un spécialiste américain de l'histoire des ovnis, il y a bien eu une Opération Anvil, mise au point par l'armée américaine. ■■■

■■■ caine, mais elle concernait un débarquement prévu dans le Sud de la France pendant la Seconde Guerre mondiale. L'idée de la réutilisation du même nom de code est peu crédible.

L'affaire de Roswell, toujours

UNE SOUCOUPÉ ENCORE BRÛLANTE DIX-HUIT HEURES APRÈS LE CRASH

selon Barnett, aurait eu lieu le 1^{er} juin 1947. Un mois avant la date généralement acceptée... Passons, tout en rappelant que les débris du ballon militaire effectivement découverts près de Roswell (ceux qu'on a pris pour les débris de la "soucoupe", voir *Science & Vie* n° 935, p. 88) correspondent à un lancer effectué le 4 juin. Quant à l'affaire déclenchée à la base de Roswell par l'annonce de la découverte d'une soucoupe volante, elle date du 8 juillet. Autre problème : après la date, c'est le lieu qui ne colle pas. Selon Barnett, le crash aurait eu lieu au sud-est de Socorro, c'est-à-dire à plus de 150 km de Roswell. Y aurait-il eu ailleurs, avant l'affaire de Roswell, un autre crash de soucoupe, un mois plus tôt ?

Par ailleurs, tous les ouvrages consacrés à Roswell parlent d'ex-

traterrestres à quatre doigts, alors que le film présenté aujourd'hui en montre six (aux mains comme aux pieds!). Bien entendu, cela n' invalide pas l'existence de l'extraterrestre (car, pour quelqu'un qui y croit, qu'importe quatre ou six), mais ajoute un argument en défaveur du lien entre l'affaire de Roswell et l'E.T. de TF1.

Barnett nous conte ensuite son périple pour rejoindre le lieu du crash, qui le conduit de Washington à Roswell, en passant par Wright Field, c'est-à-dire près de vingt heures de voyage. Il y découvre une soucoupe retournée sur le dos, qui émet encore de la chaleur. La soucoupe devait

néral George C. Kenney, commandant du SAC. Manque de chance, après vérification de son emploi du temps par William La-Parl, ce jour-là, il était à Southbend, dans l'Indiana.

Autre "information" du caméraman : l'armée aurait donc oublié de récupérer une partie des bobines, vingt-deux sur les deux cents exposées, qu'il avait dû conserver à cause de problèmes de développement. Sacrée boulette, mais, après tout, même dans le domaine du secret, des erreurs peuvent être commises. Celle-ci est difficilement admissible. En effet, comment imaginer que les militaires ne



Sang frais

**Avant l'autopsie,
ce "cadavre" aurait passé
plusieurs semaines
dans la glace. Or, sous
le scalpel du chirurgien,
son sang coule encore.**

être effectivement brûlante pour émettre de la chaleur quelque dix-huit heures après le crash.

Le commandant local passe la main à ses autorités supérieures (Strategic Air Command), alors qu'on attend, toujours selon les dires de Barnett, l'arrivée du gé-

se soient pas interrogés sur la disparition d'images d'un film montrant une autopsie complète ?

On possède aussi les étiquettes des boîtes des bobines. Sur l'une de ces étiquettes, on lit le nom de Truman. Le président Harry Truman ? Dans ce cas, c'est une énigme de plus, car Truman n'était pas à Socorro, ni à Roswell, à cette époque.

Santilli a aussi distribué une série de documents "top secret" censés dévoiler l'existence d'un groupe de douze scientifiques, militaires et politiques (d'où son nom, MJ 12), au courant du "grand secret" selon lequel, depuis juillet 1947, plusieurs ovnis se seraient écrasés sur le sol américain et des cadavres d'extraterrestres auraient été récupérés. Or, ces documents, révélés en 1987, sont faux.

A l'appui des arguments de

Six doigts

Aux pieds et aux mains, on compte six doigts. Mais tous les témoignages – il est vrai discutables – de l'époque parlent de... quatre.



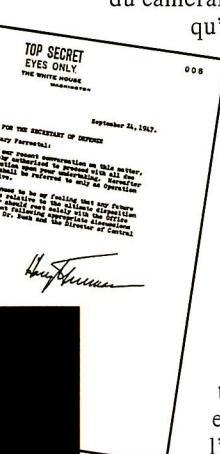
l'ufologue américain Barry Greenwood, montrant que les détails donnés dans les documents MJ 12 ne peuvent être confirmés par l'examen des archives officielles, Philip Klass, le farouche contradicteur des ufologues pro-ovnis, découvre que la signature de Truman qui figure sur l'un des documents du MJ 12 a été empruntée à une lettre adressée par le président à Vannevar Bush, son conseiller scientifique. Ce détail va emporter la conviction de la plupart des spécialistes : autrement dit, les documents présentés par Santilli sont bien des faux. Et l'examen de la controverse sur le MJ 12 devrait nous servir d'enseignement pour le film de Santilli...

Mais, bien sûr, certains ufologues ont suggéré que, s'ils étaient faux, ces documents étaient le résultat d'un travail si soi-

Amateurisme

Moment délicat : le chirurgien examine le cerveau. Pendant toute la séquence, le caméraman filme... le dos du médecin.

Un amateurisme très professionnel.



une telle connaissance des événements que les auteurs ne pouvaient qu'émerger aux services de renseignements. L'ombre de "Big Brother" planait sur cette affaire, mais, en fait, l'auteur n'était vraisemblablement que le diffuseur des documents, selon un autre ufologue, Robert Todd.

Finalement, l'examen du récit du caméraman et l'enseignement qu'on peut tirer de l'affaire du MJ 12 montrent que, pour que les images de "l'E.T. de Roswell" trouvent un minimum de vraisemblance, on doit non seulement démontrer qu'elles ont été tournées en 1947, mais également réécrire cinquante ans d'histoire. Autrement dit, expliquer comment l'ensemble des traces laissées par les événements de l'époque ne porte pas la marque des faits troublants révélés par ces images.

De nombreux documents déclassifiés et disponibles aux Archives nationales permettent de documenter l'histoire militaire des soucoupes volantes. Or, aucune mention de l'affaire de Roswell (ni de la nouvelle affaire révélée

gné et exigeant

par les images diffusées par Santilli) ne figure dans ces documents, dont un certain nombre étaient "secret", voire "top secret" avant leur déclassification. Peut-on raisonnablement supposer que, dans les propres messages "top secret" échangés entre ces militaires, les rédacteurs aient délibérément omis de mentionner l'affaire, anticipant ainsi la déclassification, quarante ans plus tard, de ces documents ? Cette déclassification découle d'ailleurs d'un événement n'ayant rien à voir avec les ovnis, et donc imprévisible en 1947 : le renforcement du FOIA, Freedom of Information Act, la loi sur la liberté d'accès aux documents administratifs, à la suite du scandale du Watergate.

GUERRE FROIDE ET PARANOÏA

Revenons sur ce qui se passe en 1947, aux Etats-Unis, au moment où commencent à apparaître les soucoupes volantes. C'est, à vrai dire, beaucoup plus intéressant que ce que nous conte Jacques Pradel dans la fameuse cassette. En effet, la stratégie qui consiste à aller toujours plus loin dans l'analyse des détails du film est trompeuse : à quoi sert d'interroger un chirurgien pendant une demi-heure pour savoir si le pseudo-extraterrestre est un monstre humain, alors qu'il aurait suffi de constater qu'il n'avait pas de

Faux et usage de faux

Ray Santilli, le distributeur du film, a produit, à l'appui de ses affirmations, un document en rapport avec l'affaire du crash de Roswell : un mémorandum prétendument signé par le président Truman. Ce document était connu depuis 1987 pour être un faux. Tout le monde le savait, sauf Santilli.

nombril pour régler la question. Juillet 1947 marque le début de la controverse sur les soucoupes volantes, dont l'affaire de Roswell n'est que l'un des épisodes, noyé à l'époque dans la masse des observations qui s'accumulent au cours de l'été, aux quatre coins du pays. Plusieurs milliers au total. On est au début de la guerre froide. Une certaine méfiance, pour

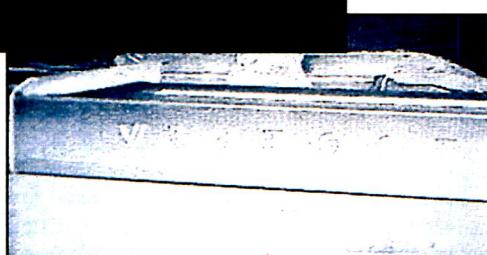
LES "DISQUES" VIENNENT-ILS DE MARS OU DE L'URSS?

ne pas dire une vraie paranoïa, règne, particulièrement chez les militaires. On voit des espions soviétiques partout et des objets volants, identifiés ou pas, en pagaille. Par ailleurs, les scientifiques militaires s'interrogent sur la faisabilité des satellites artificiels, et ce sont ces mêmes scientifiques qui sont chargés de donner leur avis sur l'origine des soucoupes.

Après quelques jours d'hésitation et de déclarations contradictoires, les militaires enquêtent sur le terrain. Ils interrogent les témoins et s'interrogent sur ce que ces témoins ont vu. Et voilà qu'au-

Manque d'imagination

Sur certains débris "extraterrestres" filmés, on peut lire le mot "video" : le latin est vraiment une langue universelle.



jourd'hui les documents déclassifiés montrent que les militaires ont "cru" aux soucoupes. En effet, début juillet, les militaires commencent à analyser les observations et concluent qu'elles se rapportent à des engins matériels volants. Détaillos. Deux enquêtes sont lancées. L'une à Wright Field, siège de l'Air Matériel Command (dirigé par le lieutenant-général

Nathan F. Twining), par le service des renseignements techniques de l'AMC, chargé de prévenir toute attaque surprise. L'autre au Pentagone, par le Directorate of Intelligence, sous les ordres du major général George C. McDonald.

Au public on tient des propos apaisants. Au sein de l'appareil militaire, fin juillet, des experts du Pentagone livrent une première analyse des observations. Elle porte sur seize cas, sélectionnés, semble-t-il, d'après la qualité des témoins (pilotes, personnel navigant, militaires, notamment). A la suite de cette analyse, les experts militaires ne se demandent plus si les disques existent mais... d'où ils viennent. Pour le lieu d'origine, ils hésitent entre deux "planètes rouges" (l'URSS et Mars) et un programme secret de quelque autre bureau militaire... américain.

Les experts cherchent ainsi à se renseigner sur les progrès des Soviétiques, à interroger des ingénieurs allemands, comme les frères Horten, qui avaient construit des ailes volantes pour le Reich - ailes qui ressemblent à certains des engins vus et photographiés au cours de l'été.

Le 23 septembre 1947, le lieutenant-général Twining adresse au brigadier-général Schulgen « le point de vue [de l'Air Matériel Command] au sujet des prétdus "disques volants" ». Des spécialistes de divers services scientifiques et techniques de l'armée sont parvenus à la conclusion que les phénomènes rapportés sont « une réalité et non des visions ou des inventions » et qu'« il s'agit d'objets ayant approximativement la forme d'un disque ».

Le 30 décembre 1947, un autre rapport, rédigé par les experts du Pentagone, va dans le même sens que la lettre de Twining. La direction de l'état-major lance, sous le nom de SIGN, un projet d'étude des flying discs piloté par l'Air



Flou parfait

Le film était censé donner aux médecins militaires des détails sur la physiologie des "extraterrestres". Or, les gros plans sont tous plus flous les uns que les autres.

Matériel Command. Le projet SIGN livre à la presse, le 27 avril 1949, un mémorandum selon lequel les Américains n'ont aucune raison de s'inquiéter : les soucoupes ne représentent pas une menace pour la sécurité et ne viennent certainement pas d'autres planètes. Un retournelement qui masque les hésitations.

Le public ignore donc que les E.T. ont préoccupé les militaires. Un document du 28 octobre 1947

précise que certains membres de la Force aérienne soupçonnent déjà que les soucoupes volantes pourraient en fait « représenter une sorte de vaisseau interplanétaire ». Néammoins, le même document insiste davantage sur l'hypothèse d'engins secrets ennemis. Mais l'idée est lancée, et l'hypothèse interplanétaire fait son chemin à côté de l'hypothèse soviétique.

En 1948, à la suite d'une série d'observations particulièrement surprenantes, la piste E.T. l'emporte. Le 24 juillet, un avion de ligne croise un vaisseau inconnu, de taille impressionnante, muni de hublots. Les experts de SIGN rédigent un rapport, un *Estimate of the situation*, dans lequel ils concluent à l'origine extraterrestre des soucoupes. Ce texte n'a jamais été retrouvé...

Un autre document tout aussi secret, rédigé, cette fois, par d'autres experts de l'Air Intelligence Division, au Pentagone, à Washington (et découvert par l'infatigable Robert Todd), conclut, lui, à une origine soviétique. Ultérieurement, d'autres documents exprimeront cette valse hésitation, même si, en public, les experts affichent des certitudes anti-E.T. pour calmer les esprits. Ainsi, pendant plus de vingt ans, l'affaire des ovnis a continué d'être l'objet de controverses au sein des bureaux militaires, jusqu'à la clôture du programme officiel d'enquête, en 1969.

L'INVRAISEMBLABLE COMPLÔT

Vingt-cinq ans plus tard, le film vendu par Ray Santilli n'évoque même pas la controverse sur les soucoupes, que les documents militaires nous permettent de reconstruire. Il suppose surtout un gigantesque complot entretenu depuis près de cinquante ans.

Complot infirmé par le faible nombre de documents administratifs. Il ne s'agit pas de prétendre que l'armée a joué la transparence. Elle n'a pas, loin s'en faut, toujours tout dit sur ce qu'elle faisait. Mais elle a produit sur les ovnis un volume de documents relativement réduit et souvent d'un niveau de se-

réalité – ici, les opinions des militaires de 1947 dévoilées par les documents archivés – est faite de changements, de doutes, de complexités, de richesses... Et de quelques « certitudes », mais rares et jamais vraiment assurées.

Finalement,

SECRET

3. The first sightings in the U.S. were reported around the middle of May. The last reported sightings took place in Toronto, Canada, 14 September. The greatest activity in the U.S. was during the last week of June and the first week of July.

4. This strange object, or phenomenon, may be considered, in view of certain observations, as long-range aircraft capable of a high rate of climb, high cruising speed and highly maneuverable and capable of being flown in very tight formation. For the purpose of analysis and evaluation of these so-called "flying saucers", the object sighted is being assumed to be a manned craft of unknown origin. While there remains the possibility of Russian manufacture, based on the perspective thinking and actual accomplishments of the Goraunov, it is the considered opinion of some elements that the object may in fact represent an interplanetary craft of some kind.

5. There is also a possibility that the Norton brothers' perspective thinking may have inspired this type of aircraft – particularly the "flying saucers" have a crescent plan form. Records show only that a glider version was built of

**Militaires
crédules**

«Un objet qui pourrait être en fait un vaisseau interplanétaire...»
A côté de l'hypothèse russe, l'hypothèse extraterrestre n'a pas été négligée par les militaires.
Certains, dans le contexte de l'époque, y ont vraiment cru.

cret peu élevé. Depuis la déclassification des archives du projet Blue Book (dernier nom du programme militaire d'étude des ovnis), en 1976, les ufologues ont obtenu la déclassification de nouveaux documents militaires. Jusqu'ici, quelque 10 000 pages ont été retrouvées. Documents très intéressants, mais qui ne révèlent aucun secret gouvernemental sur les ovnis.

Si les experts militaires ont cru aux soucoupes, peut-on reprocher à une partie du public, et à Jacques Pradel, d'y croire aussi ? Et de chercher à étayer cette croyance. Le film de l'autopsie semble offrir des certitudes. La

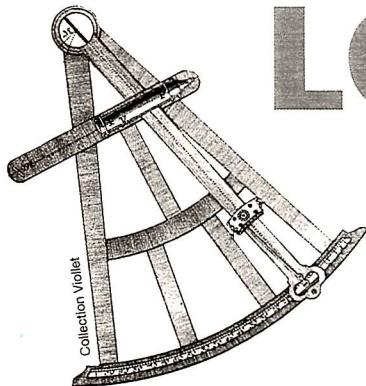
Jacques Pradel est-il si sûr de la réalité de son E.T. ? Il affiche sa prudence en caractères minuscules, au dos de la jaquette de la cassette mise en vente par TF1 Video : « Bien que daté de 1947, nous (sic) ne pouvons garantir que ce film ait été tourné cette même année. Le fait que la créature filmée ne soit (sic) pas humaine n'a pas pu être vérifié. » Par ce discours dissonant il accepte de remettre en question l'existence de l'E.T., mais pas celle du complot à la base de l'affaire.

Faute de certitudes, Pradel se réfugie derrière l'idée qu'il y aurait quelque part, dans quelque hangar militaire secret, un réservoir de certitudes, un plein congélateur d'extraterrestres indiscutables, qu'on chercherait à cacher à coups de désinformation et de vrais-faux documents secrets.

Finalement, si Pradel privilégie l'hypothèse du complot, c'est qu'il n'est guère agréable de se faire duper par le premier venu. ■

BUREAU DES LONGITUDES

La guerre des mers



PAR PHILIPPE HENAREJOS ET JEAN-EUDES ARLOT

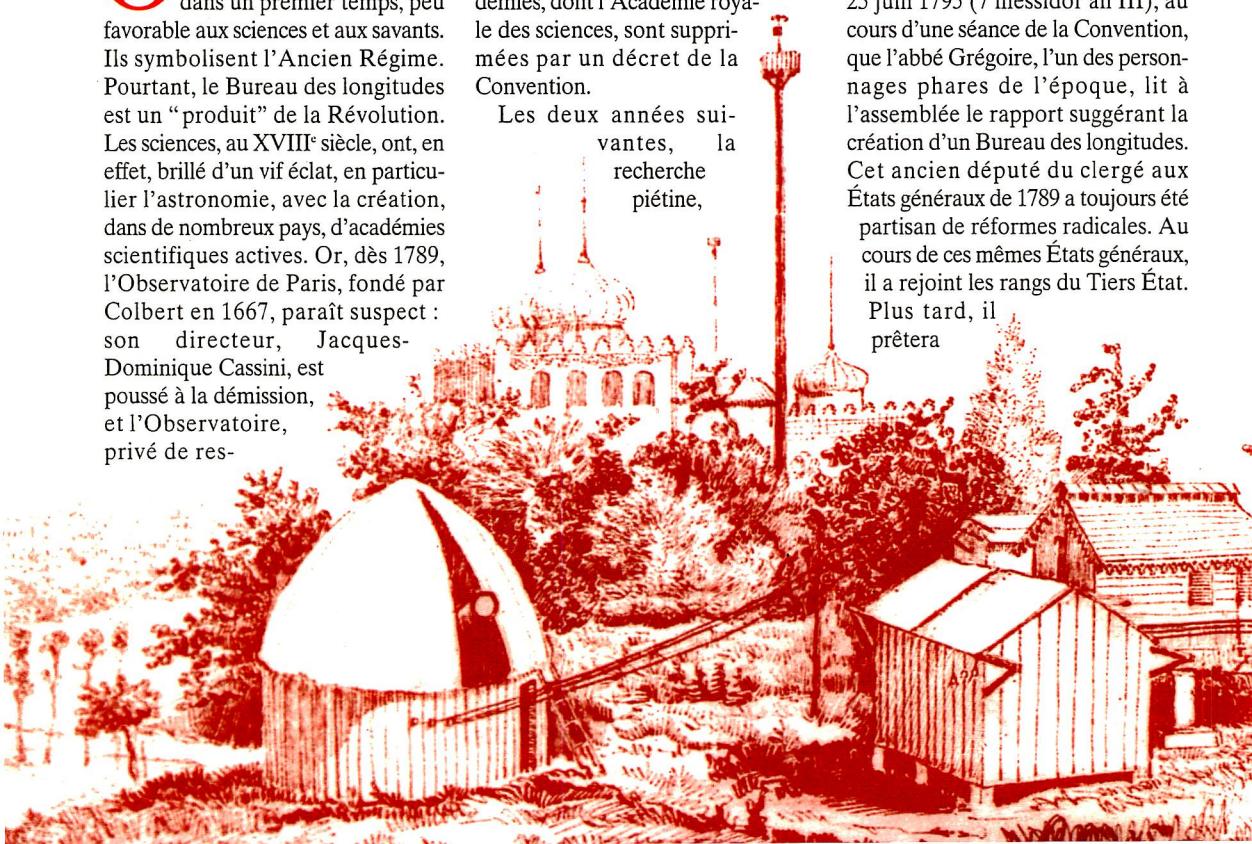
■ **Le Bureau des longitudes a 200 ans. Né à la fin de la Révolution française, il a d'abord une mission stratégique : maîtriser les mers et mettre fin à la «tyrannie» britannique. Il joue aujourd'hui un rôle déterminant dans la navigation... interplanétaire.**

On l'oublie parfois : la Révolution française est, dans un premier temps, peu favorable aux sciences et aux savants. Ils symbolisent l'Ancien Régime. Pourtant, le Bureau des longitudes est un "produit" de la Révolution. Les sciences, au XVIII^e siècle, ont, en effet, brillé d'un vif éclat, en particulier l'astronomie, avec la création, dans de nombreux pays, d'académies scientifiques actives. Or, dès 1789, l'Observatoire de Paris, fondé par Colbert en 1667, paraît suspect : son directeur, Jacques-Dominique Cassini, est poussé à la démission, et l'Observatoire, privé de res-

sources, a bien du mal à survivre. De même, en 1793, toutes les académies, dont l'Académie royale des sciences, sont supprimées par un décret de la Convention.

Les deux années suivantes, la recherche piétine,

mais on réfléchit aux moyens de rétablir des structures solides. C'est le 25 juin 1795 (7 messidor an III), au cours d'une séance de la Convention, que l'abbé Grégoire, l'un des personnages phares de l'époque, lit à l'assemblée le rapport suggérant la création d'un Bureau des longitudes. Cet ancien député du clergé aux États généraux de 1789 a toujours été partisan de réformes radicales. Au cours de ces mêmes États généraux, il a rejoint les rangs du Tiers État. Plus tard, il prêtera



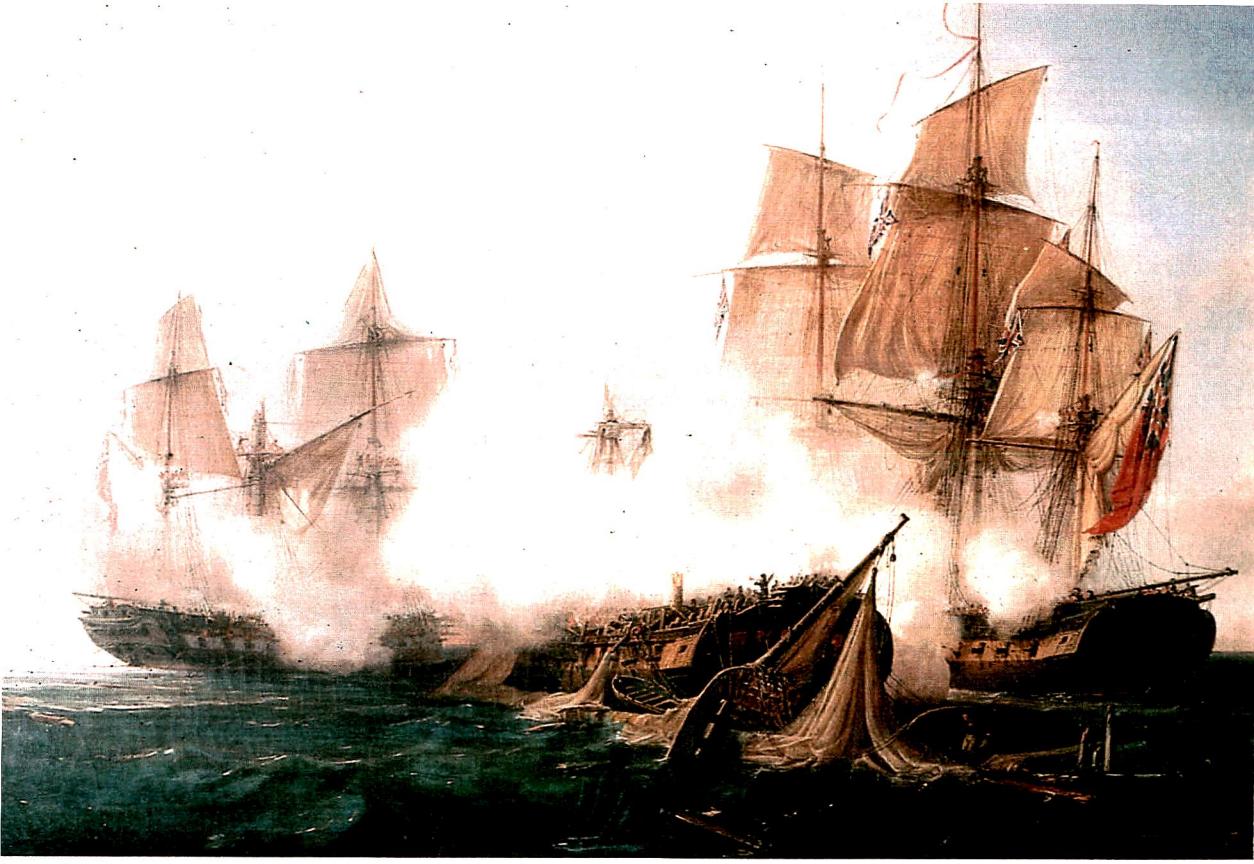


Photo Charmet/Explorer

serment à la constitution civile du clergé, ce qui lui vaudra d'être nommé évêque de Blois en 1791.

Dans son discours à la Convention, il attire l'attention sur la nécessité de «faire fleurir notre marine». Citant Thémistocle : «Qui-conque est maître de la mer l'est de la terre», il rappelle que «les succès des Anglais, à diverses époques, et spécialement dans la

La Révolution va se donner les moyens de régner

Ne sachant pas calculer précisément la longitude, les navigateurs se perdaient ou se trompaient souvent d'objectif. Avec l'entrée en guerre de l'Angleterre contre la France, sous le Directoire, la détermination d'une méthode fiable de calcul, confiée déjà au Bureau des longitudes, deviendra primordiale. A ses débuts, le BDL a siégé à l'Observatoire de Paris.

Plus tard, pour la formation des officiers de marine, il installera des instruments dans les jardins du parc

Montsouris (ci-dessous).



Photo Bureau des longitudes

L'astronomie reprend la première

guerre de 1761, n'ont que trop prouvé que la supériorité de la marine décide souvent des résultats de la guerre». Or, une marine forte passe par une astronomie maîtrisée, permettant d'obtenir une bonne précision dans la navigation.

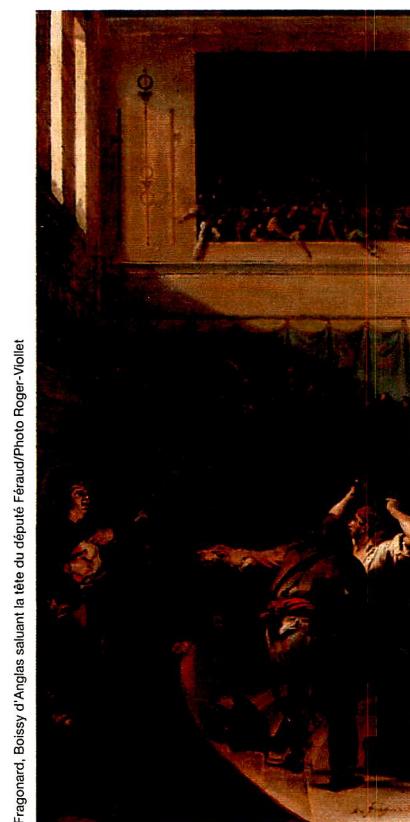
Le but est clair : il s'agit, selon l'abbé Grégoire, d'«étouffer la tyrannie britannique». En 1795, la France révolutionnaire se trouve isolée de ses voisins européens, encore sous des régimes monarchiques. Depuis l'exécution de Louis XVI, l'Autriche et la Prusse ont formé une coalition et tourné leurs canons contre cette nation réticide. L'Angleterre, qui a une revanche à prendre depuis que la France a aidé l'Amérique à gagner son indépendance, rallie le camp des puissances monarchiques et ne tarde pas à entrer dans le conflit.

Or, l'Angleterre domine les mers. Depuis 1714, son Board of Longitudes poursuit sans relâche une

mission essentielle : améliorer la détermination des longitudes en mer. Si définir la latitude est chose aisée, puisqu'il suffit de mesurer l'élévation de l'étoile polaire, la longitude continue de poser des problèmes aux navigateurs. La difficulté tient notamment au fait qu'à partir de l'heure de bord il faut être capable de savoir l'heure du méridien convenu comme origine. Sachant que, sur l'équateur, un degré équivaut à quatre minutes de temps, le marin en déduit sa longitude. Des horloges étaient bien embarquées sur les bateaux, mais, au bout de longs mois de voyage, elles variaient de quelques dizaines de minutes, parfois d'une heure.

Cette confusion fut à l'origine de désastres. Ainsi, en 1710, la flotte anglaise, de retour au pays, qui s'était jetée sur des récifs à cause d'une erreur de localisation, fut entièrement perdue. Dans le Pacifique ou dans les Antilles, les nouvelles îles étaient souvent mal situées sur les cartes par les navigateurs qui les découvraient. Résultat, il était impossible de les retrouver et d'en asseoir la possession. Problème si préoccupant que le Board of Longitudes décernait une récompense à toute personne qui découvrirait la longitude en mer. La somme promise augmentait avec la précision, pour peu que celle-ci soit supérieure à 60 milles nautiques.

Dans son rapport devant la Convention, l'abbé Grégoire insista sur ce point : «La prospérité du commerce, la sûreté de nos vaisseaux vous intéressent ; la vie des marins



Fragonard, Bonis d'Anglais saluant la tête du député Féraud/Photo Roger-Viollet

vous est chère, et vous ne voulez pas qu'elle soit abandonnée aux erreurs d'hommes qui, incapables de s'assurer du lieu du vaisseau à chaque instant du jour et de la nuit, de connaître la longitude et la latitude des points de relâche, le gisement des côtes, iraient se briser contre des écueils. Vous avez quelques officiers, quelques pilotes très éclairés : il faut en accroître le nombre si l'on veut faire oublier les naufrages qui ont affligé la marine française.» Parce que, en temps de guerre, un aviso qui manquait sa route et son objectif pouvait compromettre le succès d'une bataille ou le salut d'une colonie, la France ne pouvait se permettre de laisser l'astronomie à l'abandon.

Et la Révolution, qui avait dissout l'Observatoire de Paris, ainsi que

Collection Viollet

Fin du deuil scientifique

Robespierre guillotinant le bourreau. Avec la fin de la Terreur, l'esprit des Lumières renaît, et les sciences en bénéficient. C'est dans ce contexte qu'est créé le Bureau des longitudes.





Photo
Roger-Viollet

Le chevalier
Delambre



Pierre Simon
de Laplace



Photo Lapi/
Viollet

Henri
Grégoire

Photo Explorer

L'abbé au secours des savants

C'est lors d'une séance de la Convention (ci-contre, celle où fut brandie la tête du député Féraud), le 25 juin 1795, que l'abbé Grégoire demanda l'établissement d'un Bureau des longitudes. Le chevalier Delambre et le marquis de Laplace firent partie des membres nommés par la loi de fondation votée le jour même.

Charles Borda (1733-1799), le géographe Jean Buache (1741-1825) et le constructeur de télescopes Noël Caroché (1744-1812).

Outre la mise au point d'une méthode fiable pour le calcul de la longitude, ces savants ont pour tâche de faire progresser l'astronomie, sans laquelle «la géographie serait encore au berceau», le vrai système du monde (le système solaire) et la figure de la Terre (sphérique) n'auraient jamais été découverts. Le Bureau des longitudes se voit aussi chargé d'assurer chaque année un cours d'astronomie et de vérifier les instruments de navigation destinés à la marine. La météorologie devra être développée et la définition du système métrique terminée.

Ce dernier travail occupe d'ailleurs déjà Delambre et Méchain, lorsqu'ils sont nommés au Bureau des longitudes. Le lendemain de la création, le Comité d'instruction publique demande aux savants désignés par la loi de se réunir le 18 messidor ■■■

l'Académie royale des sciences, change de cap, contrainte et forcée par des objectifs stratégiques. Ce retournement de situation s'est aussi opéré à la faveur d'une évolution récente au sein de l'exécutif révolutionnaire. La dictature menée par Robespierre et le comité de salut public (la Terreur) a cessé depuis peu, avec Thermidor. La Convention, assemblée créée en 1791 dans le but de doter le pays d'une nouvelle constitution, reprend du service. La guillotine, elle, sert un peu moins et les traces de la Terreur disparaissent. Le tribunal révolutionnaire, au sein duquel tout suspect était automatiquement présumé coupable, est supprimé. Le Club des jacobins disparaît également. L'inquiétude de la population diminue, un certain esprit des Lumières

reparaît. La France aspire à un peu de tranquillité après la tempête.

Dans cette sérénité renaissante, des personnalités menacées font leur retour dans la capitale. C'est le cas du mathématicien Pierre Simon de Laplace, qui s'était réfugié à Melun, et de l'ancien directeur de l'Observatoire de Paris, Jacques-Dominique Cassini. Tous les deux sont nommés membres du Bureau des longitudes par la loi de fondation votée le jour même du discours de l'abbé Grégoire. Le Bureau comprend aussi le géomètre Joseph-Louis Lagrange (1736-1813), les astronomes Joseph Jérôme Lefrançois de Lalande (1732-1807), Jean-Baptiste Delambre (1749-1822) et Pierre Méchain (1744-1804), les navigateurs Louis-Antoine de Bougainville (1729-1811) et Jean-

L'élaboration du système métrique

(6 juillet) au Petit-Luxembourg, dans une salle qui leur est provisoirement cédée. Lors de cette première séance, quatre d'entre eux manquent à l'appel. Cassini a envoyé une lettre d'excuse. Bougainville, lui, n'a pas donné signe de vie et se voit prié avec insistance d'assister aux séances suivantes. Delambre et Méchain, eux, mesurent la méridienne quelque part dans le sud de la France.

La méridienne, ou méridien de Paris, avait déjà été établie depuis la fondation de l'Observatoire, en 1667. La mission des deux hommes consistait en fait à mesurer un arc de Terre afin de déterminer la longueur du mètre étalon. Les travaux de Cassini

de Thury (père du précédent) et

de La Caille, parus en 1744, avaient donné, selon les paroles de Delambre « l'idée d'une mesure universelle et invariable dont l'original serait pris dans la nature ». En mars 1791, Borda, Lagrange, Laplace, Monge et Condorcet, nommés par l'Académie, avaient affirmé qu'il était possible d'obtenir une longueur qui ne dépende d'aucune autre quantité. Cette unité, prise sur la Terre elle-même, présenterait l'avantage d'être parfaitement analogue à toutes les mesures réelles : « Le quart du méridien terrestre deviendrait donc l'unité réelle de mesure, et la dix-millionième partie de cette longueur en serait la mesure usuelle. »

Pourquoi le quart du méridien et non celui de l'équateur ? Parce que chaque peuple appartient à un méridien, alors que quelques-uns seulement vivent sous l'équateur. Le mètre, unité universelle, avait vu le jour. Pour le déterminer, il était nécessaire de connaître exactement la circonférence de la Terre. Un arc de neuf degrés et demi, entre Dunkerque et Barcelone, serait suffisant pour la déduire.

Nommés au Bureau des longitudes, Méchain et Delambre furent confirmés dans cette mission. La tâche n'était pas mince. Suivre la méridienne exigeait de placer des repères sur des points élevés du relief séparés de plusieurs kilomètres, afin de mesurer des angles à partir de stations. Il faut affronter les éléments. « La station de Forceval exige six signaux à la fois, raconte Méchain, qui



mourra en poursuivant son voyage en Espagne. J'ai presque été découragé quand j'ai vu celui de Bugarach, qui avait coûté tant de peines, abattu par un ouragan. La tramontane est terrible dans ces régions ; rien ne résiste à sa violence. » Il faut aussi faire face à la fureur des hommes : plusieurs clochers servant de repères n'ont pas survécu à la Révolution.

Pendant ce temps, les autres membres du Bureau s'attaquent au calcul de la longitude en mer. Pour augmenter la précision, il existait deux possibilités. Soit améliorer les horloges, soit jalonnailler le temps de repères fiables. Ces repères étaient les phénomènes astronomiques qu'on pouvait dater exactement par le cal-

Convictions politiques et travaux scientifiques

Alors que Jacques-Dominique Cassini, monarchiste convaincu, ne restera que quelques mois au Bureau des longitudes, Urbain Le Verrier, s'illustrera en découvrant

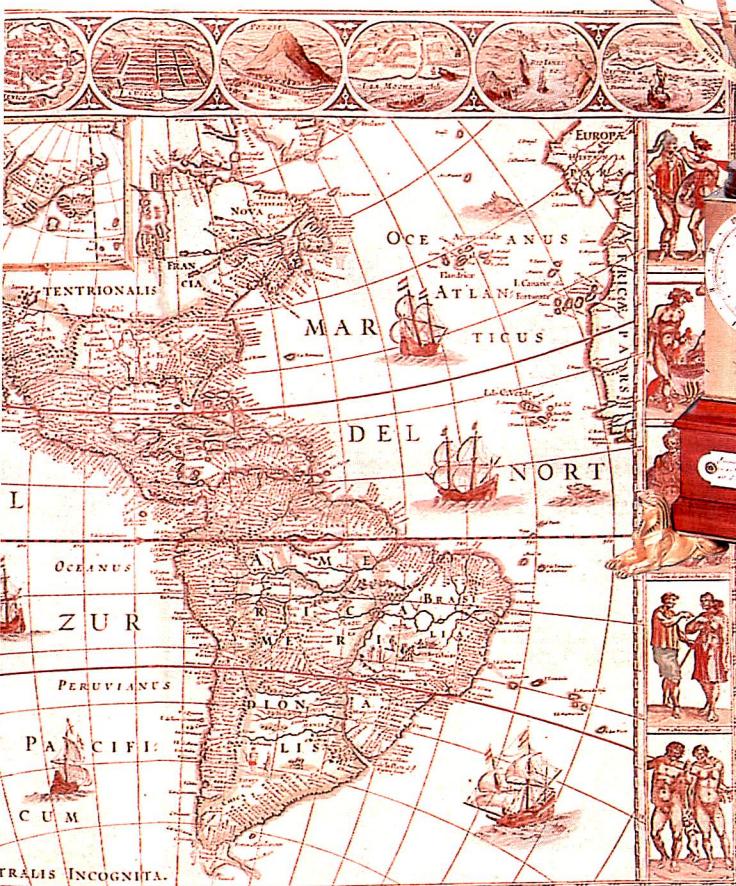
Neptune par le calcul.

Le Verrier

J.-Dominique Cassini



est achevée



Révolution dans la cartographie

Pour déterminer la longitude, il fallait connaître l'heure exacte du méridien d'origine. Des horloges étaient bien embarquées à bord des bateaux, mais, au bout de longs mois de voyage, elles avaient considérablement varié.

Du coup, les cartes étaient fausses. Le Bureau des longitudes viendra à bout de ces incertitudes.

un nouveau retard, mais la machine est lancée. Elle ne s'arrêtera plus.

Aujourd'hui partie intégrante du CNRS, l'établissement publie toujours *la Connaissance des temps*, ainsi qu'un annuaire. Son expérience bicentenaire en fait l'organisme le plus performant du monde dans le calcul des orbites et l'interlocuteur privilégié de l'Agence spatiale européenne. La NASA, sans l'avouer ouvertement, reprend ses travaux pour éviter que ses sondes spatiales ne fassent de mauvaises rencontres.

Créé pour aider la navigation sur les mers, le Bureau des longitudes se révèle indispensable à la navigation interplanétaire.

cul. Le Bureau des longitudes fut chargé par le Comité d'instruction publique de développer cette seconde méthode en rédigeant *la Connaissance des temps*. Depuis 1767, les Anglais disposent de telles tables, valables pour les six années à venir, alors qu'en France on connaît tout juste l'année qui vient. De ce fait, les voyages lointains d'une durée supérieure à un an étaient très risqués.

Au moment où le Bureau des longitudes entame son travail, *la Connaissance des temps* paraît régulièrement avec retard, à cause du manque de calculateurs. Tous les membres, aidés de leurs adjoints, se mettent donc au travail, et le fascicule de l'an IV est publié dans les

délais. Performance d'autant plus remarquable qu'une bonne partie des calculs avaient été faits dans le calendrier grégorien et qu'il a fallu les traduire en calendrier révolutionnaire. Les volumes paraîtront avec de plus en plus d'avance, et, progressivement, le Bureau des longitudes grignote le retard accumulé. Le retour au calendrier grégorien, en 1806, occasionne

Le ciel à Montsouris

Pendant un temps, le Bureau des longitudes fut logé au parc Montsouris, dans ce pavillon aujourd'hui encore occupé par des passionnés d'astronomie.



Un mathématicien dans la poche

■ **1975, naissance des calculatrices scientifiques de poche : dans la main, la puissance d'une bibliothèque de tables numériques.**
1985, avènement des calculatrices graphiques : le tracé des courbes.
1995, Texas Instruments vient de lancer sa TI-92. Les capacités mathématiques de cette nouvelle machine ? Vertigineuses !

PAR RENAUD DE LA TAILLE

Comme son nom l'indique, une calculatrice est faite pour calculer, donc faire les quatre opérations sans erreur sur des centaines de nombres qui peuvent compter chacun des douzaines de chiffres. Avec ces quatre opérations, on peut évaluer toutes les fonctions de l'analyse mathématique pour n'importe quelle valeur donnée aux variables. Grâce à la miniaturisation des circuits électroniques, on a pu faire entrer cette puissance opératoire dans une machine de la taille d'un portefeuille.

Pour les ingénieurs, les astronomes, les physiciens et autres chercheurs, la calculatrice de poche ouvrirait une ère nouvelle : la possibilité d'avoir à tout moment, et avec une sûreté absolue, le résultat de calculs effrayants de complexité et bourrés de sinus, de logarithmes et de décimales baladeuses. Très vite, les utilisateurs voulurent avoir aussi dans la main une représentation graphique du

résultat de ces calculs : les machines de poche devinrent capables de faire des tracés de courbe, sans doute un peu rugueux, mais toutefois fort utiles.

A ce stade, la "calculette" devint un outil précieux pour les étudiants qui y trouvaient une aide fort pratique pour résoudre leurs problèmes de maths ou de physique. Une étape majeure restait toutefois à franchir : le passage du calcul numérique au calcul algébrique, voire à l'analyse mathématique. En fait, les calculs numériques se font sur des équations qu'il a d'abord fallu découvrir par ce qu'on appelle le calcul symbolique, ou calcul formel. Il consiste à manipuler des équations et des fonctions en x , y , z , t et autres inconnues.

Tous les bacheliers ont connu les exercices d'algèbre, et ceux qui ont poussé plus loin les études scientifiques ont vu apparaître les problèmes autrement complexes que

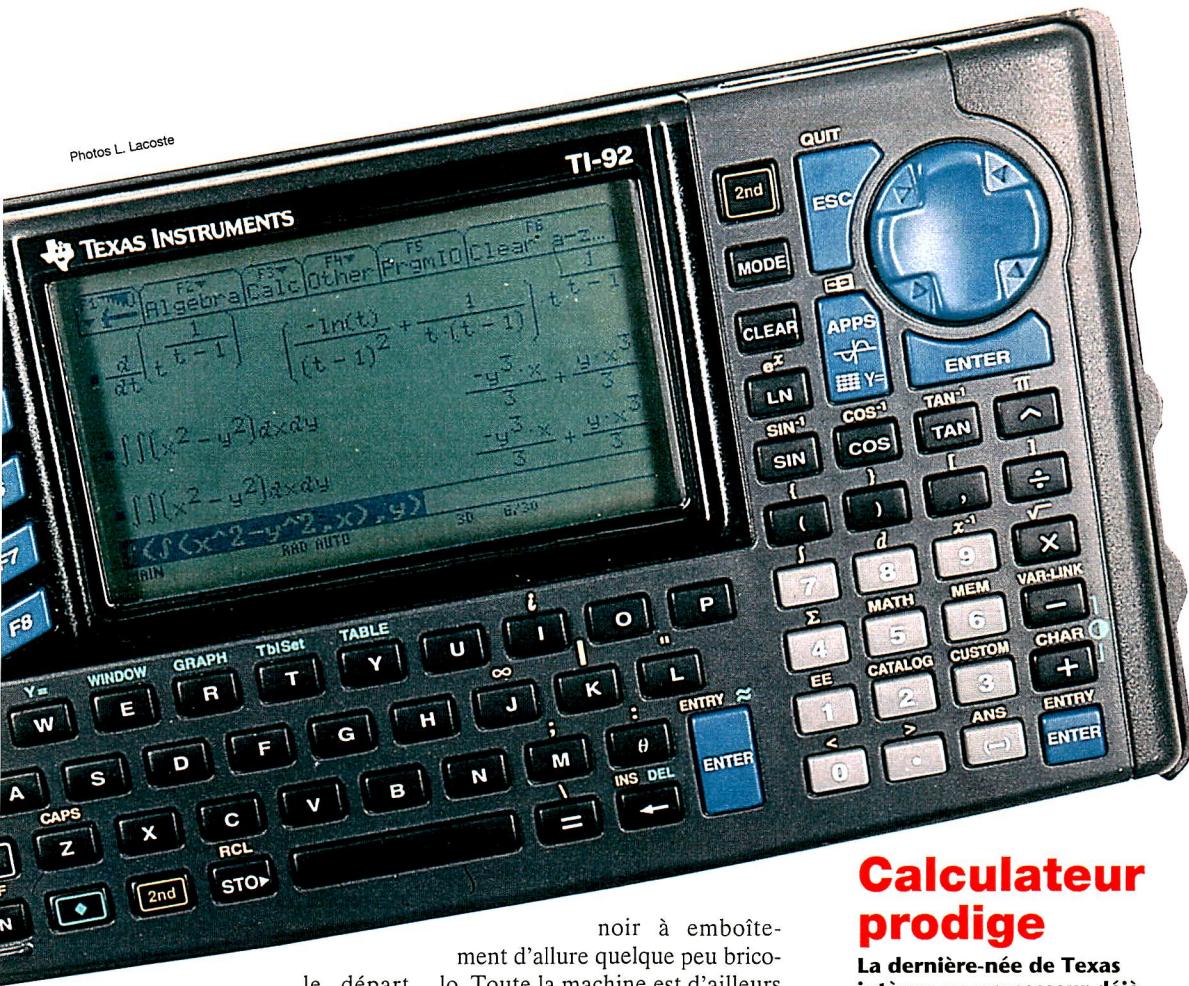
pose l'analyse mathématique, avec les développements en série, les intégrales curvilignes, les équations différentielles ou les fonctions holomorphes. Or il manquait une machine de poche capable de traiter directement ces équations et fonctions.

Les calculatrices donnaient très bien les résultats numériques si utiles aux ingénieurs et aux chercheurs qui partent d'une formule toute faite, mais pas les calculs algébriques qui mènent à ces formules. Autrement dit, il existait quantité de machines pour les physiciens, mais pas une seule vraiment conçue pour les mathématiciens.

Certes, il y eut, dès 1980, une Sharp EL 5100 capable de résoudre les équations avec des x et des y , mais pas de les manipuler. Plus près de nous, les Hewlett-Packard 28 et 48 faisaient déjà mieux, puisqu'elles pouvaient traiter certains calculs algébriques, calculer les dérivées ou donner la primitive d'un polynôme entier ; c'étaient déjà des machines impressionnantes.

Voici qu'apparaît, en cette fin d'année, la Texas 92, dessinée dès





Calculateur prodige

noir à emboîtement d'allure quelque peu bricolé. Toute la machine est d'ailleurs faite d'un plastique qui couine dès qu'on le serre, comme les jouets à bon marché des tout-petits. A l'intérieur, un microprocesseur Motorola 68 000 – celui des Macintosh Plus, SE ou Classic – cadencé à 10 MHz. Une agréable surprise : les piles sont des piles rondes ordinaires qu'on trouve partout. Ajoutons 128 Ko de mémoire vive pour les calculs en cours et la programmation, et 1 Mo de mémoire morte pour les logiciels intégrés – "Derive" de D. Stoutemeyer pour l'analyse et "Cabri" de J.-M. La borde (université de Grenoble) pour la géométrie.

le départ pour tous ceux qui font des mathématiques : lycéens, étudiants, chercheurs, amateurs éclairés et, bien sûr, professeurs. Mais, on s'en doute, si elle est capable de faire de l'algèbre et de l'analyse, elle traite bien plus facilement encore tous les calculs numériques : physiciens et ingénieurs y trouvent leur compte, et même au-delà.

La TI-92 s'écarte un peu du format standard des « calculettes » : avec 21 cm de long pour 12 cm de large, elle reste une calculatrice de poche, à condition qu'il s'agisse d'une vaste poche de gabardine. Mais ce format élargi permet de loger sans peine un écran large (5 x 9 cm) de 30 720 pixels, un clavier QWERTY, le pavé numérique et un gros curseur rond à huit directions.

Pas d'étui, mais un couvercle

La dernière-née de Texas intègre un processeur déjà éprouvé, le Motorola 68 000 des Macintosh, cadencé à 10 MHz et, sur une mémoire morte de 1 Mo, le logiciel d'analyse et celui de géométrie.

exemples figurant sur les rares dépliants qui lui sont consacrés. Notre premier sentiment, au bout de quelques jours : il est plus difficile de savoir ce qu'on ne peut pas faire avec la TI-92 que de savoir ce que l'on peut faire...

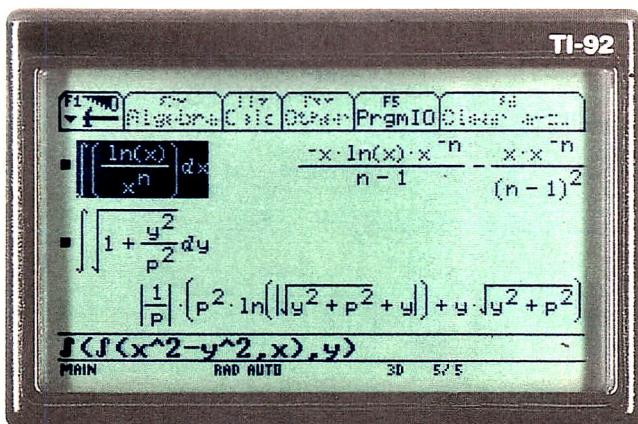
Comme il s'agit d'une machine destinée à l'enseignement et à la pratique des mathématiques, nous avons d'emblée commencé les essais par le calcul différentiel et intégral. Première grosse surprise, la facilité d'utilisation : sans rien connaître, ou peu s'en faut, au protocole d'entrée des données, nous avons tapé les fonctions comme ■■■

un mathématicien dans la poche

■■■ nous les aurions écrites, ce dont la TI-92 s'accommode fort bien. Dérivée première, dérivée seconde, le résultat s'affiche en moins d'une seconde la plupart du temps, même pour des fonctions alambiquées à souhait.

Plus surprenant encore : la fonction dérivée n'est pas donnée brute, bêtement si l'on peut dire, mais sous sa forme symbolique la plus simple, c'est-à-dire après regroupement des termes et factorisation. Le meilleur élève d'une classe de Math spé ne ferait pas mieux. Qui plus est, on peut demander la dérivée d'ordre n pour une valeur quelconque de n, et à l'écran les résultats sont présentés comme dans un traité d'analyse avec les mêmes symboles et la même notation. Fascinant !

On passe des différentielles aux intégrales indéfinies, ou fonctions primitives – n'importe quelle calculette évoluée peut traiter une intégrale définie, qui n'est jamais qu'une longue suite d'additions numériques. En revanche, la recherche des primitives est un vrai casse-tête qui a fait pâlir bien des candidats aux concours des grandes écoles. Là encore, la TI-



Calcul intégral

La recherche des primitives, domaine ardu s'il en est, ne fait pas peur à la machine : intégration d'une fonction logarithmique ou rectification de la parabole sont affichées comme dans un traité d'analyse.

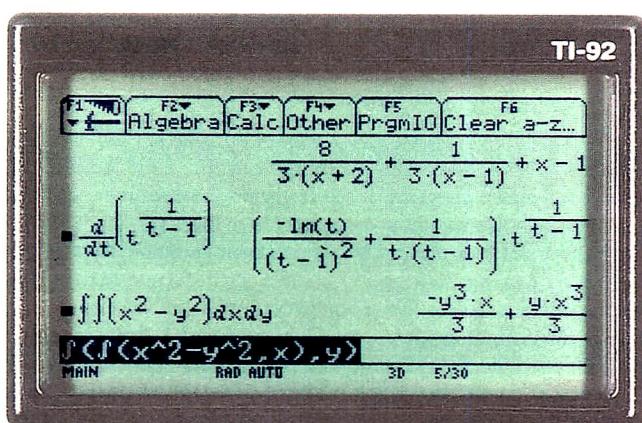
92 se tire admirablement d'affaire, sans qu'il faille respecter une syntaxe compliquée pour entrer la fonction à intégrer : il suffit de l'écrire derrière le signe \int et d'appuyer sur l'une des trois touches "ENTER".

Comme les dérivées, les primitives sont affichées après traitement algébrique des expressions,

pour donner au résultat une forme courte et simple. A noter qu'il peut y avoir plusieurs de ces formes simplifiées d'une même expression. Si la machine passe la main, il y a gros à parier que la primitive cherchée n'a pas d'expression analytique simple. Et maintenant les intégrales curvilignes, les intégrales doubles ? Pas de problème, la machine les calcule aussi aisément. Au total, pour ce qui est du calcul différentiel et intégral, la TI-92 offre vraiment des performances éblouissantes.

La présentation des résultats doit beaucoup au logiciel de traitement algébrique, qui permet la décomposition des fractions rationnelles (quotient de deux polynômes entiers) ou la factorisation des équations les plus compliquées. Ce même logiciel assure aussi le développement en série de Taylor, la dérivation d'une fonction de fonction ou les changements de variables. Si on le veut, on peut d'ailleurs traiter simultanément plusieurs fonctions sur un tableau.

Après ce premier tour de piste, nous passons aux tracés de courbes et de surfaces : même facilité de mise en action et résultats tout aus-

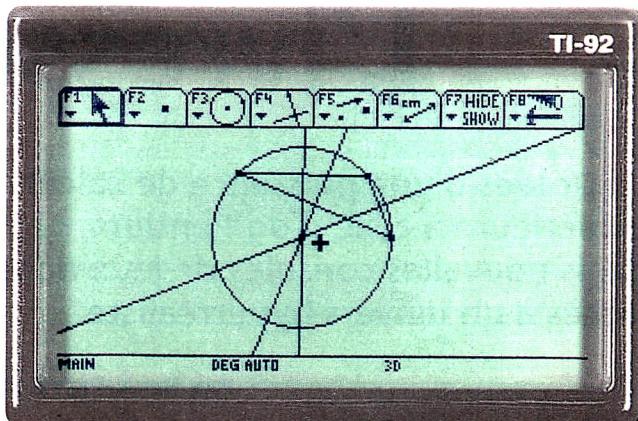


Calcul différentiel

Gros atout de la TI-92 dans le calcul d'une dérivée un peu compliquée : elle ne se trompe pas en cours de route, et donne le résultat après simplification des termes. On voit aussi ici qu'elle se sort très bien des intégrales doubles.

Géométrie plane

On observe que le point de concours des médiatrices se trouve sur le centre du cercle circonscrit. Mais ce que l'on ne peut montrer ici, c'est la mobilité de l'image: on voit bouger le croisement des médiatrices.



si convaincants. Une fonction assez salée en coordonnées paramétriques? Tout de suite fait. Le paraboloïde hyperbolique en trois dimensions? Il se dessine sous nos yeux. On veut le faire tourner? Rien de plus facile. On cherche alors le dessin d'une surface un peu plus compliquée, par exemple celle du quatrième ordre $x^3y - y^3x$. Le temps que les circuits calculent les points – en affichant au fur et à mesure le pourcentage de travail déjà fait –, un voile ondulé apparaît fil par fil à l'écran, avec les ombres nécessaires à l'illusion du relief. Un peu de géométrie plane? On dessine un triangle, puis le cercle circonscrit, et on lui ajoute les médiatrices. Ce n'est pas du dessin industriel au tire-ligne,

mais la figure est assez nette pour visualiser parfaitement l'énoncé d'un problème et suivre ses développements.

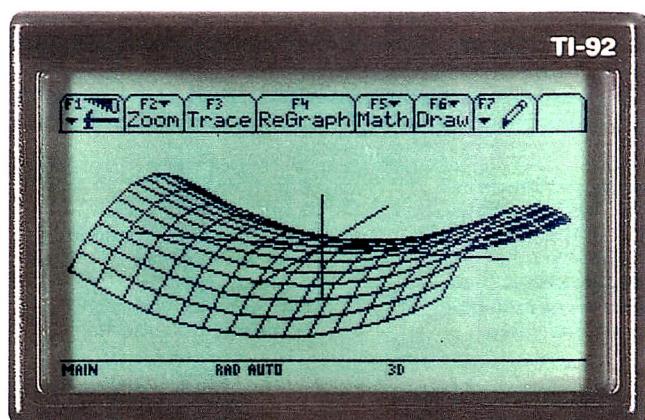
On souhaite déplacer l'un des sommets sur le cercle? On valide "animation" et le triangle se déforme en continu avec ses médiatrices. Arrêtons là: le manuel provisoire de la machine compte, nous l'avons dit, 360 pages; or nous n'en avons ici que quatre. Impossible de décrire tout ce que nous avons pu faire en quinze jours, ce qui est à peine suffisant pour commen-

cer à se familiariser avec l'outil.

Quand même, un point à signaler: si on se limite à ne faire que les quatre opérations avec la TI-92, les nombres traités peuvent avoir jusqu'à... 600 chiffres. Cela suffit à montrer à quel point cette machine creuse l'écart avec toutes celles qui l'ont précédée. Son seul point faible dans un domaine qui nous est cher: la factorisation des entiers. Au-delà d'un nombre de 10 chiffres, on ne peut plus se fier à ce qu'elle affiche, car elle ne sait pas trouver un facteur premier supérieur à 65 521.

Mais, et nous allions oublier de le dire, elle est programmable dans un langage assez proche du Pascal. Il est donc très facile de faire un programme de factorisation qui saura aller au-delà de 65 521. Car tout ce que nous avons dit jusqu'ici concerne uniquement les fonctions directement accessibles au clavier ou à la barre de menus. Si on passe à la programmation, alors tout devient possible: équations différentielles, tracé en 3D des surfaces minimales, intégration vectorielle, etc.

Pour être juste, nous ne voyons même pas où se situent les limites de cette petite machine, tant elle a su réunir deux atouts jusqu'ici inconciliables: des possibilités mathématiques fabuleuses et une facilité d'utilisation non moins extraordinaire.



Surfaces en 3 dimensions

Figure classique que celle du paraboloïde hyperbolique, mais tracé ici avec les paraboles vers le bas et les hyperboles vers le haut. Ajoutons qu'on peut changer le point de vue pour observer une autre zone de la même surface.

L'ivresse en trois

■ Dotées d'une puissance de calcul supérieure à celle d'un Pentium, trois nouvelles consoles de jeux donnent accès à un univers hyperréaliste.

PAR HENRI-PIERRE PENEL

Connaître en trois dimensions les vertiges d'un simulateur de vol ou les frayeurs d'un grand prix de formule 1, c'est aujourd'hui possible, grâce à trois extraordinaires machines. Par ordre d'entrée en scène, la 3DO Goldstar, la Saturn de Sega et, dernièrement sur le marché, la PlayStation de Sony.

La capacité de traitement de l'information nécessaire à ces simulations leur est fournie par des microprocesseurs 32 bits sous architecture RISC. Ces deux termes sonnent souvent comme un argument commercial. Ils reflètent ici un incontestable progrès.

Sur un microprocesseur 32 bits, les données sont représentées par

des 0 et des 1 groupés par "paquets" de 32, au lieu de paquets de 16 ou de 8. Cette première "modification" permet d'accroître considérablement la puissance de calcul du microprocesseur. D'autre part, le concept d'architecture RISC, relativement simple, du moins dans sa théorie, réduit de beaucoup le temps de calcul. Globalement, si l'on compte en opérations réalisées par seconde, le gain est important. Dans la pratique, on compte d'ailleurs en Mips, c'est-à-dire en millions d'instructions effectuées par seconde. Dans un ordinateur conventionnel, le microprocesseur commence un calcul, puis envoie



Sega

Les forces en présence

LA PLAYSTATION SONY
Son microprocesseur central d'une puissance de 30 Mips, assisté d'un coprocesseur 66 Mips pour le traitement 3D, offre une étonnante qualité d'animation.



LA 3DO GOLDSTAR
Doyenne des machines 32 bits, cette console s'est constitué une bibliothèque particulièrement bien fournie où se mêlent jeux et films vidéo.



LA SATURN SEGA
Pas moins de 8 microprocesseurs constituent le cœur de cette console qui pourrait bien se convertir en véritable terminal multimédia.



dimensions



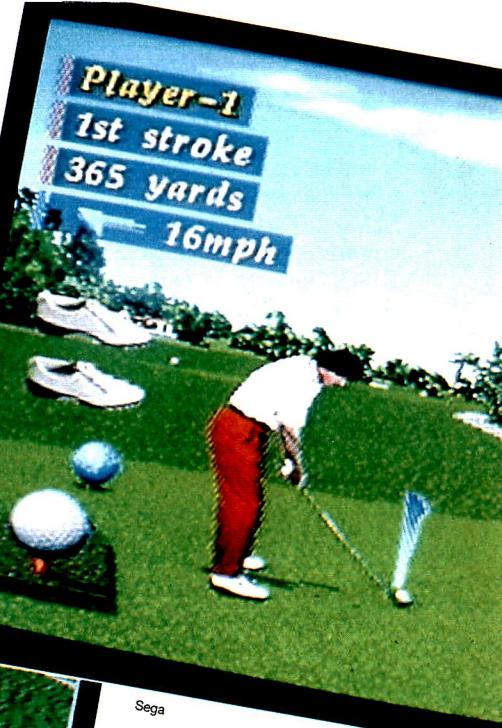
Sega

l'élément à traiter à un coprocesseur (microprocesseur spécialisé dans une tâche bien particulière), attend le résultat, le combine en faisant appel à un autre coprocesseur, qui jusqu'alors attendait, lui-même attend encore, etc. En architecture RISC, le temps de calcul de chaque coprocesseur est connu. Microprocesseurs et coprocesseurs travaillent simultanément afin que l'ensemble des résultats soit disponible au moment voulu. C'est l'élimination du temps perdu qui fait la force de ce procédé.

La 3DO Goldstar est une refonte de la 3DO proposée au public, quasi confidentiellement il est vrai,

depuis plus de deux ans. Une bonne machine, dont le handicap majeur est probablement l'absence de publicité. Comme ses consœurs, cette console est donc équipée d'un microprocesseur 32 bits Risc. Seule la fréquence de travail (12,5 MHz) de ce dernier trahit l'âge de la 3DO. Deux ans, en informatique, c'est énorme. Il en est de même pour de nombreux autres éléments de cette console. Mémoires et coprocesseurs marquent également le pas et présentent des capacités ou des caractéristiques très légèrement inférieures à celles de ses concurrentes. Néanmoins, la 3DO est relativement peu pénalisée par cette lacune technique. En effet, en matière d'animation 3D, la qualité des logiciels est au moins aussi importante que les possibilités intrinsèques de l'électronique de la machine.

Le retard de la 3DO est donc compensé par l'expérience acquise, lors de ses deux années d'existence, dans la mise au point



Sega

Entrez dans le jeu

La puissance de calcul des microprocesseurs actuels ouvre la porte à l'animation "3D temps réel". Chaque scène "existe" en volume dans la machine et le joueur peut en visiter les moindres recoins.

des logiciels. Enfin, la 3DO est une console très "ouverte" : il est possible de la "remettre à jour" en fonction de l'évolution de la technique. Par exemple, une extension 64 bits est déjà à l'étude, bien qu'aucune date de commercialisation ne soit annoncée. Une carte modem est également prévue, ainsi qu'un clavier. Dernier avantage, lié à l'"ancienneté" de la 3DO : son importante bibliothèque de jeux, plus de 130 titres disponibles.

A l'opposé, la Saturn de Sega est impressionnante par sa puissance de calcul. Deux microprocesseurs 32 bits en architecture RISC lui confèrent une capacité de traitement de l'information supérieure à

consoles de jeux en 3D

celle d'un PC équipé d'un Pentium. Cette puissance de calcul atteint 50 Mips. De plus, un troisième microprocesseur, également 32 bits RISC, consacre sa puissance au contrôle du transfert des informa-

deux coprocesseurs 32 bits qui tra-vaillent en parallèle. Le premier opère essentiellement sur les poly-gones (éléments de base de consti-tution des volumes) et leur "tex-ture". Il faut distinguer les poly-gones de couleur unique et ceux qui com-portent des motifs (herbe, pierre, etc.). Lorsque le polygone pivo-te, cette texture doit "suivre" – exacte-ment comme lorsqu'on ob-serves une photo de face puis de biais – pour conserver un certain réalisme à l'anima-tion. Le second coprocesseur, tou-jours 32 bits, se consacre à l'affich-age des décors. C'est lui qui as-sure leurs dépla-cements et leurs ro-tations dans l'espace. La Saturn est ainsi en mesure de présenter une image d'excellente finesse, comportant 720 x 576 pixels, et une

ani-mation pouvant aller jusqu'à 60 images par seconde.

Le son est également très bien servi. Deux coprocesseurs, ici enco-re, dont l'un a été étudié par le fabri-cant d'instruments de mu-sique Yamaha, offrent 32 canaux sonores pour les bruitages. De même, les illus-trations mu-sicales sont déli-vrées en qualité CD audio et en Dolby Surround.

La Saturn est enfin une console extrê-mement ouverte sur l'avenir. Elle peut, par exemple, recevoir une cartouche de décompre-sseur MPEG pour se transfor-mer en lec-teur de CD vidéo numé-riqué au format Philips actuel. Sega s'inté-resse aussi de très près à Internet. Dans un futur proche, un modem, à moins de 800 F, devrait permettre de se connecter sur ce réseau. Un clavier transformera même la Saturn

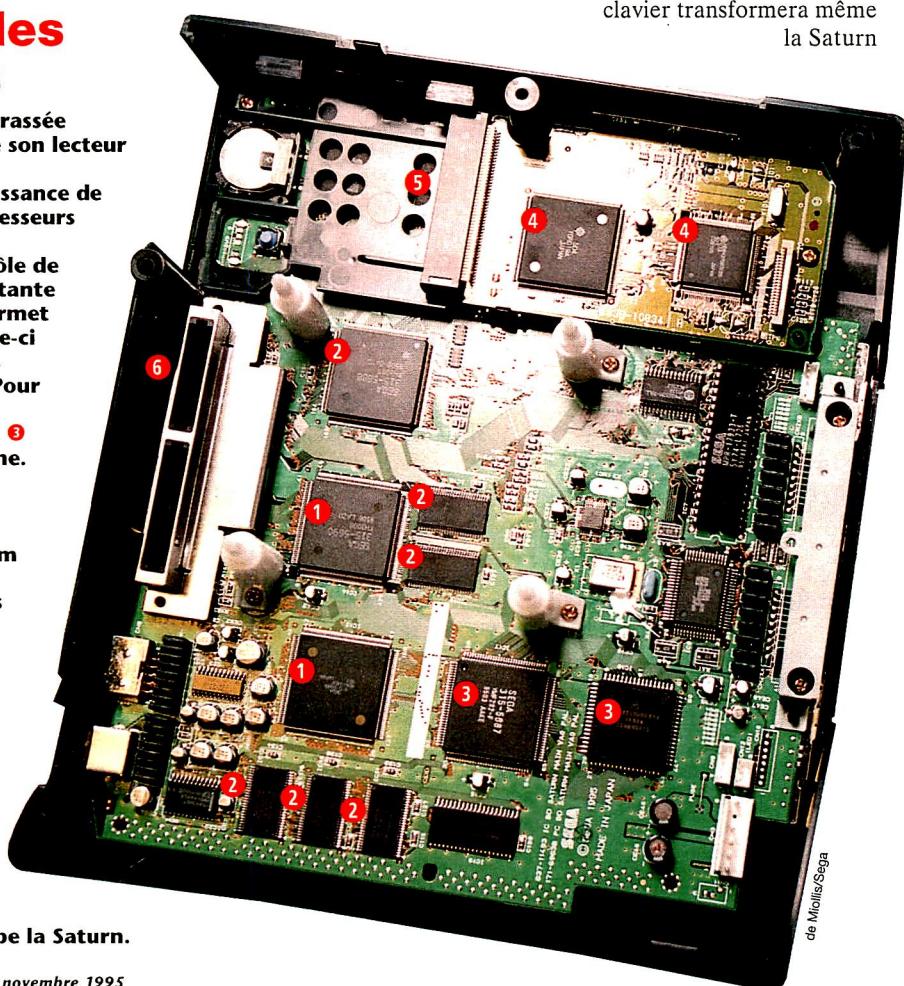
Un son Dolby Surround digne du cinémascope

tions entre le CD-Rom et les mi-croprocesseurs centraux. On trou-ve la même richesse au niveau des coprocesseurs.

Pour l'image, ce sont encore

La cité des données

La Saturn, ici débarrassée de son boîtier et de son lecteur de CD-Rom, dévoile ses coulisses. La puissance de ses deux microprocesseurs principaux ① est consacrée au contrôle de l'image. Une importante mémoire ② leur permet de stocker tant celle-ci que les instructions du logiciel du jeu. Pour le son, ici encore, deux coprocesseurs ③ se partagent la tâche. Afin d'accélérer le transfert de données entre le lecteur de CD-Rom et la console, deux autres circuits spécialisés ④ sont mis à contribution. Un connecteur ⑤ permet de leur adjoindre une cartouche MPEG pour transformer la console en lecteur de CD vidéo. Et, pour préparer le futur, un dernier connecteur ⑥ équipe la Saturn.



de Mollis/Sega

en véritable terminal multimédia.

En ce qui concerne la bibliothèque de jeux, il est vrai que cette machine est encore jeune. Cependant, Sega est l'un des leaders mondiaux des jeux d'arcade, qu'on trouve dans les cafés, les galeries marchandes ou les salles de jeux. Or tous les jeux d'arcade fonctionnent sur des bornes vidéo équipées de processeurs 32 bits. Sega prévoit leur adaptation rapide à la Saturn. Sa bibliothèque devrait donc s'enrichir très prochainement.

En raison de sa conception récente, la PlayStation de Sony, quant à elle, profite des derniers progrès en matière de composants électroniques et de microprocesseurs. Son cœur est constitué d'un microprocesseur 32 bits RISC d'une puissance de traitement de 30 Mips, associé à un calculateur matriciel (coprocesseur mathématique) de 66 Mips. En puissance de calcul brut, c'est la plus puissante des trois consoles. Ses autres caractéristiques sont, en revanche, égales, voire très légèrement inférieures à celles de la Sega. Sa suprématie réside dans la beauté et le réalisme de ses graphismes, qu'elle offre, contrairement aux autres consoles, en plein écran. C'est-à-dire que l'image ne comporte aucune zone noire au bord de l'écran, tant en largeur qu'en hauteur.

L'ENVOLÉE DE LA PUISSANCE DE CALCUL

La PlayStation a néanmoins un défaut : à l'inverse de ses concurrentes, c'est une machine totalement fermée, uniquement une console de jeux. Rien n'est prévu pour l'utiliser, par exemple, en tant que lecteur de CD vidéo et encore moins pour la connecter sur un réseau informatique. Bien qu'elle soit la console la plus puissante du marché, elle risque donc fort d'être rapidement détrônée.

Pour la bibliothèque de jeux de la PlayStation, Sony a passé des accords avec près de 500 concepteurs,

Les polygones de l'animation

Pour être en mesure de contrôler une image tridimensionnelle, la console divise chacun de ses éléments en une série de polygones plans dont elle maîtrise l'orientation. Contrôler un mouvement revient alors à déplacer des polygones simples les uns par rapport aux autres en respectant les règles de la perspective. Des lois de masquage indiquent à la console quels polygones afficher pour l'observateur. La couleur de chaque polygone est modifiée en fonction de l'éclairage, et les motifs qu'il porte, en fonction de l'angle que fait ce dernier avec le joueur. Néanmoins, effectuer l'ensemble de ces calculs avec une vitesse suffisante pour assurer une animation demande une énorme puissance de calcul, d'où l'utilisation de microprocesseurs 32 bits.



Sega

aussi bien pour y adapter des jeux existants que pour en concevoir de nouveaux. Si une vingtaine de jeux sont actuellement disponibles, le catalogue devrait rapidement s'enrichir. Comme Sony a la maîtrise tant de l'électronique que des logiciels, les jeux proposés devraient exploiter au mieux les capacités de la console. Sur les logiciels que

nous avons testés, les résultats sont impressionnantes.

Mais pourquoi "gonfler" sans cesse la puissance de calcul des consoles de jeux ? Pour mimer au mieux la réalité. La première grande évolution a été marquée par le passage des microprocesseurs de 8 à 16 bits. Cette nouvelle puissance de calcul n'était cependant pas

consoles de jeux en 3D

■ suffisante pour animer des volumes sur l'écran. En 16 bits, l'image est composée d'une superposition de plans. Les personnages semblent découpés dans du papier, et leur allure, notamment en ce qui concerne les reflets ou les ombres portées, ne se modifie pas en fonction de leur position.

Dans l'action ou au balcon, choisissez votre place

Les consoles de jeux 16 bits utilisent la superposition d'éléments d'images en deux dimensions, pouvant se masquer les uns les autres lors de leurs déplacements,

selon un ordre déterminé par le concepteur du jeu. Ce que les spécialistes appellent les "sprites". Néanmoins, chaque sprite reste une surface de forme figée et non un volume.

En 3D, donc en volume, la méthode de "fabrication" d'une image est fondamentalement différente. Le volume, un personnage par exemple, est décomposé en polygones élémentaires. Chacun de ces polygones peut être de forme et de dimensions quelconques. On recrée ainsi le personnage sous la forme d'un groupe d'éléments plans épousant au mieux sa forme, une armure en quelque sorte.

Pour animer le personnage, il "suffit" de demander au microprocesseur de déplacer les polygones. Il est également possible de jouer sur les effets de lumière. Le micropro-

cesseur, connaissant l'orientation de chaque polygone, peut calculer l'angle que forme sa surface avec la source lumineuse et modifier ainsi sa couleur en fonction de la quantité de lumière qu'il réfléchit.

Enfin, avec la technologie 3D, il devient beaucoup plus facile de créer des "mouvements de caméra", c'est-à-dire de modifier l'angle sous lequel l'objet, le personnage ou le décor est vu. Pour faire pivoter un objet sur lui-même, il suffit de modifier en bloc l'orientation de ses polygones. De même, pour donner l'impression que l'objet s'éloigne vers le fond du décor, on réduit tous les polygones qui le composent. En 3D totale, cette règle s'applique à l'ensemble de l'image. Ainsi décor, objets et personnages ne sont plus que des ensembles de polygones liés par des règles établies par le concepteur du jeu.

Cependant, la «gestion» des rotations des polygones en temps réel – qui confèrent aux images calculées une cadence suffisante pour une animation digne de ce nom – exige une puissance de calcul importante. Dans la nouvelle génération de consoles de jeux, c'est un, voire deux microprocesseurs 32 bits qui mèneront à bien les opérations.

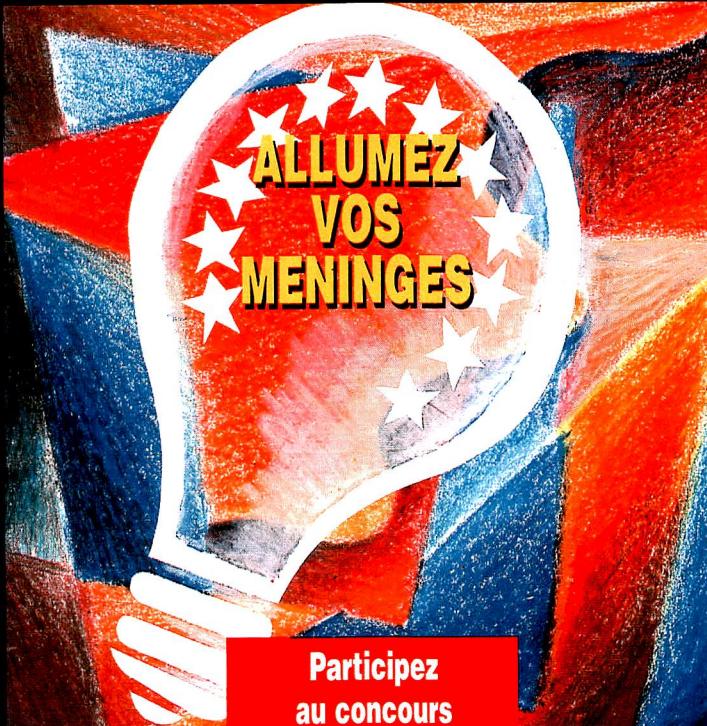
Et même Internet

Il n'est pas exclu, loin de là, que Sega propose prochainement un modem pour la Saturn. Un clavier pourrait aussi faire partie des accessoires à venir. Alors, Internet sur une console de jeu ? Pourquoi pas !



UN CD-ROM EN GUISE DE CARTOUCHE

De même, les logiciels nécessaires à de telles animations sont beaucoup plus complexes que ceux utilisés sur les machines 16 bits. La célèbre cartouche de jeu, constituée en fait de mémoires, n'offrait plus une capacité de stockage suffisante pour de tels jeux. C'est donc vers le CD-Rom que les constructeurs se sont tout naturellement tournés pour remplir cette fonction. Des CD-Rom, certes particuliers, totalement incompatibles avec ceux des ordinateurs et même incompatibles d'une marque à l'autre, mais au principe de fonctionnement et à la capacité totalement identiques.



Vous avez la bosse des sciences ?
Vous avez des idées ?
Alors allumez vos méninges, et préparez vous à participer au Concours Européen des Jeunes Scientifiques organisé par l'Union Européenne.
Son objet ?
Présenter une recherche scientifique théorique ou appliquée.
Dans quel domaine ?
A vous de choisir.

Vous pouvez concourir seul ou par équipe (3 personnes maximum)

Pour en savoir plus et recevoir un dossier de candidature, retournez-nous dès maintenant le bulletin ci-dessous.

Participez au concours européen des jeunes scientifiques et mesurez-vous aux meilleurs d'entre-eux.

RÉSERVÉ AUX 15-21 ANS
et en 1ère année d'enseignement supérieur maximum

SCIENCE & VIE et SCIENCE & VIE JUNIOR organisent la sélection française de ce grand concours démarrant début 96. Date limite de remise des projets : 30 mars 1996
Concours Européen : septembre 96 à Helsinki (Finlande)

Parmi les prix, des chèques de 5.000, 3.000 et 1.500 ECU, des stages en laboratoire et aussi la possibilité de faire avancer vos idées et faire progresser votre esprit créatif avec des savants de renommée internationale.

Avec la participation de l'ANSTJ, du CNES, du CNRS, de l'IFREMER, de l'INRA, et de l'INSERM. Sous le patronage des Ministères de l'Education Nationale et de la Recherche.

DEMANDE DE DOSSIER DE CANDIDATURE

à retourner sous enveloppe affranchie avant le 31 décembre 1995 à
CONCOURS EUROPEEN DES JEUNES SCIENTIFIQUES 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris cedex 15

Nom..... Prénom.....
Adresse
Code Postal Ville
Date de naissance Niveau d'études

Conformément à la loi informatique et Libertés du 06/01/78, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amenés à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant votre nom, prénom, adresse, et si possible, votre référence client.

RCS Paris B 572 134 773 SV 938

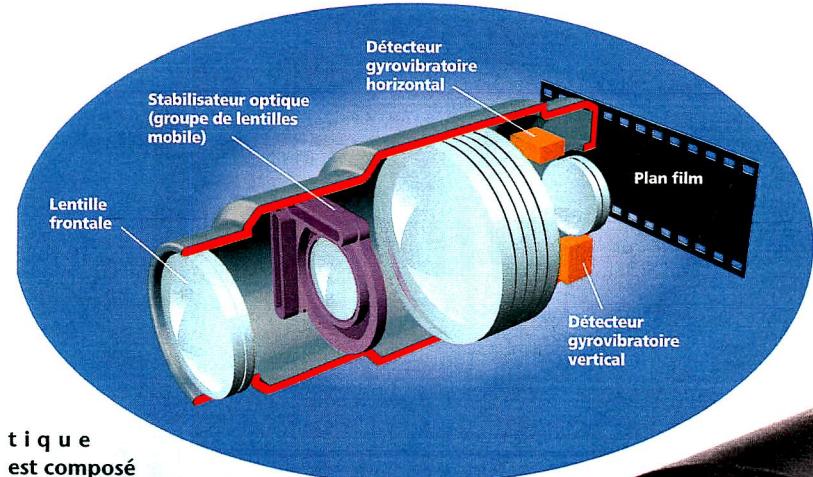
Le zoom qui ne

Avec le premier objectif à stabilisateur optique pour appareils reflex que vient de commercialiser Canon, c'est sans doute la fin des flous de bougé, si fréquents avec les longues focales. Prises de vue à main levée à 1/15e de seconde, prises de vue sans flash ou avec un film lent sont désormais possibles avec des téléobjectifs.

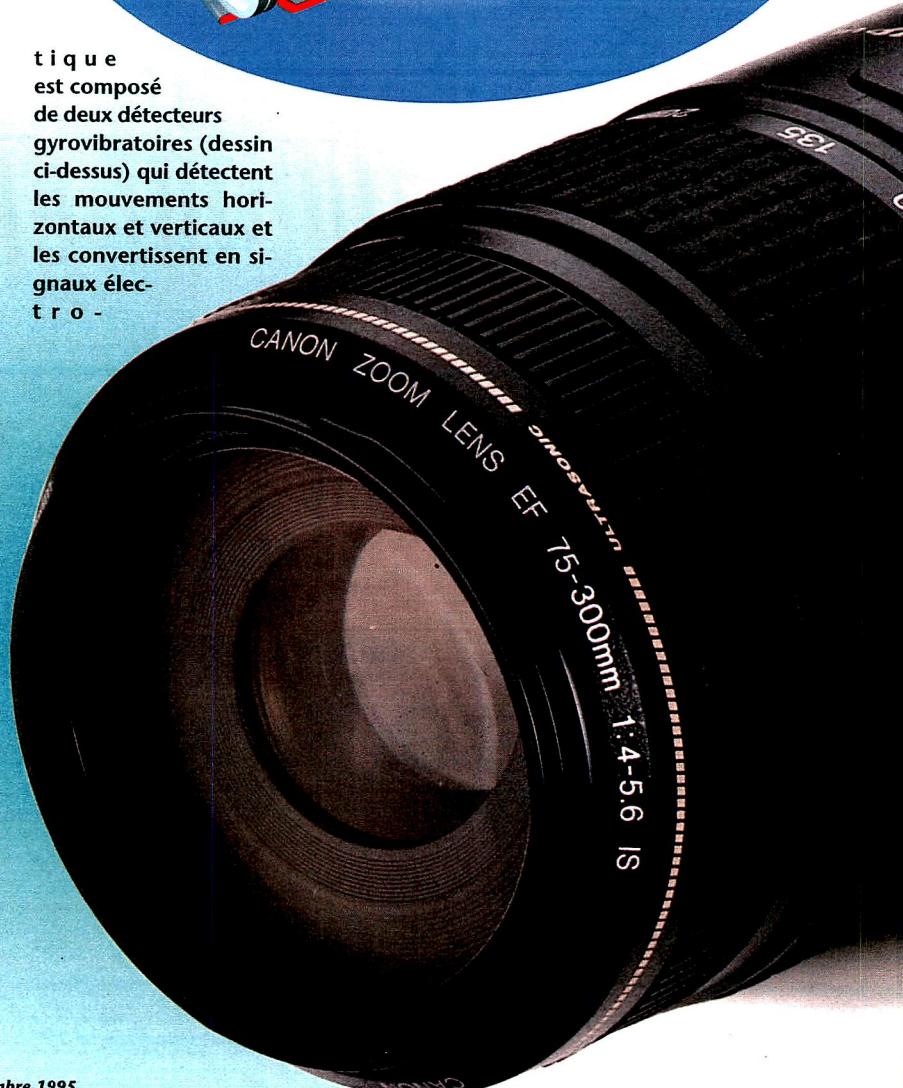
Jusqu'ici, en effet, la règle pour éviter les flous de bougé consistait à ne jamais utiliser de vitesse d'obturation inférieure à la focale (1/500^e de seconde pour un téléobjectif de 500 mm, par exemple), ce qui nécessite une forte lumière ou un film très rapide.

Canon a choisi le zoom le plus diffusé de la marque pour le doter d'un stabilisateur optique. Il en résulte un zoom 4,5,6/75-300 IS (pour Image Stab), qui comporte 15 lentilles en 10 groupes. La mise au point minimale est de 1,5 m et l'autofocus est débrayable pour une utilisation manuelle. Il bénéficie du système USM, micro-moteur intégré dans l'optique, réputé pour son silence et sa rapidité.

Le stabilisateur d'image par compensation op-



ti que est composé de deux détecteurs gyrovibratoires (dessin ci-dessus) qui détectent les mouvements horizontaux et verticaux et les convertissent en signaux électriques.

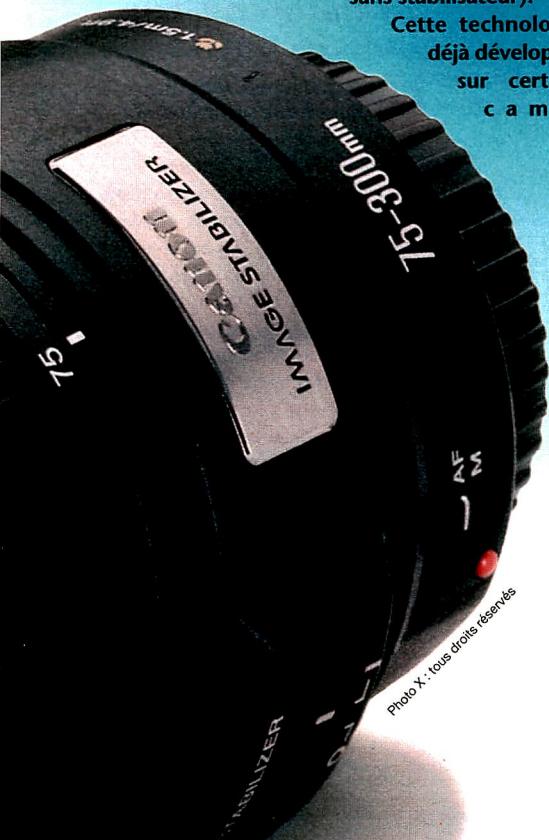


tremble pas

niques ; un dispositif piézo-électrique agit alors sur un groupe optique qui se déplace afin de corriger l'amplitude du mouvement. L'image reste nette, les rayons lumineux qui atteignent le plan film ayant été redressés (dessins ci-

contre). A 300 mm, la compensation d'angle est de $\pm 0,7^\circ$. L'efficacité du stabilisateur optique apporte un gain de deux valeurs de diaphragme (autrement dit, la proportion d'images sans flou de bougé est la même à 1/15 s avec un stabilisateur qu'à 1/60 s sans stabilisateur).

Cette technologie, déjà développée sur certains camé-



Adaptable sur les boîtiers

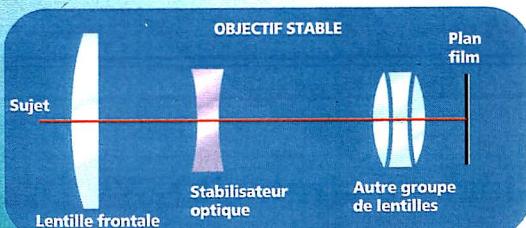
EOS de la marque

Canon, le zoom

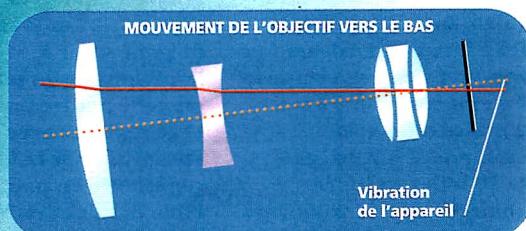
75-300 IS USM est

le premier objectif pour

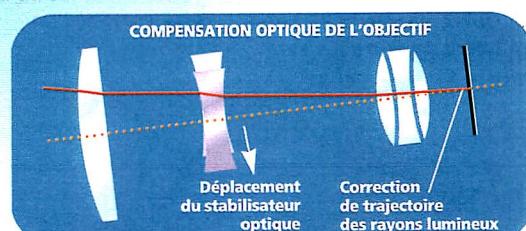
appareil reflex à être équipé d'un stabilisateur d'image par compensation optique.



Lorsque l'objectif est stable, la trajectoire des rayons lumineux est rectiligne.



En cas de mouvement, la vibration produit un léger décalage de l'image sur le plan film.



Le stabilisateur optique, alerté par des capteurs, se déplace immédiatement, corrigeant ainsi la trajectoire des rayons lumineux.

scopes haut de gamme et sur une paire de jumelles (où le principe est, toutefois, légèrement différent), fait ainsi son entrée dans le monde des appareils reflex. S'il est vrai que, au printemps 1994, Nikon avait ouvert la voie dans le domaine photographique avec le 700 VR, un appareil 24 x 36 doté d'un zoom 38-105 mm, il s'agissait d'un compact à objectif non interchangeable. Le zoom mis au point par Canon, qui possède une vocation à la fois grand public et professionnelle, est sans doute le pionnier d'une nouvelle génération d'optiques. Dimensions : 137,2 mm de long et 78,5 mm de large. Poids : 670 g. Prix : 5 000 F. J.-L. G.



Jeux de stratégie en bois

Gigamic commercialise une version en bois massif de son jeu de stratégie Pyraos et une nouveauté, Quixo. Deux jeux de très belle facture, plusieurs fois primés. Pyraos se compose d'un plateau taillé dans la masse d'un bois exotique, le kotibé, et de 30 billes en hêtre. L'objectif des deux joueurs est de poser la dernière bille au sommet de la pyramide. Prix : 249 F. Le plateau en résine de Quixo contient 25 cubes en hêtre pyrogravés et vernis. Chaque cube

possède quatre faces neutres, une face marquée d'une croix et une face marquée d'un rond. Les joueurs doivent saisir à la périphérie du plateau un cube neutre ou marqué et le replacer avec sa marque sur la face supérieure en poussant sur l'une des extrémités des rangées incomplètes. Le gagnant est le premier qui crée une ligne de cinq cubes de la même marque. Prix : 199 F.



VTT haut de gamme

Tout dans ce VTT relève de la haute technologie. Depuis son cadre en titane à sa fourche air/huile en passant par sa transmission 24 vitesses, tout est conçu pour en faire une machine d'exception. Cependant, pour se procurer le M994 Titanium de MBK, il faudra débourser la somme de 25 995 F. K. L.

Un camping-car dans le coffre

Le système Evadôm, du groupe Finot-Forgia, permet de loger dans le coffre de l'Espace Renault un réfrigérateur, un couchage, une table de cuisson, un évier et des sanitaires. L'ensemble une fois replié, quatre places sont disponibles dans le véhicule.

Le couchage se déplie sur les sièges arrière. L'Evadôm comporte un auvent qui, une fois installé, constitue un emplacement cuisine-repas. En version de base, le système est proposé au prix de 11 980 F. W-C chimiques, batterie complémentaire et réfrigérateur sont en option. Prix, entièrement équipé : 14 980 F.





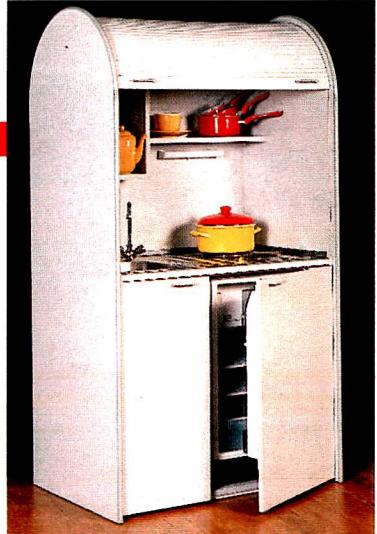
Habillés de cuir

Pour transporter appareils photos, baladeurs, téléphones portables, etc., VF Reporter lance une gamme de petits étuis, les "Pick up". En cuir pleine fleur souple, ils se portent à l'épaule ou à la ceinture.

Prix : 150 F. K. L.

Cuisine compacte

Idéale pour équiper un petit studio ou un chalet, la cuisine compacte Pro Art comprend un évier, deux plaques électriques, un réfrigérateur, une cafetière électrique, un placard et quatre étagères. Elle est en mélaminé plaqué sur panneau de particules et le rideau est en PVC gris. Prix : 19 900 F.



Des préservatifs à la carte

Afin de mieux faire accepter le préservatif par les jeunes, Hot Rubber, en collaboration avec Fun Radio, propose une nouvelle gamme de préservatifs à leur intention. Lorsqu'un préservatif se perce, une mauvaise mise en place, liée à un manque d'expérience en est souvent la cause. Aussi, Hot Rubber a poussé la lubrification de ses préservatifs au-delà de la norme NF. Des distributeurs seront installés dans les lieux les plus fréquentés par les jeunes. Chaque boîte, vendue 10 F, contient un échantillonnage des produits et non plus trois modèles identiques. Il est donc possible à l'utilisateur de choisir le modèle qui lui convient et de l'acheter par sachets de dix, en grande surface ou en pharmacie.

VIE PRATIQUE

Choisissez vos lunettes par vidéo

Lorsqu'on est myope, il est difficile de choisir une paire de lunettes le nez collé sur un miroir.

Le dispositif "Autopортрет" de Lissac remédie à cette difficulté. Une caméra vidéo réalise des prises de vues du client. Après traitement informatique, on superpose à cette image celle des montures disponibles.

Des paramètres annexes, tels que coloration des verres, traitement antireflet, etc., peuvent être pris en compte et il est possible de se voir de face, de trois quarts ou de profil. Un instrument qui devrait permettre de choisir ses montures en fonction de ses goûts et non de ceux de son entourage.





INFORMATIQUE

SyQuest moins cher

Les célèbres disques durs amovibles SyQuest sont maintenant proposés en version "grand public". Le lecteur

EZ 135 (prononcer Easy 135) est capable de stocker 135 mégaoctets au format 3,5 pouces. Ce changement de format s'accompagne d'un prix très inférieur à celui de l'équivalent professionnel. Prix du lecteur : **1 450 F** ; prix des cartouches : **120 F**.

90 radios musicales

Le satellite Astra diffuse 25 stations radio. Grâce au codage numérique, la qualité sonore de la diffusion est équivalente à celle d'un CD audio. TechniSat propose donc un récepteur spécialement adapté à la réception de ces programmes, l'Astrastar AX1, qui permet, de plus, de programmer un type de musique souhaité : l'appareil scrute alors les différents canaux afin de trouver le programme voulu. Ce procédé ouvre l'accès (sur abonnement) à plus de 90 radios musicales et fournit des informations relatives à la diffusion en cours tels que titre de la musique, durée, nom de la station diffuseuse, etc. Une parabole recevant les programmes vidéo Astra est nécessaire. L'appareil s'intercale alors entre l'antenne et le démodulateur vidéo. Prix : en version de base avec télécommande, **2 990 F**.

AUDIOVISUEL



Piloté par l'œil, même en hauteur

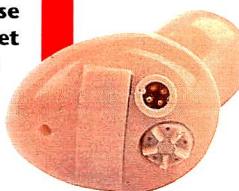
L'EOS 50E de Canon reprend le système autofocus piloté par l'œil inauguré sur le reflex professionnel EOS 5, mais l'applique, en plus, à la prise de vue verticale. Une technologie de pointe qui contraste avec l'aspect rétro du boîtier en aluminium anodisé. Quatre modes de mise au point sont possibles et celle-ci s'effectue à l'aide de trois collimateurs autofocus à zone large. La mesure de la lumière se fait sur six zones couplée aux collimateurs AF. Cet appareil, doté de nombreux perfectionnements, est destiné aux amateurs très avertis. Prix : **4 000 F** boîtier nu.



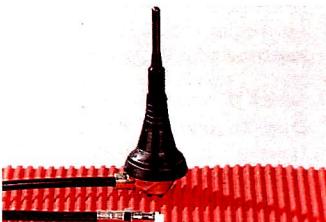
SANTÉ

Prothèse auditive par ordinateur

Très discrète, l'Alpha'i est une prothèse intra-auriculaire pour malentendants mise au point par la société Intrason. Elle est programmable par ordinateur, chez l'audioprothésiste. Ainsi, tous les paramètres concernant sa correction acoustique peuvent être adaptés aux besoins du patient. Ces réglages sont réalisés lorsque la prothèse est portée, ce qui permet de vérifier immédiatement l'amélioration obtenue en fonction du réglage choisi. Prix moyen : 7 800 F.



Radiotéléphone plus performant



La jeune société française Acomex est spécialisée dans l'accessoire pour radiotéléphone de poche, et notamment dans ceux qui permettent d'améliorer leur fonctionnement à bord des véhicules. Elle propose divers types d'antennes, magnétiques ou à fixer sur la carrosserie ou sur la vitre, ainsi qu'une gamme de convertisseurs permettant l'alimentation de l'appareil depuis la fiche allume-cigarettes. Pour les poids lourds, il existe des convertisseurs 24 volts-12 volts. Une gamme de



batteries, adaptables à la majeure partie des appareils du marché, permettent d'en améliorer l'autonomie. Prix des antennes : de 110 F à 250 F ; convertisseurs : à partir de 150 F.



SECURIFLASH
système breveté.

L'avertisseur de freinage d'urgence

Coups de frein sans danger

Sedax propose un dispositif



destiné à avertir les conducteurs des véhicules qui suivent lors d'un freinage violent. Grâce à la sonde électronique sensible aux accélérations dont il est équipé, le Sécuriflash déclenche automatiquement les feux de détresse du véhicule dès que celui-ci freine violemment, et cela sans intervention du conducteur. Prix : 1 450 F, pose comprise, chez de nombreux concessionnaires automobiles.

AUTOMOBILE

Un autoradio pense-bête

Panasonic a astucieusement logé, dans la façade détachable de son autoradio CQ-RD 595, un microphone et une puce capable de mémoriser 20 secondes de message parlé. Outre sa fonction d'antivol, la façade devient ainsi un pense-bête vocal. Les caractéristiques de cet autoradio sont comparables à celles de tout autre poste haut de gamme. Equipé du système RDS, il permet de suivre une station tout au long d'un trajet et son amplificateur, d'une puissance de 4 x 30 W, assure une excellente qualité d'écoute. Prix : 3 990 F. K. L.

A collaboré à cette rubrique :
Kooka Latombe.

Les cellules cherch

La fascination exercée par les caractéristiques étonnantes des êtres vivants a conduit pendant des siècles à juger leur fonctionnement mystérieux. Telle la vertu dormitive expliquant, selon les médecins de Molière, les propriétés du pavot, une "force vitale" indéfinissable expliquait les singularités du vivant. Nous savons aujourd'hui que c'est en termes physico-chimiques que se décrit la physiologie, car les êtres vivants n'échappent pas aux lois de la physique et de la chimie.

Les deux principales originalités des organismes vivants par rapport à la matière inerte sont, d'une part, leur capacité à échanger de la matière et de l'énergie avec le milieu ambiant (et à les utiliser pour élaborer leur propre matière et assurer un fonctionnement) et, d'autre part, leur faculté de se reproduire.

UNE PLANTE QU'ON OUBLIE D'ARROSER...

Les plus petites unités capables de réaliser ces fonctions sont considérées comme les plus petites unités du vivant : ce sont les cellules et on sait depuis longtemps que tous les êtres vivants sont constitués de cellules. Les plus petits organismes, comme les bactéries ou les unicellulaires, sont formés d'une seule cellule ; les plus grands sont formés de nombreuses cellules (plusieurs centaines de milliards chez l'homme, par exemple). Mais, quel que soit le nombre de cellules constituant un animal ou un végétal, chacune d'entre elles est un système physique dit ouvert, car il procède à des échanges avec son environnement immédiat.

Les substances susceptibles d'être échangées sont très variées et dépendent de chaque type cellulaire. Toutefois, toutes les cellules échangent au minimum de l'eau et des sels minéraux avec le milieu qui les environne. En effet, le fonctionnement de chaque cellule nécessite

que son contenu en eau et en sels soit maintenu sensiblement stable autour d'une valeur moyenne.

Or, les cellules sont limitées par une mince pellicule, la membrane cytoplasmique, à travers laquelle se réalisent les échanges. Il s'agit d'une véritable frontière, perméable à l'eau, comme on peut le constater lorsqu'on oublie d'arroser une plante : celle-ci perd alors son eau et meurt. De la même façon, la membrane laisse passer de nombreuses substances minérales.

A l'égard de l'eau et de la plupart des sels minéraux, la membrane se comporte de façon passive, c'est-à-

dire que les mouvements de ces substances ne sont pas réglés par une activité physiologique particulière de la membrane. Ils obéissent à des lois physico-chimiques identiques à celles qui régissent les mouvements à travers une membrane artificielle, comme une feuille de cellophane (voir *Science & Vie* n° 910, p. 138).

Toutefois, la membrane ne laisse pas passer n'importe quoi, et de nombreuses molécules organiques nécessaires au fonctionnement cellulaire – comme certains sucres ou acides aminés – ne pourraient pas la traverser comme le font l'eau et les sels. Pour ces substances, la mem-

Les trois trous de la pomme

Matériel nécessaire

Une grosse pomme de terre (ou trois petites), un récipient d'une taille suffisante pour la (les) recevoir, de l'eau déminéralisée, du gros sel, une solution de sel (chlorure de sodium) à 9 g/l (on peut acheter en pharmacie un flacon de "sérum physiologique" si on ne désire pas préparer soi-même cette solution), un instrument de cuisine destiné à découper les melons en boules.

Comment procéder ?

Creuser dans la pomme de terre 3 trous de volumes sensiblement égaux à l'aide de l'ustensile de cuisine ①. Couper le côté opposé de façon à réaliser une surface plane dépourvue de peau ②. Mettre 1 ou 2 cm d'eau au fond du récipient et y poser la pomme de terre préparée ③. Verser du gros sel au

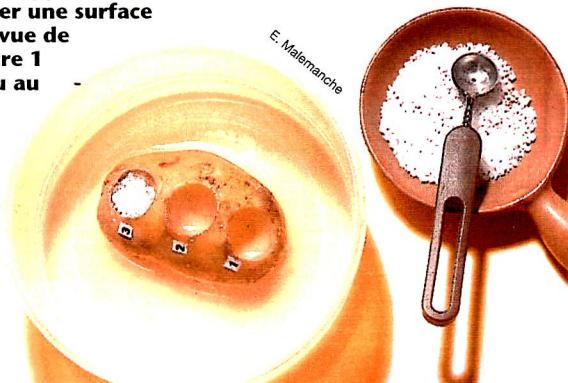
fond du premier puits, la solution de chlorure de sodium à 9 g/l dans le second, jusqu'au bord, et de l'eau déminéralisée dans le troisième, à ras-bord également ④. Laisser reposer une heure ⑤.

Qu'observe-t-on ?

Dans le premier puits, où se trouvait le sel, on voit maintenant de l'eau ; le sel s'y dissout, devenant invisible. Dans le second puits, le niveau de sérum physiologique n'a pas varié. Dans le troisième, qui contenait de l'eau pure, le niveau a baissé.

Que s'est-il passé ?

Les cellules de la pomme de terre contiennent une



ent leur équilibre

brane possède des systèmes de transport particuliers, mais cette sélectivité a un coût énergétique élevé pour la cellule.

LE DILUÉ ET LE CONCENTRÉ

Lorsqu'une membrane laissant passer l'eau et les sels sépare deux milieux aqueux de composition différente, c'est la concentration relative des deux milieux qui commande le sens et la vitesse des échanges d'eau et de sels : chaque substance, tel un gaz, tend à occuper le maximum d'espace disponible et se déplace donc du milieu où elle est le plus

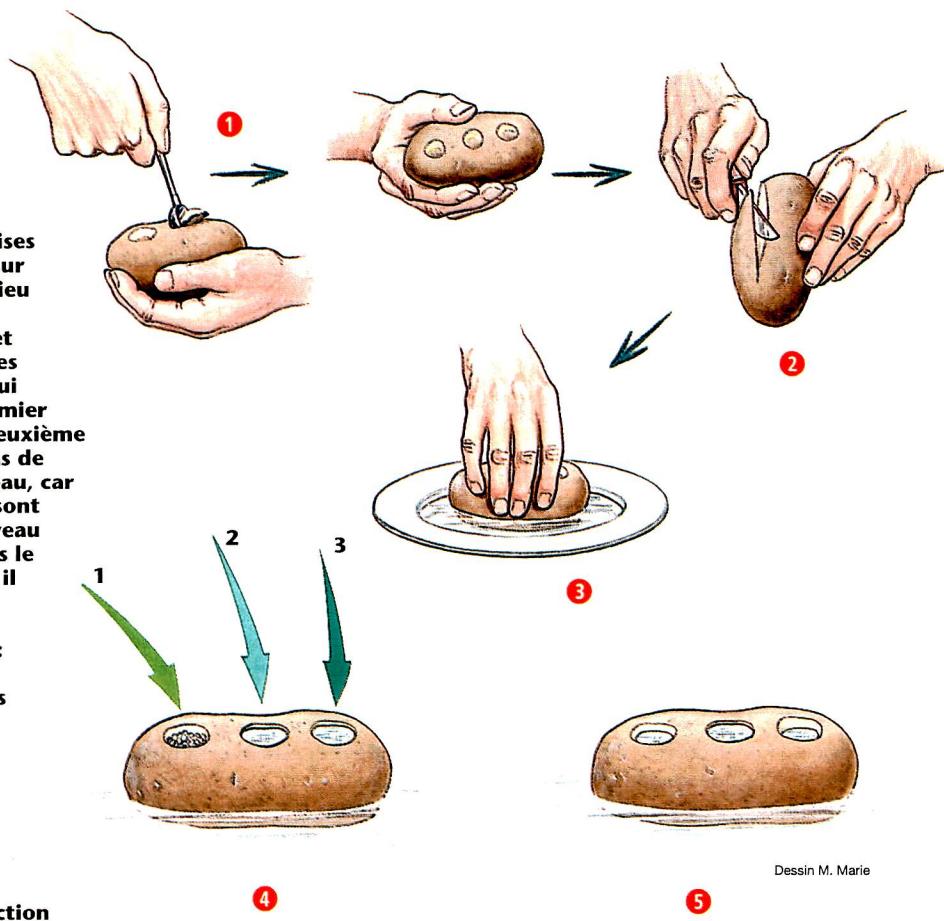
concentrée vers le milieu où elle l'est le moins. Lorsque les deux milieux atteignent la même concentration, il n'y a plus de mouvement apparent car le même nombre de molécules passe dans les deux sens.

Lorsqu'une membrane sépare deux solutions aqueuses, comme c'est le cas pour les cellules vivantes (constituées à 75 % d'eau et baignant dans un milieu aqueux), l'eau a donc tendance à se déplacer du milieu le plus dilué, c'est-à-dire contenant le moins de substances dissoutes (car plus la solution est diluée, plus la "concentration en eau" est élevée) vers le milieu le plus concentré en substances.

dissoutes (car le plus pauvre en eau). Il en est de même pour les sels : ils auront tendance à se déplacer du milieu le plus concentré (car le plus riche en sels) vers le milieu le moins concentré (car le plus pauvre en sels). On comprend ainsi que la plupart des plantes ne s'accommodent pas de sols salés. Les rares plantes capables de cette performance sont obligées de réaliser un travail de "pompage". Cela se fait au prix d'une dépense énergétique considérable pour contrebalancer les effets des lois physico-chimiques, de même que nous devons pomper pour faire monter l'eau d'un puits contre la force de gravitation.

de terre

solution dont la concentration est proche de celle du sérum physiologique. Lorsqu'elles sont mises en présence de sel sur leur surface, un milieu beaucoup plus concentré qu'elles et dépourvu d'eau, elles perdent leur eau, qui remplit alors le premier puits (1). Dans le deuxième puits (2), il n'y a pas de mouvement net d'eau, car les concentrations sont équivalentes : le niveau ne varie guère. Dans le troisième puits (3), il n'y a pas de sel et l'eau pure va envahir les cellules : le niveau baisse. Dans chaque cas, les lois de la diffusion imposent les mouvements d'eau et de sels aux cellules de la pomme de terre. Elles perdent ou gagnent plus ou moins d'eau en fonction de la concentration du milieu extérieur.



Dessin M. Marie

La nature préfère

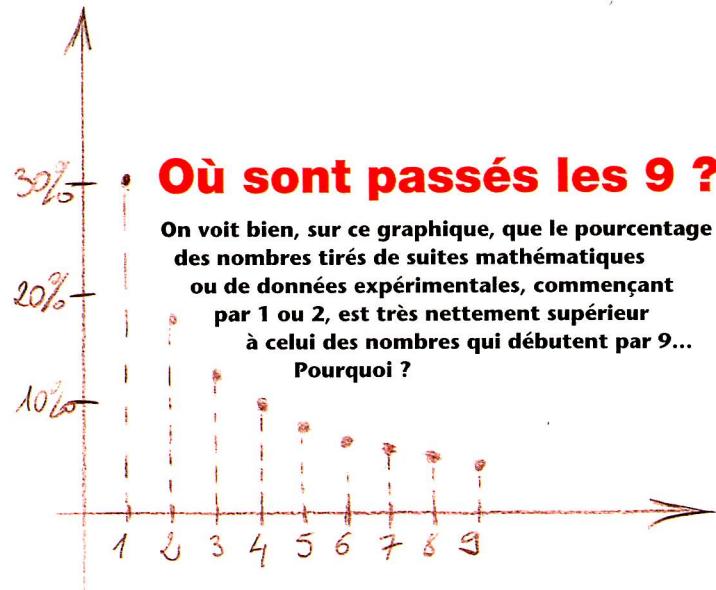
Si on prend la superficie des étangs et lacs de France, on obtient une suite de chiffres qui commencent le plus souvent par 1 et rarement par 9. Même chose pour la longueur des rues ou pour le voltage des couples électrolytiques. D'où vient donc cette disparité, en tête des nombres, entre les petits chiffres, 1 ou 2, et les gros chiffres, 8 ou 9 ?

En numération binaire, où il n'y a que deux signes, 0 et 1, tous les nombres commencent par 1 et il n'y a pas l'embarras du choix. En décimal, avec dix signes allant de 0 à 9, on devrait logiquement rencontrer au cours des mesures ou des calculs autant de nombres commençant par 1 que par 2, 3, 5 ou 8. Ce n'est pas le cas : quand un ingénieur ou un physicien commence un calcul, il y a 30 % de chances que le résultat commence par un 1 et 5 % de chances qu'il commence par un 8 ou un 9.

Soudain, un indice : l'usure des pages...

Ce fait étrange fut noté pour la première fois en 1938 par le physicien Frank Benford ; à l'époque, les ordinateurs n'existaient pas et tous les calculs un peu compliqués se faisaient à l'aide de tables de logarithmes. Or, après quelques mois d'usage, ces tables présentaient une particularité curieuse : les premières pages étaient toujours cornées et salies, alors que les dernières étaient quasiment immaculées. Autrement dit, les pages étaient d'autant moins consultées qu'on allait vers la fin du recueil.

La chose aurait pu se comprendre si s'était agi d'un traité de sociopsychologie engagée qui vous tombe des mains au bout de quelques pages, mais une table de logarithmes n'est pas faite pour être lue d'un bout à l'autre : on la consulte pour y chercher des nombres qui commencent par 1,000..., à la première page, et par 9,999..., à la dernière. Si le début



Où sont passés les 9 ?

On voit bien, sur ce graphique, que le pourcentage des nombres tirés de suites mathématiques ou de données expérimentales, commençant par 1 ou 2, est très nettement supérieur à celui des nombres qui débutent par 9... Pourquoi ?

du livre est plus fripé que la fin, c'est à l'évidence parce que les ingénieurs et les chercheurs rencontrent plus souvent dans leurs calculs des nombres qui commencent par 1 ou 2 que des nombres commençant par 8 ou 9. On considère ici avec raison qu'un nombre du genre 0,75 ou 0,012 est un nombre qui commence par 7 ou par 1 ; d'ailleurs un ingénieur n'écrira pas 0,012 mais 12×10^{-3} .

La chose était paradoxale car, *a priori*, il n'y a aucune raison pour que le résultat d'une mesure soit plutôt 12 ou 15 que 48 ou 73. Benford se mit alors à dresser des listes de valeurs numériques concernant aussi bien la surface des lacs que le poids moléculaire des composés chimiques, et il découvrit que, effectivement, les nombres commençant par 1 étaient de loin les plus nombreux, suivis en bon ordre par ceux commençant par 2, puis 3, et ainsi de suite jusqu'à 9.

En analysant de plus près ses listes, il découvrit empiriquement que la probabilité pour que le premier chiffre d'un nombre quelconque soit x est donnée par $\log(x+1) - \log(x)$, où x est l'un des neuf chiffres de 1

à 9 et "log" est le logarithme décimal. La probabilité qu'un nombre commence par 1 est donc de 30 %, par 2 de 17,6 %, par 4 de 9,7 %, et par 9 de 4,6 % seulement. La propriété croissante des tables de logarithme à mesure que l'on tournait les pages traduisait donc bien un fait expérimental.

MAIS PERSONNE N'HABITE AU 999 !

Au fil des années, d'autres chercheurs ont compilé des données concernant aussi bien les périodes des éléments radioactifs que les factures d'électricité des habitants d'une ville ou les constantes physiques : la loi de Benford concordait toujours très bien. Elle s'applique même aux numéros des rues : très peu de rues ont 999 immeubles, auquel cas il y aurait autant de numéros commençant par 1 que par 3 ou 7. Mais, en règle générale, une rue comporte de 20 à 200 adresses, et on voit immédiatement que les numéros commençant par 1 vont largement dominer alors que ceux débutant par 9 vont être les plus rares. La moyenne des adresses dans une ville va donc

les 1

obéir à la loi de Benford et, chose étonnante, la longueur des rues aussi. A ce stade, on va penser qu'il suffit de changer d'unité de mesure, ce qui revient à changer d'échelle, pour modifier complètement la répartition des chiffres de tête : il n'en est rien, la loi de Benford est invariante au changement d'échelle, et c'est même la seule loi de distribution qui possède cette propriété.

ALORS, COMMISSAIRE, QU'EN DITES-VOUS ?

Cela revient à dire que la proportion des 1, des 2..., en tête des nombres, restera la même quelle que soit l'unité choisie. Qu'on mesure la superficie des étangs en hectares, en milles carrés, en acres ou en arpents ne changera pas la fréquence des 1, des 2 ou des 8 en tête des résultats ; même chose pour les périodes des éléments radioactifs évaluées en secondes, en siècles ou en années. Comme un changement d'unité revient seulement à multiplier toutes les valeurs trouvées par une constante, on peut dire aussi que toute suite obéissant à la loi de Benford donne, après multiplication par un nombre quelconque, une nouvelle suite obéissant encore à cette même loi : c'est là l'invariance au changement d'échelle.

La chose est d'ailleurs facile à comprendre : si, par exemple, on multiplie tous les nombres d'une suite par 9, ceux qui sont inférieurs à 1,111...

D. Cordonnier



vont passer dans le camp des 9, mais tous ceux compris entre 1,112... et 2,222... vont se retrouver dans le camp des 1. Les 2,23... à 3,3... donnent des 2, et ainsi de suite jusqu'aux 8,89 à 9,99 qui donnent des 8. On aura simplement permuté les chiffres de tête, mais par leurs proportions respectives. La chose reste vraie quelle que soit la constante par laquelle on multiplie tous les nombres d'une suite.

Arrivé là, on se demande quelles sont les suites mathématiques qui suivent la loi de Benford. Il n'y pas à chercher loin : ce sont les suites géo-

métriques de la forme $x, x^{-2}, x^{-3}...$ Si on prend par exemple la suite des puissances de 2 (2, 4, 8, 16, 32, etc.), on constate, dès qu'on atteint une centaine de termes, que 30 % des nombres trouvés commencent par 1, 18 % par 2..., et 5 % seulement par 9. On a le même résultat avec la suite des puissances de 3, de 5, ou de n'importe quel autre nombre. On vérifie sans peine – les calculatrices actuelles sont ici bien pratiques comparées aux anciennes tables de logarithmes – qu'en multipliant tous les termes de l'une de ces suites par un nombre quelconque, on obtient une nouvelle suite de Benford.

Nous avons l'habitude de compter selon la suite arithmétique 1, 2, 3, 4, 5..., où, effectivement, les 1, les 2, les 5 ou les 7 se retrouvent en proportion égale en tête des nombres de la suite. Mais rien n'impose à la nature de nous suivre dans cette voie : c'est ici, comme nous le verrons le mois prochain, que se situe l'ébauche d'une solution à cette énigme qui prend sa source dans l'état des pages d'une table de logarithmes.

Solution du n° 937

Nous avons vu que les rayons colorés sortent des gouttes d'eau avec un angle compris entre 41° et 43° par rapport à la direction du Soleil. Ne pourront donc atteindre l'observateur que les rayons faisant en moyenne 42° avec la droite allant du Soleil à cet observateur.

L'ensemble de ces rayons forme un cône de demi-angle 42° dont l'intersection avec le front pluvieux est une portion de cercle limitée vers le bas par le sol.

L'essaim du Lion

On s'imagine souvent que le plus bel essaim d'étoiles filantes est celui des Perséides, au mois d'août. C'est oublier qu'il y a bien d'autres essaims et que l'un des plus actifs se produit en novembre : celui des Léonides.

C'est dans la nuit du 12 au 13 novembre 1833 qu'il fut observé pour la première fois. Dans les heures qui suivirent le coucher du Soleil, plusieurs astronomes notèrent un nombre de météores inhabituel, mais c'est à l'aube du 13 que les populations de l'est des Etats-Unis furent le plus impressionnées. Pendant les quatre heures qui précédèrent le lever du jour, le ciel fut littéralement couvert de météores ! Personne ne fut insensible au phénomène, certains pensant même que la fin du monde arrivait...

Du côté des astronomes, on se passionna pour l'étude des météores et, pour la première fois, il fut remarqué que, lors d'une pluie d'étoiles filantes, les météores semblaient provenir d'un même point dans le ciel ; la notion de radiant venait d'être établie. De même, des études furent entreprises pour déterminer la trajectoire des particules et des recherches historiques permirent de retrouver la trace de pluies similaires dans le passé. On peut dire que de cette observation date la "création" de l'astronomie météoristique.

En ce qui concerne l'essaim du 12 et 13 novembre 1833, une conclusion fut rapidement tirée : son radiant – point apparent d'émergence des météores – était situé dans la constellation du Lion, à proximité de Gamma et Dzéta Léo, et cet essaim avait une recrudescence d'activité tous les trente-trois ans environ. Alors que, en période "normale", de 10 à 20 météores sont ob-

servés à l'heure lors des maximums, une cadence de plusieurs centaines, voire plusieurs milliers, d'étoiles filantes à l'heure est atteinte ! Ainsi, en 1866, de 2 000 à 5 000 météores par heure furent observés et, plus près de nous, en 1966, les astronomes soviétiques, depuis la zone polaire arctique, en dénombrèrent

près de 130 000 par heure !

Il est sûr maintenant que cet essaim est le résidu de poussières de la comète Tempel-Tuttle, découverte en 1866, dont la période est de 32,9 ans. Son prochain retour, et donc le prochain maximum, est prévu pour 1998 – raison de plus pour être vigilant dès maintenant. ■

ASTROPRATIQUE

Grossissements

Pour observer des détails, par exemple sur la Lune ou les planètes, il faut grossir suffisamment. Pour autant, il n'est pas possible d'appliquer n'importe quel grossissement ; des règles sont à respecter, faute de quoi l'image sera de mauvaise qualité et très peu lumineuse. La première chose est de savoir calculer le grossissement. Ce calcul est très simple : le grossissement est égal à la distance focale (de l'objectif ou du miroir) divisée par la focale de l'oculaire (le nombre exprimé en millimètres

gravé sur ce dernier). Prenons l'exemple d'une lunette de 60 mm de diamètre et de 800 mm de focale.

Avec un oculaire de 20 mm, le grossissement sera de $800 / 20 = 40$ fois. Le grossissement maximum est le grossissement au-delà duquel l'image est de mauvaise qualité, les possibilités de l'instrument étant alors dépassées. Il est égal au diamètre de l'appareil multiplié par 2,5.

Dans notre exemple, celui de la lunette de 60 mm sera de $60 \times 2,5 = 150$ fois. C'est un grossissement peu utilisé, si ce n'est pour observer les étoiles doubles. Plus intéressant est le grossissement utile.

En fait, il s'agit d'une fourchette définie de la façon suivante : le grossissement utile se situe entre un grossissement égal au diamètre et un grossissement égal au diamètre multiplié par 1,5. Pour un objectif de 60 mm, le grossissement utile est compris entre 60 fois (égal au diamètre) et $60 \times 1,5 = 90$ fois ($D \times 1,5$).

C'est dans ces limites que l'image aura la meilleure définition, en particulier pour observer les surfaces planétaires.



Un oculaire de qualité est nécessaire pour obtenir une image de haute définition (ici, un oculaire de 20 mm grand champ).

Le ciel de novembre

TAUREAU
Lune le 7

BÉLIER

ANDROMÈDE

Pégase

Lune le 29

Saturne VERSEAU

GRANDE OURSE

Polaire

Dragon

CASSIOPÉE

CEPHÉE

HERCULE

Vega

LYRE

CYGNE

Neptune

Uranus

Sud

Illustration : M. Roux-Saget

JEUDI 2

En soirée, vers 19 h, Mars, la planète rouge, sera en conjonction avec Antarès, dont le nom signifie "la rivale de Mars" en raison de sa coloration orangée.

VENDREDI 3

Toute la nuit, Saturne sera en conjonction avec la Lune. Le couple se trouvera en dessous du grand carré de Pégase.

JEUDI 9

L'étoile Delta du Taureau sera occultée par la Lune. Elle disparaîtra au bord illuminé vers 4 h 58 pour ne reparaître au bord opposé que vers 6 h 08.

VENDREDI 10

C'est tout de suite après le coucher du Soleil qu'il faudra,

aux jumelles, contempler le rapprochement de Vénus et d'Antarès, bas sur l'horizon ouest.

DU

MARDI 14

AU LUNDI 20

La Terre traversera

l'essaim des Léonides, des météores associés à la comète Tempel-Tuttle. Cet essaim est assez actif, avec un maximum le 18, et le voisinage de la nouvelle lune facilitera les observations.

SAMEDI 18

Les anneaux de Saturne redeviendront invisibles. Ils ne reparaîtront qu'en février 1996 et seront alors observables jusqu'en 2009.

VENDREDI 24

La Lune sera successivement en conjonction avec Jupiter, Mars et Vénus. A suivre en soirée après le coucher du Soleil.

Il y a 60 ans



La curieuse histoire d'une greffe

« La vie du greffon sur son support nourricier, le sujet, commence vraiment avec la création de tissus conducteurs nouveaux. Le renflement, ou bourrelet de greffe, dû à un ralentissement dans cette zone de la sève élaborée, est très important quand le greffon appartient à une espèce plus vigoureuse que le sujet, par exemple le poirier sur un cognassier. »

Protégeons les espèces naturelles

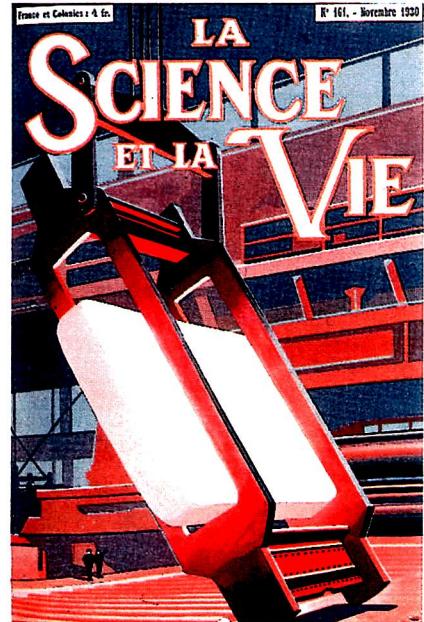
« C'est pour ne plus voir ce tableau de chasse d'une seule journée d'un chasseur en Afrique équatoriale, où zèbres, antilopes, éléphants, girafes, etc., sont massacrés inutilement que différents pays comme les Etats-Unis, la Belgique et l'Angleterre, dans leurs colonies, ont créé des parcs nationaux. »



Novembre 1930

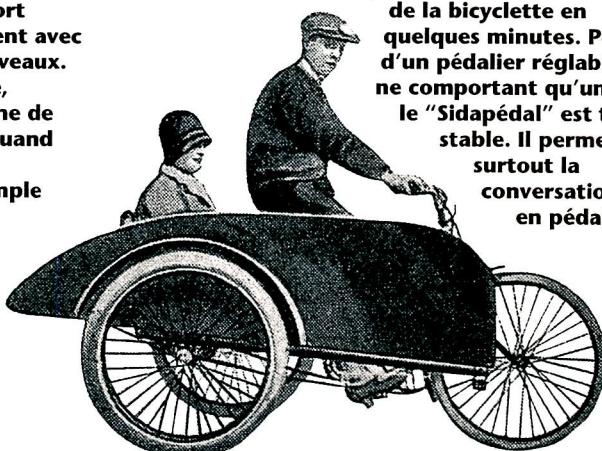
« Pour manipuler ce lourd lingot d'acier au nickel de 8 600 kg, sortant du four à 1 175 degrés,

l'industrie automobile a dû mettre au point des machines différentes, comme ces puissants laminoirs que l'on voit à l'arrière-plan. »



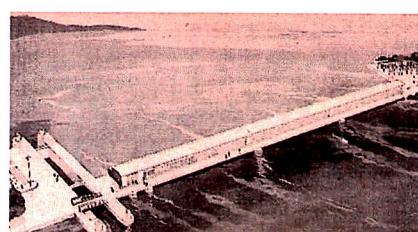
Le side-car à pédales

« M. Mochet a créé le "Sidapédal" qui s'accroche sur le côté de la bicyclette en quelques minutes. Pourvu d'un pédalier réglable, ne comportant qu'une roue, le "Sidapédal" est très stable. Il permet surtout la conversation tout en pédalant. »



Vers l'utilisation de la houille bleue

« On se préoccupe de mettre en valeur deux sources d'énergie : les marées et les vents. Ce projet d'usine marémotrice est destiné à l'équipement de l'estuaire de la Rance et serait capable de produire une puissance de 163 000 kilowatts. »



Maîtriser son diabète

Un système miniature portable capable de mesurer et d'afficher en continu le taux de la glycémie, capable également d'alerter l'utilisateur en cas d'hypo ou d'hyperglycémie : ce n'est plus un rêve inaccessible pour les 150 000 personnes atteintes, en France, de diabète insulinotraité. Un tel système existe déjà bel et bien. Il est composé d'un biocapteur de glucose miniature (0,25 mm de diamètre), implanté dans le tissu sous-cutané et connecté à un mini-système électronique portable qui traite, affiche et stocke les données transmises par le biocapteur.

VERS UN PANCRÉAS ARTIFICIEL

L'ensemble, électronique et logiciel, a été mis au point par le Centre de morphologie mathématique de l'école des Mines de Paris, sous la responsabilité scientifique du Dr J.-C. Klein. Deux autres organismes (l'université du Kansas et l'INSERM (Institut national de la santé et de la recherche médicale) participent à ce programme de recherche financé par les NIH (National Institutes of Health, équivalent américain du ministère de la Santé). Ils sont respectivement responsables de la fabrication du capteur et des évaluations cliniques qu'ils poursuivent depuis plus d'un an sur des volontaires diabétiques

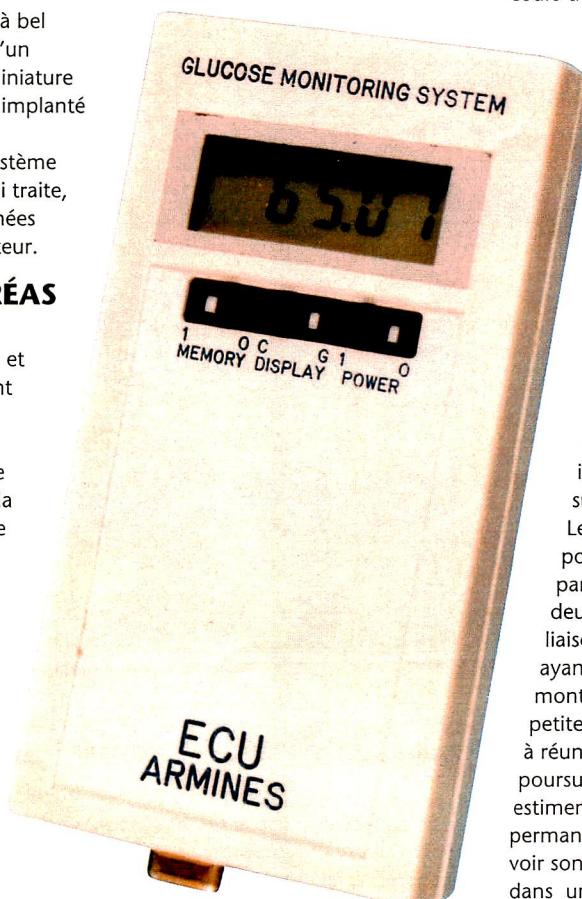
et non diabétiques. Rappelons quelques faits qui permettent de mesurer l'importance d'un tel système : Le diabète est la première cause de cécité acquise et, responsable d'une athérosclérose accélérée, il est aussi la première cause d'amputation des membres.

L'hyperglycémie chronique peut encore entraîner de graves désordres rénaux et neurologiques. Quant à l'hypoglycémie, lorsque le traitement est trop fort, on sait qu'elle entraîne fréquemment de dangereuses pertes de connaissance.

Or, toutes les études menées au cours des vingt dernières années le

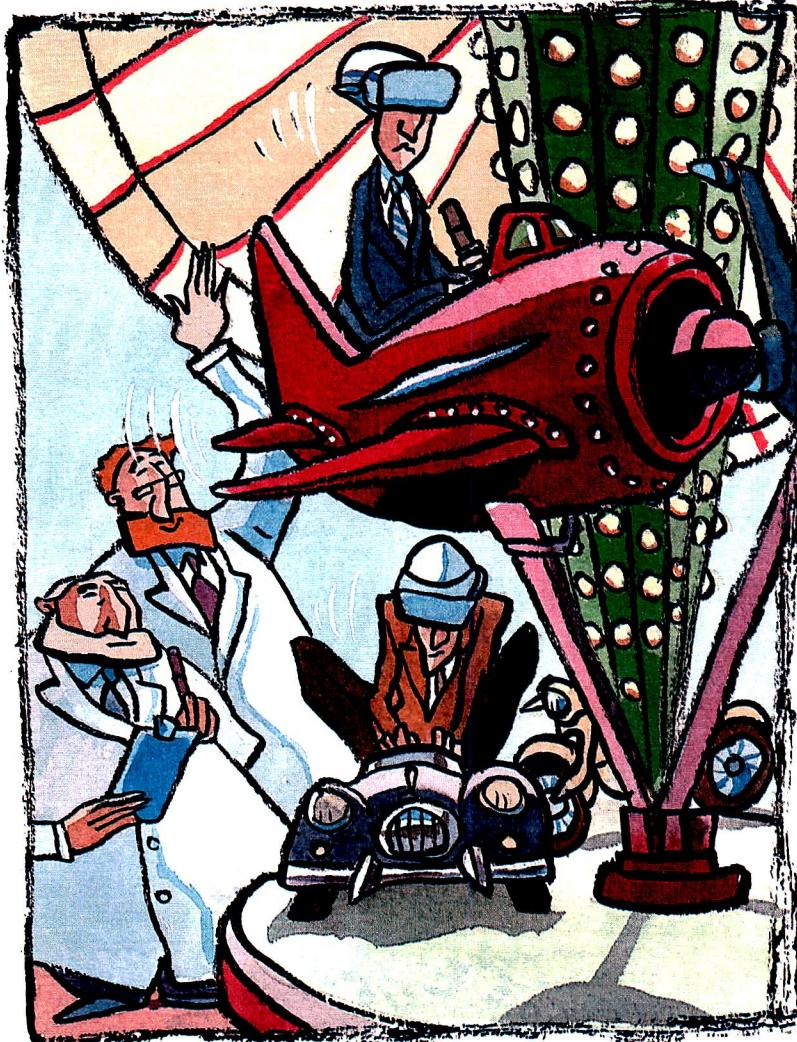
prouvent : c'est l'insuffisance du contrôle de la glycémie qui est responsable des complications tardives qui font toute la gravité du diabète. Les chercheurs viennent de déposer un premier brevet pour protéger leur acquis de manière internationale. Ils travaillent à la miniaturisation de leur système, condition indispensable de son futur succès commercial.

Le module électronique pourrait ainsi, par exemple, être éclaté en deux parties, communiquant liaison radioélectrique, l'une ayant la taille d'une grosse montre-bracelet, l'autre d'une petite calculette. S'ils parviennent à réunir les fonds nécessaires à la poursuite de leurs recherches, ils estiment que leur contrôleur permanent de glycémie pourrait voir son apparition sur le marché dans un délai de cinq ans. A plus long terme, le système pourrait déboucher sur une sorte de pancréas artificiel, dans lequel le capteur de glucose contrôlerait de manière continue le débit d'une pompe administrant l'insuline.



Un système portable qui affiche en permanence le taux de glycémie de l'utilisateur.

La dure réalité du virtuel



Dessins D. Cordonnier

M. Jérôme Grapinet, kinésithérapeute vestibulaire à Besançon, réagit à notre article paru dans le n° 936 de septembre 1995, p. 156, sur «les vertiges provoqués par les visières de réalité virtuelle. Or, il faut savoir que cet effet est bien réel et pas anodin. C'est

d'ailleurs ce système que nous utilisons pour traiter, avec une stimulation optocinétique, les cas de vertiges par la rééducation vestibulaire. Le patient est placé dans une pièce noire où est projetée, sur les quatre murs, une scène virtuelle en déplacement dans une direc-

tion et un sens choisis. Ceci déclenche un vertige appelé nystagmus optocinétique (mouvement provoqué des yeux), visible avec la caméra infrarouge appelée vidéonystagmoscopie. Le vertige provoqué sert de thérapie par son action sur les noyaux ves-

tibulaires centraux connectés à l'oreille interne.

» Ceci permet aussi de mettre le système de l'équilibre en conflit pour que le cerveau établisse une nouvelle stratégie d'équilibration. Et, là, il ne s'agit pas de se tromper de sens, pour le stimulus visuel, car cela agraverait la maladie du patient.

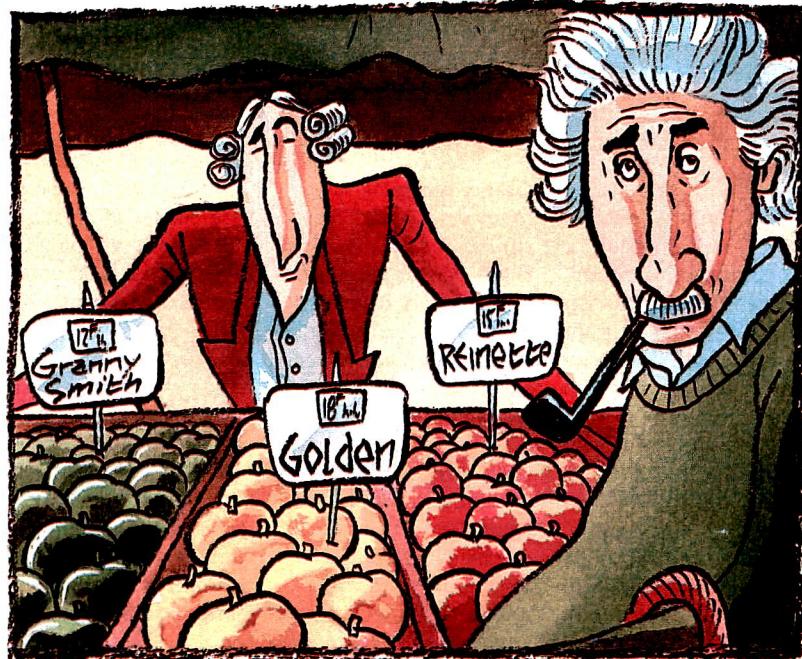
» Ainsi, il semble probable que les visières de réalité virtuelle, ayant cette capacité de stimulateur optocinétique, soient un danger potentiel pour certains utilisateurs : une utilisation prolongée déclenche un "mal de mer inversé", car le système visuel perçoit un mouvement que l'oreille interne ne constate pas. Généralement, une séance ne dépasse pas trente minutes, à cause de l'apparition de nausées (le thérapeute doit, lui, supporter plusieurs séances d'affilée).

» D'autre part, certaines personnes ont une sorte d'irritabilité naturelle du système de l'équilibre. Ce sont des gens facilement reconnaissables, car ils prétendent n'avoir jamais pu monter sur des manèges depuis leur enfance. Dans ce cas, assez fréquent, l'utilisation de la visière risque d'être un désastre.

» Et enfin, la réalité virtuelle, en provoquant ces vertiges, ne risque-t-elle pas de révéler des maladies latentes comme les divers syndromes ménieriformes, la sclérose en plaques, etc.? Ces utilisateurs incriminent alors les fabricants.»

■ Quand Newton trouble Einstein

M. Jocelyn Blanc, de Joinville-le-Pont, s'interroge sur la relativité générale, qui « définit la gravitation comme une accélération (se référer au "Science & Vie" n° 894 de mars 1992, page 46). Ce principe à la base de la relativité semble évident après réflexion, mais ses conséquences peuvent parfois s'avérer déroutantes. C'est sur le terme "accélération" et sur ce qui en découle dans les faits que les choses semblent se compliquer (de mon point de vue) : en effet, toute accélération implique un "accroissement de la vitesse, à un moment donné ou pendant un temps donné, d'un corps en mouvement" (je ne fais que citer le "Petit Larousse"). Cela implique donc que, si la gravitation est véritablement une accélération, la vitesse virtuelle à laquelle nous sommes censés être soumis en tant qu'êtres humains sur Terre est en perpétuelle augmentation. Cette même vi-



tesse devrait donc être infinie, puisque toujours plus grande... Une vitesse infinie, voilà de quoi révolter tout adepte de la relativité générale. Un principe qui est à la base de la relativité ne peut tout de même pas contredire ce qu'il permet d'établir !»

Bien que soumis à l'accélération de la pesanteur (autrement dit, à la gravitation terrestre), nous sommes fort heureusement arrêtés dans notre chute par le sol, qui, en exerçant sa force de réaction, équilibre celle-ci ! Et, même

dans l'hypothèse (haute-ment irréaliste) où nous nous trouverions dans un champ de pesanteur sans que rien ne nous arrête jamais (comme dans un puits sans fond), étant soumis à une accélération constante, nous verrions notre vitesse augmenter... Non pas jusqu'à l'infini, mais en tendant vers la vitesse de la lumière, sans jamais l'atteindre, tandis que notre masse augmenterait et que le temps nous semblerait se dilater. Car, quand la vitesse d'un corps

se rapproche de celle de la lumière, c'est la mécanique relativiste (d'Einstein) qui s'applique. La mécanique classique (de Newton) n'est qu'une approximation de celle d'Einstein, valable lorsque les vitesses en jeu sont petites comparées à celle de la lumière.

En outre, la définition que donne le Petit Larousse de l'accélération est incomplète. En effet, l'accélération n'est pas « la variation positive ou négative de la vitesse d'un corps », mais la variation de la vitesse en intensité (positive ou négative) ou en direction. Ainsi, quand un corps est animé d'un mouvement circulaire uniforme, sa vitesse est constante en intensité, mais change continuellement en direction : il subit donc une accélération – en l'occurrence, dirigée vers le centre du cercle. C'est le cas des planètes subissant l'attraction du Soleil (à peu de chose près, car, en réalité, leurs orbites sont elliptiques et non circulaires).

■ L'Univers me manque

« Je suis élève de 1^{re} S.ti, nous dit M. Alexandre Romano, de Bure-les-Templiers, et, un jour, la conversation avec mon professeur de physique m'a permis d'aborder un sujet énigmatique : la théorie de la masse manquante. Ce sujet est bien sûr hors programme, mais j'aurais aimé de plus amples informations. Est-il vrai qu'elle avoisinerait 90 % de la masse de l'Univers ? Comment a-t-on

pu émettre une telle hypothèse ?»

En fait, la masse manquante avoisine... 99 % de la masse estimée de l'Univers. Pour 9 %, on incrimine les planètes et les étoiles difficiles à voir. Les 90 % restant ont été évalués grâce à des études de la dynamique des galaxies (attirées vers des régions où l'on ne voit rien, etc.). Mais on ne sait absolument pas de quoi est faite cette matière manquante.

■ EDF : le prix de la vérité

A la suite de notre critique sur la vidéo "Le nucléaire, la fabuleuse aventure" (Science & Vie n° 936, p. 143), Jean-Pierre Bourdier, de la direction de la communication d'EDF, nous écrit : « Vous nous demandez "s'il est possible de parler du nucléaire sans éviter le problème fondamental de la rentabilité du kilowatt-heure d'origine nucléaire". Nous ne cherchons pas à éviter de parler du coût du kWh, et la situation est parfaitement transparente. Tout le monde peut se procurer le document "Les coûts de référence", édité par le ministère de l'Industrie et établi avec la collaboration de 57 experts spécialistes de l'ensemble des énergies.

Dans ce document, il apparaît que les coûts du kWh nucléaire sont environ 25 % moins élevés que ceux des kWh produits à partir de charbon ou de gaz en production de base, soit plus de six mois par an.

Il est souvent demandé si ces coûts intègrent ceux du retraitement du combustible, du stockage des déchets et du démantèlement des centrales à la fin de leur fonctionnement. Toutes ces charges sont effectivement prises en compte dans le prix payé par le consommateur. Les coûts à supporter ultérieurement – soit 100 milliards de francs pour le démantèlement des centrales et 12 milliards de francs pour le retraitement et le stockage des déchets – font l'objet de provisions.»

Effectivement, si l'on se base sur les affirmations d'EDF, tout va pour le mieux dans le meilleur des mondes. Cependant, cette relative transparence n'est pas si évidente qu'il y paraît. En effet, l'année dernière, Gérard Longuet (ministre de l'Industrie) et Michel Barnier (ministre de l'Environnement) avaient demandé à Jean-Pierre Souviron, un ancien directeur général de l'industrie, d'organiser un grand débat national sur l'énergie, qui a débouché sur un rapport de synthèse aux conclusions moins catégoriques que celles d'EDF.

Dans un chapitre intitulé "Etablissement des coûts de l'électricité" (p. 17), le rapport Souviron précise : « La rentabilité de l'électricité produite (...) dépend étroitement, du fait du quasi-monopole de distribution, de la comparaison avec les coûts d'Electricité de France (EDF), fondés essentiellement sur le prix du kilowatt-heure d'origine nucléaire. Or, les modes de calcul de ces coûts de référence sont contestés, accusés notamment de sous-estimer les coûts de gestion des combustibles usés, les effets du vieillissement des réacteurs, l'impact du démantèlement des installations nucléaires et la couverture du risque en cas d'accidents.»

Un peu plus loin, dans un chapitre intitulé "Transparence" (p. 18), le rapport Souviron exprime de nouveaux doutes : « Dans deux domaines au moins, il ap-

paraît difficile de bien connaître et de comprendre les politiques suivies [en matière énergétique – NDLR]. En premier lieu, les dépenses publiques de recherche et de développement dans le domaine de l'énergie et de l'environnement s'élèvent à plusieurs milliards de francs par an. Il est malaisé, pour un non-expert, de savoir à quoi cet argent est dépensé (...). En second lieu, le problème posé par la gestion de l'aval du cycle nucléaire (retraitement des combustibles usés, enfouissement profond des déchets...) présente aux yeux des Français un intérêt majeur. Il n'est pas sûr que la clarté des explications officielles entraîne la conviction générale.»

Nos ne sommes donc pas les seuls, contrairement à ce que semble penser la direction d'EDF, à nous interroger sur la rentabilité du kilowatt-heure d'origine nucléaire. Nous attendons – en tant que non-experts – une explication plus didactique. Merci d'avance.

■ Sortir de l'œuf

« Pourquoi, demande Mme Flora Auch, alors que toutes les cellules sont issues de la cellule-œuf initiale, et donc du même programme génétique, les cellules s'orientent-elles vers des voies différentes ? Par exemple, pourquoi une cellule ne deviendrait-elle pas plutôt cellule sanguine que cellule osseuse ?»

Dans la cellule-œuf initiale, ainsi que dans les cellules



qui résultent des premières divisions de cette cellule de départ, tous les gènes sont potentiellement actifs. Ces cellules sont dites totipotentes. Cependant, à un moment précis de la vie embryonnaire, un choix va se faire. Dans un groupe de cellules données – celles destinées, par exemple, à former les os –, toute une série de gènes vont être mis en sommeil. Dans un autre groupe, destiné, par exemple, à former la moelle osseuse et donc les cellules sanguines, c'est une autre série de gènes qui seront inhibés. N'ayant plus le même programmeur, ne produisant donc plus les mêmes protéines, les cellules vont se différencier et se spécialiser pour donner les os, le sang, etc.

Les groupes de cellules destinées à former les différents organes et à remplir



les différentes fonctions de l'organisme occupent des places bien précises dans l'embryon. La différenciation de ces groupes cellulaires se fait sous le contrôle de gènes qu'on s'attache actuellement à isoler. Mais pourquoi ces gènes entrent en action à tel moment et dans tel groupe de cellules plutôt que dans tel autre, on n'en sait toujours rien.

■ Le scoop de l'année !

M. Etienne Simian, de Saint-Martin-de-Crau, nous écrit avec humour.

« "Science & Vie" reconnaît enfin l'efficacité et le danger des dilutions homéopathiques !

» C'est ce que pourrait laisser croire une malencontreuse expression utilisée dans votre article sur

l'assassin de Napoléon (numéro 936 de septembre 1995, p. 10).

» En effet, on peut y lire que le comte de Montholon a empoisonné Napoléon "en assaisonnant son vin à l'arsenic, à doses homéopathiques, pendant quatre ans".

» Votre collaborateur qui avait testé sur sa personne l'innocuité des dilutions homéopathiques doit se retourner... sur son siège, son expérimentation ne l'ayant pas, fort heureusement, envoyé dans la tombe. N'avait-il pas ingurgité plusieurs tubes de granules pour vérifier l'exactitude de l'arithmétique qui montre qu'à de telles dilutions il n'y a aucune chance de trouver quelques molécules de produit actif ?

» Il faut croire que le comte de Montholon avait la main un peu lourde, et que ses dilutions n'avaient rien d'homéopathique, malheureusement pour Napoléon.

» Voilà une expression du langage courant qui ne traduit pas la réalité scientifique. »

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 d'octobre, posée par "5856" :

« Un pneu de voiture est gonflé à une pression de 2 kg/cm². Comment se fait-il que ce même pneu puisse exercer sur le sol une pression bien supérieure ? Cela me paraît un paradoxe mais semble normal à l'un de mes amis. S'il a raison, comment cela peut-il s'expliquer ? »

Vous oubliez que le pneu présente une surface de contact avec le sol. Supposons qu'elle soit assimilable à un rectangle de 10 cm x 15 cm, soit 150 cm². Pour un pneu gonflé à 2 kg, cela représente une force de 300 kg par roue, soit 1 200 kg au total. Si la voiture est plus lourde, le pneu s'écrase légèrement et augmente ainsi sa surface au sol. Dans le cas inverse, il la diminue en faisant remonter le véhicule.

■ Appel de mai 63

A la suite d'un malencontreux emprunt, la collection de la rédaction, à *Science & Vie*, est incomplète... Le numéro 548 de mai 1963 nous fait défaut. Un de nos lecteurs pourrait-il nous le céder ? Contacter Monique Vogt au 46 48 48 66.

30 grammes et 45 millions de mots

ENCYCLOPÆDIA UNIVERSALIS Edition 1995

Collection en 24 volumes : 7 900 F ; + CD-Rom : 9 400 F ; collection en 28 volumes : 9 400 F ; + CD-Rom : 10 900 F ; CD-Rom seul : 4 980 F.

Cette année, l'*Encyclopædia Universalis* pèse 30 grammes de plus : le poids du CD-Rom qui accompagne les 28 volumes classiques ! Pour cette édition sur support CD-Rom, *Universalis* s'est volontairement démarquée des autres productions dans ce domaine en jouant à fond la complémentarité de l'imprimé. On ne trouvera donc dans le CD-Rom ni séquences animées, ni cris d'animaux, ni notes de musique. En revanche, la fonction hypertexte a été largement développée. Entre les 22 000 articles originaux il existe un réseau serré de liens "intelligents", de correspondances et d'analogies, grâce à l'"Index raisonné", aux corrélatifs et aux renvois.

Voulez-vous interroger le CD-Rom sur Jean Cocteau ? Tapez "Cocteau" sur le clavier. Cliquez sur "Texte intégral" : une liste de 105 articles s'affiche à gauche de l'écran. Vous pouvez immédiatement consulter le sujet de votre choix. Choisissez par exemple "Radiguet". Dans ce texte, cliquez sur les mots "le Diable au corps", une nouvelle liste de quatre articles apparaît, et ainsi de suite, à l'infini.

Cependant, si vous n'avez pas seulement l'intention de surfer sur cet océan de connaissances, des outils spécifiques vous permettent d'affiner votre recherche. De plus,



vous pouvez imprimer directement ou transférer le résultat de vos investigations sur votre traitement de texte. Totalement inédite, la fonction "Conserver" permet de créer des dossiers personnalisés. Jacques Bersani, directeur général de l'*Encyclopædia Universalis*, précise la démarche éditoriale.

Science & Vie : « Pourquoi, à contre-courant de la tendance actuelle, avoir négligé l'image ? »

Jacques Bersani : « Pour une double raison, éditoriale et technique. Nous voulions intégrer la totalité des données texte de l'encyclopédie (soit 45 millions de mots) sur un support CD-Rom, avec les lo-

CD-Rom

giciels de navigation adaptés. Les 30 000 illustrations de l'édition imprimée ont une fonction documentaire, mais la difficulté de lecture de telles images est liée au problème de la résolution des écrans. Nous travaillons à d'autres types d'illustrations, mieux adaptées, en infographie et en 3D, que nous espérons pouvoir utiliser dans les prochains mois ou les prochaines années. »

S & V : « La rigueur, voire l'austérité de votre démarche, n'est-elle pas élitiste ? »

J. B. : « Le matériel des encyclopédies sur CD-Rom a souvent une valeur spectaculaire, qui peut plaire à un large public, mais il est didactiquement faible. Le CD-Rom de l'*Encyclopædia Universalis* n'est pas élitiste, au contraire, il offre une facilité d'accès incomparable, le texte est plus proche du lecteur, plus facilement accessible. »

S & V : « Les possesseurs actuels de l'édition imprimée bénéficient-ils de tarifs préférentiels pour l'achat du CD-Rom ? »

J. B. : « Depuis les origines, nous réservons à nos souscripteurs la possibilité d'acheter au rabais toute nouvelle édition. Les souscripteurs anciens et récents bénéficient, de la même manière, de conditions privilégiées pour acquérir l'édition CD-Rom. »

Propos recueillis par Jean-Luc Glock



Jacques Bersani

■ Un dictionnaire comme au cinéma

DICTIONNAIRE HACHETTE MULTIMÉDIA

690 F.

En même temps que l'*Encyclopædia Universalis*, Hachette propose un CD-Rom de son dictionnaire. Une autre démarche éditoriale qui mise sur toutes les possibilités offertes par les CD-Rom et pas seulement sur le texte. L'ensemble des "pages écran" proposées fonctionnent en

mode hypertexte. Il suffit donc de "cliquer" un mot dans une définition, un commentaire, voire la légende d'une photo pour que ce mot soit, à son tour, explicité.

Hachette a usé des possibilités du support CD-Rom : photos, animations, extraits de films d'actualité, musiques ou sons. Il est notamment possible de revivre les premiers pas sur la Lune, d'entendre le hululement de la chouette, de visualiser le fonctionnement d'un moteur à quatre temps ou d'observer les derniers clichés du virus du sida.

Henri-Pierre Penel

► Configuration requise : PC ou Macintosh multimédia.

..... Livres

■ L'épopée du réseau

Christian Huitema ET DIEU CREA L'INTERNET

Eyrolles, 200 p., 120 F.

Président de l'Internet Architecture Board, l'organisme qui supervise l'évolution technologique de ce réseau, l'auteur nous raconte ici l'épopée de sa mise en place. Des premiers réseaux, totalement incompatibles entre eux, à la grande normalisation de 1985,

chaque étape de cette naissance est présentée de manière simple et pleine d'humour. On apprend que cette installation a souvent provoqué des "remous" au sein des grands groupes de télécommunications. De même, sont abordés les problèmes de sécurité que pose un tel réseau, ou son avenir en tant que support publicitaire.

Ecrit sans trop de termes techniques, cet ouvrage se lit aisément, même pour un non "Internauta" et permet de se faire une idée précise de ce qu'est réellement ce réseau souvent critiqué par les médias. *H.-P. P.*

■ Voyage au centre de la mer

Patrick Geistdoerfer LA VIE DANS LES ABYSES

Pour la science/Belin, 95 p., 70 F.

Ce petit fascicule dense mais complet retrace les grandes expéditions océanographiques du siècle dernier et des récentes décennies, sans lesquelles nous ne saurions rien de la vie dans les abysses. Ces campagnes lointaines démontrent que la vie marine existe dans les profondeurs des océans, démentant ainsi la thèse officielle, qui prétendait qu'elle disparaissait au-delà de 600 m. Elles établirent aussi que les grands fonds sont peuplés des formes les plus évoluées de la vie marine : les poissons.

Si l'on excepte les campagnes françaises du *Travailleur* dans le golfe de Gascogne, du *Talisman* au large des îles du Cap Vert et les expéditions polaires du *Pourquoi pas ?*, toutes les grandes expéditions furent, jusqu'au milieu du xx^e siècle, britanniques. Il faudra attendre

1969

pour que la France relève le gant. Ce fut l'épopée du Cnemo, organisé à l'initiative du général de Gaulle et spécialisé dans l'exploitation des océans. Sous son impulsion, des campagnes d'abord pluridisciplinaires, puis à thèmes, ratisseront toutes les mers du globe.

De belles photos et des dessins fouillés rendent compte des formes marines bizarres et riches en couleurs rapportées de ces campagnes. Les autres chapitres (bioluminescence marine, hydrothermalisme sous-marin, exploitation des poissons des grandes profondeurs) sont aussi très instructifs.

Pierre Rossion ■ ■ ■



■ La galerie des merveilles

Yves Laissus

LE MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

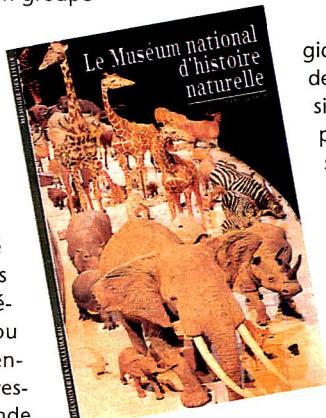
Découvertes Gallimard, 144 p., 82 F.

Tout le monde, un jour ou l'autre, est allé se promener au Jardin des Plantes, au milieu de ses parterres fleuris, à l'ombre de ses arbres centenaires... Mais que sait-on vraiment de la multiplicité des missions et de l'histoire complexe de l'une des plus nobles institutions françaises, fondée en 1635 ?

Depuis plus d'un an, le Muséum, pour bon nombre d'entre nous, c'est avant tout la Grande Galerie de l'évolution. Celle-ci cache, en fait, toute une armée de laboratoires, spécialisés dans un groupe

ou un autre du monde animal ou végétal. Ceux-ci inventent et classent inlassablement ce "matériaux" biologique, rapporté par les naturalistes voyageurs d'expéditions proches ou lointaines, ou envoyé par des correspondants du monde entier. Derrière la Grande Galerie (ou plutôt dessous), il y a aussi la zoothèque, cette réserve où est conservée la plus grande partie des spécimens. Mais le Muséum, ce n'est pas que cela : ce sont aussi des laboratoires de minéralogie, de biophysique, de conservation des espèces vivantes, ou le musée de l'Homme.

A côté de ces missions de recherche et de conservation, le Muséum se donne aussi une mission pédago-

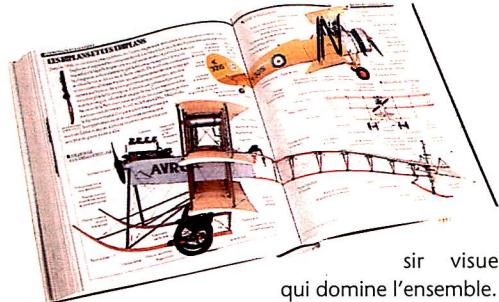


■ Le choc des images

VU Dictionnaire visuel pour tous

Gallimard Jeunesse, 640 p., 230 F.

A l'heure des encyclopédies sur support CD-Rom, Gallimard persiste et signe sur "papier" des ouvrages "visuels". Plus de 6 000 illustrations en couleurs, annonce l'éditeur (sans oublier les 30 000 termes explicités). Une promesse tenue au-delà de tout espoir. Car ce ne sont pas seulement les grands dessins (animant pratiquement chaque double page) qui sont soignés mais tout aussi bien les petits schémas, toujours clairs et explicatifs. C'est donc un véritable plai-



sir visuel

qui domine l'ensemble.

En ce qui concerne le texte, la qualité est aussi au rendez-vous. Avec leur découpage thématique ("Univers", "Préhistoire", "Animaux", "Corps humain", "Architecture", etc.), les sujets sont exposés en un minimum de mots et un maximum d'informations. Quelques photos viennent donner corps à la réalité, jamais gratuitement. Destiné aux jeunes curieux, mais à l'usage de tous sans exception, ce dictionnaire mérite d'être considéré comme un outil parfait pour une approche explicative du monde. Avec pour motivation principale le plaisir de comprendre. Un cadeau idéal, donc.

■ La "forme" sous toutes ses formes

LES SCIENCES DE LA FORME AUJOURD'HUI

Seuil, collection Points Sciences, 188 p., 44 F.

gique. Cela se traduit par des expositions, mais aussi dans les "antennes" permanentes du Muséum ouvertes au public : le zoo de Vincennes, l'arboretum de Chèvreloup, près du château de Versailles, le jardin botanique exotique de Menton, la station alpine de Samoëns en Haute-Savoie et les parcs zoologiques de Clères (Seine-Maritime) et d'Azay-le-Ferron (Indre)...

Dans un livre au format de poche magnifiquement illustré et richement documenté, Yves Laissus, ancien directeur de la bibliothèque centrale du Muséum, est sans doute le mieux placé pour nous faire rêver dans un autre espace et un autre temps. Sans doute est-ce bien là la preuve que nous ne saurions nous couper totalement de la nature...

Thierry Pilorge

La forme géométrique semble bien revenue sur le devant de la scène dans de nombreux domaines scientifiques, après avoir été un peu oubliée au profit de l'élémentaire. A preuve, ce livre qui réunit des entretiens diffusés sur France Culture avec quatorze scientifiques de disciplines aussi diverses que les mathématiques, l'astrophysique, la chimie, la physique des particules, et même l'informatique, l'acoustique, la linguistique et la philosophie.

Il n'y a, bien sûr, pas grand-chose de commun entre la notion de forme chez les particules élémentaires, la

forme des galaxies, celle d'un cristal en train de croître, l'apparition de formes géométriques dans les réactions chimiques, la morphogénèse biologique, l'analyse de la "forme" d'un son, etc. Et la plupart des tentatives de généralisation ou de rapprochements hasardeux suscitent plus de questions que de réponses. Ce livre a les défauts de ses qualités : des sujets aussi nombreux ne peuvent souvent qu'être effleurés, et on en reste parfois aux généralités. Mais cet aperçu de la forme sous toutes ses formes peut donner envie d'aller plus loin. *Hélène Guillermot*

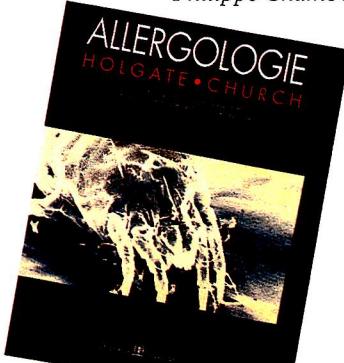
■ Les secrets de l'allergie

Stephen T. Holgate et Martin K. Church
ALLERGOLOGIE

DeBoeck Université, 324 p., 580 F.

Vous voulez tout savoir, ou presque, sur l'allergie, sur le système immunitaire, son fonctionnement, ses réactions, ses erreurs et les traitements adaptés ? Ce livre vous en apprendra plus qu'est censé en savoir votre médecin généraliste. Son niveau technique le destine aux étudiants et aux praticiens. Écrit par une quarantaine de sommités anglo-saxonnes de cette discipline, traduit par Sylvie Huet et révisé par le spécialiste français Francisque Leynadier, il est abondamment illustré de photos et de dessins particulièrement précis. Dans la même collection, les éditions DeBoeck ont déjà publié trois ouvrages de même facture sur l'immunologie.

Philippe Chambon



■ Saveurs et sabots

Michel Viard

LES FRUITS ET LÉGUMES DU MONDE

Hatier, 192 p., 198 F.



Alain Eid

et Michel Viard
LES MINÉRAUX DU MONDE

Hatier, 191 p., 198 F.

Elwyn Hartley Edwards
L'ENCYCLOPÉDIE DU CHEVAL ET DU PONEY

Bordas Nature, 400 p., 330 F.



C'est la saison des ouvrages encyclopédiques à offrir ou à se faire offrir. Il y en aura donc, n'en doutons pas, pour tous les goûts dans les librairies. Et, puisque les passions ne se discutent pas, les éditions Hatier ont pensé à ceux qui s'intéressent aux fruits et légumes. De la pomme d'Adam aux légumes transgéniques, chaque famille a une histoire, des parents innombrables, et des qualités variées à faire déguster des yeux. L'ouvrage, abondamment illustré, fait le tour de la question.

Dans la même collection, les amateurs de minéraux seront ravis. La large place accordée aux images permet d'apprécier l'incroyable diversité et la fascinante beauté des pierres. Les spécialistes le disent, chacune d'entre elles a une histoire, de la même façon qu'un organisme vivant : le texte en rappelle l'origine, sans la développer.

Enfin, pour les amoureux des chevaux et des poneys, Bordas propose une bible grand format. Beaucoup plus explicatif et didactique que les deux précédents, l'ouvrage présente chaque race (plus de 150 références) sur une double page avec une grande photo, la localisation d'origine, éventuellement un schéma précis

et des gravures d'époque. Les dix premiers chapitres retracent l'histoire générale du meilleur ami de l'homme, des peintures rupestres aux vedettes actuelles des courses hippiques. Une histoire commune aussi longue méritait bien une encyclopédie. *J.-F. R.*

■ Chimiste et gastronome

Hervé This

RÉVÉLATIONS GASTRONOMIQUES

Belin, 320 p., 130 F.

Alexandre Dumas disait à propos de l'assaisonnement d'une salade : « Il faudrait pour cette œuvre complexe un médecin, ou tout au moins un chimiste. » Pas de doute, Hervé This est cet homme-là. Ingénieur physico-chimiste et... gourmand, il a déjà si bien œuvré pour le progrès de l'art culinaire qu'il est membre aujourd'hui du club international Les Toques blanches et lauréat de l'Académie du chocolat (pour avoir ap-

pliqué le principe de l'émulsion chaude à une sauce hollandaise au chocolat !).

Dans son livre, Hervé This s'intéresse avec une curiosité inlassable aux innombrables recettes d'autan, qu'il passe au crible de ses expériences scientifiques. Sobrement, il en a sélectionné une cinquantaine, de l'apéritif au dessert, des plus rustiques (gougères, rôti de bœuf et frites, tarte à la rhubarbe, confiture de mûres) aux plus sophistiquées (rôti de porc à l'ananas façon Pravaz), toutes alléchantes.

Chaque recette est accompagnée de commentaires pédagogiques (l'auteur est rédacteur en chef adjoint de la revue *Pour la science*), de témoignages complices, de tours de main reconnus. Hervé This affectionne aussi les grands principes fédérateurs qui confirment ou tordent le cou aux "on dit que...". Ainsi, on doit effectivement jeter la farine d'un seul coup dans le beurre fondu, sinon seule la farine jetée en premier s'imbibe (une histoire d'eau qui s'immisce dans les molécules d'amidon).

Un glossaire initie le profane au jargon des cuisiniers. Malheureusement, les mots qui y renvoient ne sont pas signalés par une astérisque. Il faut donc prendre l'initiative de les y chercher. "Appareil", synonyme de préparation culinaire, y figure, mais pas "sabayon", clé de l'exécution de la "mousse glacée aux cerises". Pourtant, devant le sabayon, la physico-chimie déclare forfait : la nécessité de se servir d'une pincée de farine pour l'empêcher de grumele quand il chauffe reste encore un mystère. A élucider dans un prochain livre !

Marie-Laure Moinet

■ "Un livre sans égal"

Ernst Mayr

HISTOIRE DE LA BIOLOGIE Diversité, évolution et hérédité

Le Livre de poche,
vol. 1 : 636 p., 60 F ;
vol 2 : 1 205 p., 55 F.



Voici un panorama complet de la biologie, des origines à Darwin, pour le premier volume, de Darwin à nos jours, pour le second. Pas de schémas ni de dessins, seulement du texte, puisqu'il ne s'agit pas d'expliquer mais de raconter. Toutes les grandes découvertes de la biologie et toutes les théories sur l'hérédité, la diversité et l'évolution des espèces y sont exposées. Le dernier chapitre, en forme d'épilogue, est une passionnante

réflexion philosophique sur l'avenir de la biologie.

Publié aux Etats-Unis, en 1982, l'ouvrage fut salué par le prix Nobel François Jacob, lors de sa parution en France, en 1989, comme « un livre sans égal ». Compliment tout à fait justifié : Ernst Mayr, professeur à Harvard, est l'un des plus grands biologistes évolutionnistes du xx^e siècle.

P. R.

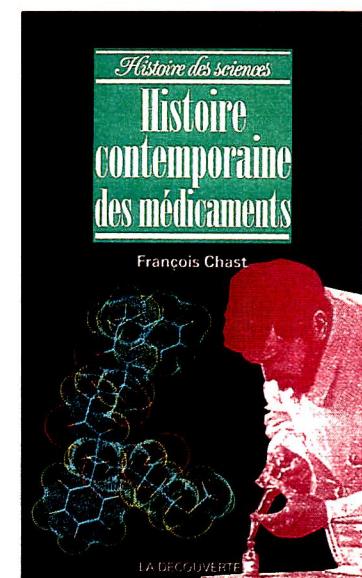
■ Dans la jungle des médicaments

François Chast

HISTOIRE CONTEMPORAINE DES MÉDICAMENTS

La Découverte, 388 p., 170 F.

Du premier "vrai" médicament – la première substance pure extraite d'une plante à usage thérapeutique – aux médicaments génétiques, l'histoire de la recherche pharmaceutique est jalonnée d'anecdotes, de traits de génie et d'incroyables coups de chance. L'ouvrage de François Chast, particulièrement dense, retrace les péripéties de ces découvertes dans le domaine de la douleur, des maladies du cerveau, des troubles cardiaques, des antibiotiques, de la chimiothérapie du cancer et de certains biomédicaments. Ne cherchant pas à être exhaustif, il écartera de son investi-



tigation la vaccination, l'hormonothérapie et la lutte contre les parasites. Un livre abordable par le néophyte, certainement plus utile qu'agréable à lire.

Ph. C.

36 15
SCV

Les forums de Science & Vie !
Les grands débats
de notre société.
Exprimez vos opinions.

..... Vidéo

■ Leçons d'anatomie à l'italienne

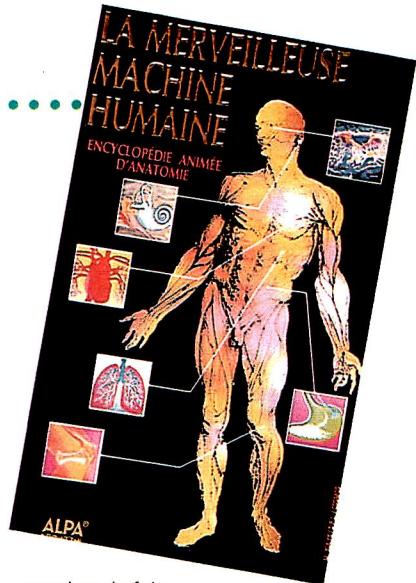
LA MERVEILLEUSE MACHINE HUMAINE Encyclopédie animée d'anatomie

Alpa International, 129 F.

Si la vulgarisation scientifique ne brille pas au firmament télévisuel français, on sait, en revanche, que l'Italie, l'Angleterre et l'Allemagne ne dédaignent pas les émissions de culture scientifique. Les éditions Alpa proposent, avec ce jeu de quatre cassettes vidéo, une compilation de huit émissions diffusées par la Rai Uno italienne. Chaque cassette regroupe deux thèmes (la vue avec le goût et l'odorat, les os avec l'oreille, le cœur avec

les poumons, et l'estomac et les intestins avec le foie).

Présentés par un animateur vedette, ces petits traités d'anatomie reprennent une idée déjà un peu ancienne : la taille du visiteur est adaptée à la taille des organes pour une visite guidée des multiples incrustations d'images prises au microscope. A la manière de François de Closets, l'animateur décrit les parties concernées et explique le fonctionnement des organes. Parfois, un point nécessite un film ou un reportage plus poussé réalisé avec les moyens techniques modernes mais non révolutionnaires (jamais de 3 D, ce qui pourtant serait parfaitement adapté au corps humain). Mais la plus grande partie du film se passe quand même en plateau, en compagnie de l'animateur : une présentation un peu froide et, on l'imagine, difficile à visionner un grand



nombre de fois.

D'un niveau scientifique toujours accessible au grand public, ce voyage dans le corps humain est une manière de démontrer que la science, même à la télévision, n'est pas condamnée aux émissions confidentielles.

J.-F. R. ■

SCIENCE & VIE

Publié par Excelsior Publications SA

Capital social : 11 100 000 F

durée : 99 ans.

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

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

Adresse télégraphique : Sienvie Paris.

Principaux associés :

Yveline Dupuy, Paul Dupuy.

DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : Paul Dupuy.

Directeur général : Jean-Pierre Beauvalet.

Directeur général-adjoint : François Fahys.

Directeur financier : Jacques Béhar.

Directeur marketing et commercial : Marie-Hélène Arbus.

Directeurs marketing et commercial-adjoints : Jean-Charles

Guérault, Patrick-Alexandre Sarradeil.

Directeur des études : Roger Goldberger.

Directeur de la fabrication : Pascal Rémy.

RÉDACTION

Rédacteur en chef : Jean-René Germain,

assisté de Marie-Anne Guffroy (documentation)

et Elisabeth Latsague (secrétariat).

Rédacteurs en chef-adjoints : Jean-François

Robredo, Didier Dubrana, Gérard Morice,

assisté de Monique Vogt. Secrétaire

général de la rédaction : Norbert Régina.

Secrétaires de rédaction : Françoise Sergent,

Nadine Raguet, Agnès Marillier, Jean-Luc

Glock. Rédacteurs : Renaud de La Taille,

Pierre Rossion, Marie-Laure Moinet,

Henri-Pierre Penel, Isabelle Bourdial, Thierry

Pilorge, Alexandre Dorozynski, Philippe Chambon. Conception graphique et direction artistique : Gilles Moine. Maquette : Lionel Croson, Elisabeth de Garrigues. Service photo : Anne Levy. Correspondante à New York : Sheila Kraft, PO Box 1860, Hemlock Farms Hawley PA, 18428 Etats-Unis.

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO
Jean-Eudes Arlot, Michel Brassinne, Sonia Feerchak, José-Alain Fralon, Hélène Guillemot, Philippe Henarejos, Roman Ikonicoff, Eric Kalis, Philippe Lagrange, Emmanuelle Müller, Jean-Luc Siegel, Marielle Véteau.

RELATIONS EXTRÉIEURES.

Michèle Hilling, Guylaine Brehin.
PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdéco, 23 rue Baudin, BP 311, 92303 Levallois-Perret Cedex, tél. : 1 41 34 82 08. Directeur commercial :

Gilles de Bédelièvre. Directrice de la publicité : Véronique Moulin. Directrice de clientèle : Isabelle Sommet. Chef de marques : Jérôme Garrido.

À NOS LECTEURS

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

SERVICES COMMERCIAUX

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

ABONNEMENTS

Relations clientèles abonnés : service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 1 46 48 47 08 (à partir de 9 h). Tarifs : un an, 12 numéros, 253 F ; un an, 12 numéros + 4 hors-série, 328 F ; un an, 12 numéros + 6 cahiers, 413 F ; un an, 12 numéros + 4 hors-série + 6 cahiers, 488 F. Aux USA et au Canada : Periodica Inc. - C.P. 444, Outremont, Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse : Naville, case postale 1211, Genève 1, Suisse. En Belgique : Presse abonnements, 90 bd du Souverain, 1170 Bruxelles. Autres pays : nous consulter.

A NOS ABONNES

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,80 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec *Science & Vie* sauf opposition motivée.

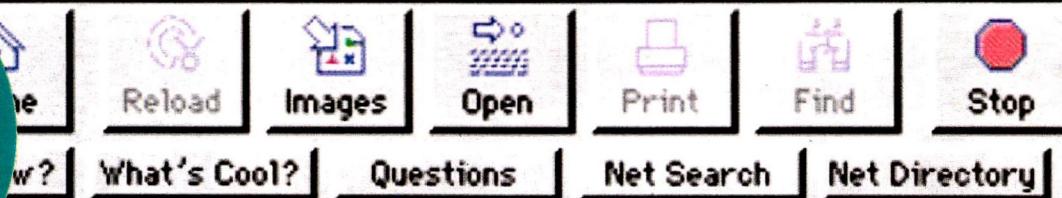
Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

La rédaction ne reçoit que sur rendez-vous.

Copyright 1989 *Science & Vie*.





Surfez sur Internet

De l'Antarctique à Jupiter

Ne pas manquer le journal de voyage de l'expédition "Circum Polaris", de Jean-Louis Etienne, parti le 2 août dernier sur *l'Antarctica* pour faire le tour complet du pôle. Positions, récits, mesures scientifiques : tout est là pour nous faire partager son aventure, pour apprendre... mais aussi pour rêver ! La bonne adresse :

<http://www.polaris.cict.fr:8050>

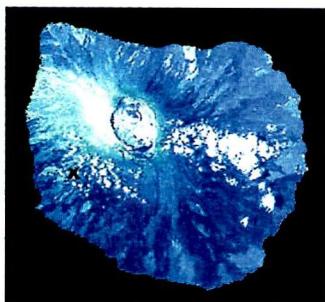
Un suivi permanent du volcanisme mondial... Toutes les éruptions en cours ainsi que les plus récentes. Et des symboles de volcans à "cliquer" sur une carte du monde pour appeler sur votre écran les fiches signalétiques de ceux-ci et les photos correspondantes. Vivez la volcanologie en temps réel, sur les traces d'Haroun Tazieff !

Le monde des volcans est accessible par l'adresse générique suivante :

<http://volcano.und.nodak.edu/>

Et l'activité en temps réel par :

http://volcano.und.nodak.edu/vwdocs/current_volcs/current.html



Nous disposons, ce mois-ci du moins, de la possibilité de mieux connaître notre globe et de le voir "vivre" sous nos yeux. Et pas seulement sous la forme météo classique, mais selon d'autres variables, telles que l'humidité, la température ou les vents... La cartographie permanente de l'Europe en mode infrarouge est particulièrement fascinante : **<http://rs560.cl.msu.edu/weather/>**

Enfin, consultez le calendrier de l'actualité spatiale (avec les derniers avatars des sondes qui foncent en ce moment même dans l'espace) et la liste des dates à ne pas manquer :

<http://newproducts.jpl.nasa.gov/calendar/calendar.html>

En ce qui concerne la sonde *Magellan*, rendez-vous le 7 décembre pour l'entrée de Galiléo dans l'atmosphère de Jupiter et son insertion orbitale, le jour suivant.

Bandes dessinées

L'histoire des sciences montre que les mythes, et notamment les plus modernes, ceux dont raffole la science-fiction, ne sont pas à négliger, car ils sont à l'origine de bien des passions scientifiques et donc de bien des découvertes. Aussi les passionnés de SF suivront avec plaisir ses évolutions de 1989 à nos jours, par l'accès : **<http://www.calvacom.fr/XLII/SFYEAR/SFYEAR.html>**

et bandes cryptées !

Si, au hasard de vos pérégrinations cybernétiques, l'étincelle de la création vous venait, il est indispensable de connaître tout ce qui concerne la protection des inventions et donc les brevets : **<http://www.imaginet.fr>** vous y aidera.

Autre mode de protection : la cryptographie ! Une adresse où sont rassemblés tous les programmes à télécharger pour ensuite encrypter vos textes, sans oublier le fameux "Lucifer", le plus puissant des détecteurs de failles et donc de pénétration dans les réseaux informatiques. Un bon moyen de se protéger contre les hackers, les pirates de l'information : **http://www.openmarket.com/info/cryptography/applied_cryptography.html**

Le conseil du mois

LA RÉPONSE D'APPLE À MICROSOFT : E-WORLD

Les adresses de services mises à jour quasi-quotidiennement sur la "toile d'araignée mondiale" (World Wide Web, ou WWW) d'Internet, sont un complément précieux à nos propres dossiers ou actualités. C'est dire que ce sont des services que vous pourrez consulter de semaine en semaine, voire de jour en jour, pour faire le point sur les thèmes de votre choix, ou sur ceux que l'actualité impose – pour ensuite les oublier....

Avec Windows 95, Microsoft offre une "interface réseau" particulièrement attractive et conviviale : MSN (Microsoft Network). Apple contre-attaque en proposant e-World. Ce réseau, constitué d'un maillage de serveurs *on line*, donc accessibles de n'importe quel point du globe, est actuellement exclusivement au standard Apple. Cependant, d'ici la fin de l'année, ce service devrait également s'ouvrir aux PC sous Windows.

En France, e-World possède l'avantage d'être déjà décentralisé : un habitant de Grenoble ou de Toulouse peut accéder à un serveur de liaison e-World tout en payant la communication téléphonique au tarif local.

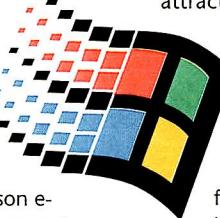
Disponible depuis plus d'un an aux

Etats-Unis et en Angleterre, e-World compte déjà plus de

100 000 abonnés. Enfin, e-World possède une passerelle Internet. Un abonné à ce réseau peut utiliser forums, bases de données et boîtes aux lettres e-World, mais également accéder à l'ensemble des services Internet : messagerie, transferts de fichiers FTP, serveurs de News, serveurs Web, etc.

Notons que les tarifs pratiqués par Apple sur ce réseau sont également attractifs. L'abonnement

mensuel, comprenant une heure de liaison gratuite, est offert au prix de 9,95 dollars (environ 50 F). Les liaisons sont facturées à 9,95 dollars de l'heure. De plus, il est possible de tester e-World sans aucun risque puisque, actuellement, Apple propose pour le lancement d'e-World en France un abonnement d'essai gratuit incluant deux heures de communication. Esprits curieux, profitez-en...



Recherche Président

Ce CD Rom de jeux vous propose 5 scénarios se déroulant dans des villes aux réalités économiques très différentes : Côme, Göteborg, Vancouver, Cleveland et les îles Caïman. Une règle d'or : prospérer, afin d'accroître la puissance financière de votre groupe. Pour vous faciliter la tâche, faites-vous assister de conseillers financiers...

Notons qu'il s'agit ici d'un jeu évolutif : il est possible de télécharger de nouvelles situations. Vous pouvez aussi participer à un concours mondial *on line* du meilleur manager.

L'intérêt majeur de ce CD Rom, diffusé par Infogramme, réside dans le réalisme des simulations et l'ouverture de jeu qu'offre le téléchargement.

100% Page 1

Paris Virtuel

Grâce à QuickTime VR, votre Macintosh vous proposera bientôt de visiter Paris sans bouger de votre fauteuil !

Ce logiciel offre une vision à 360° des sites "visités" : une multitude de photographies ont été numérisées, puis assemblées sous forme de cylindres. Lorsque l'observateur se trouve dans un cylindre, il peut tourner sur lui-même et observer toutes les parties du paysage qui l'entoure.

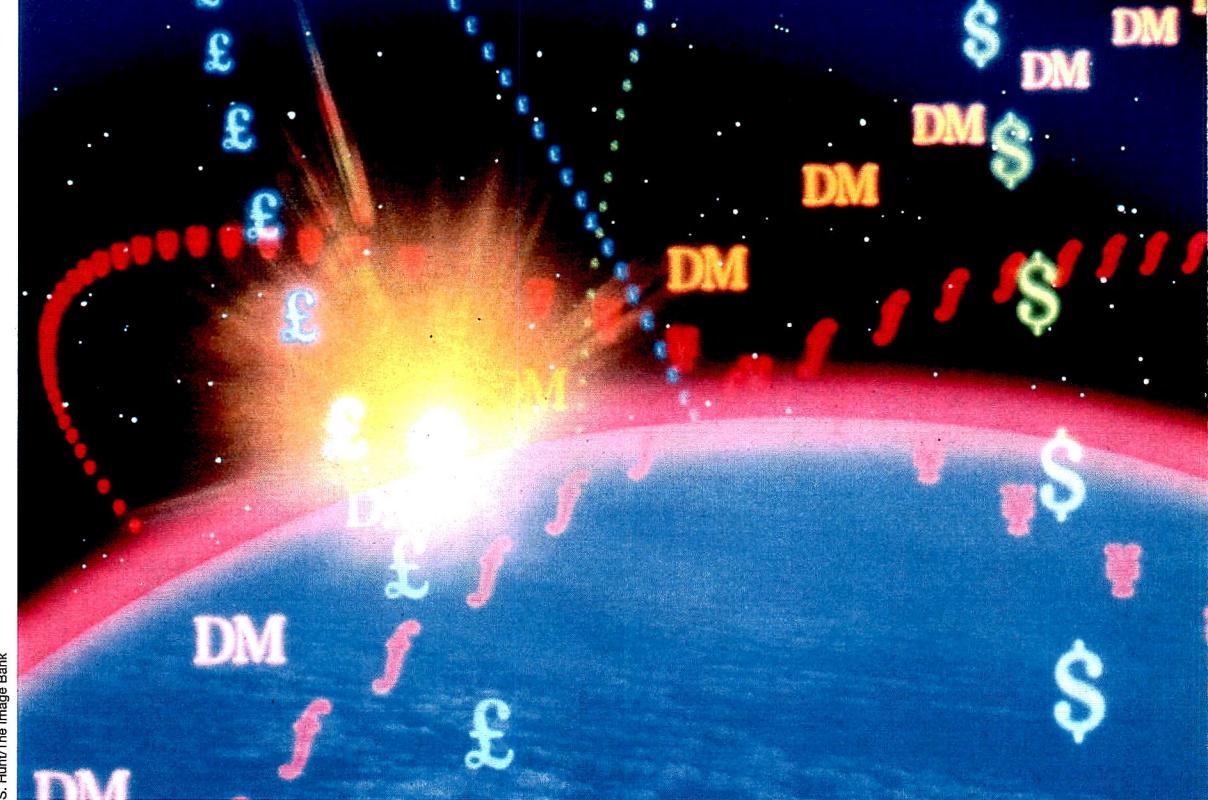
Quand l'utilisateur se déplace, l'ordinateur recalcule immédiatement les perspectives ainsi que

la taille respective de chaque portion de cylindre afin de rendre la vision cohérente avec le déplacement. La zone vers laquelle on avance est zoomée, alors que celle dont on s'éloigne est rapetissée. Toute l'astuce du logiciel consiste à réaliser des changements de cylindre sans que cela soit perceptible pour le promeneur.

Quo qu'il en soit, le résultat est assez saisissant. Une visite virtuelle qui devrait être proposée sur CD Rom d'ici la fin de l'année pour moins de 400 F.

100% Page 1

UN MONDE SANS ARGENT



S. Hunt/The Image Bank

■ Bientôt, plus de pièces dans les poches : le porte-monnaie électronique les remplacera. Aujourd'hui déjà, à travers le monde, des transactions colossales passent uniquement par les écrans. Nous sommes entrés dans l'ère de l'argent virtuel. Avec des avantages indéniables et d'immenses dangers, des "raids" terroristes au blanchiment de l'argent sale.

PAR JOSÉ-ALAIN FRALON

Les "hackers" sont de retour, et avec les honneurs de la guerre. Voilà que les principales banques et entreprises informatiques américaines, groupées dans un consortium prestigieux, viennent de faire officiellement appel à ces "pirates", dont le talent s'exerçait naguère à leurs dépens dans la recherche des mille et une manières de violer les systèmes de sécurité mis au point pour protéger ce qui va sans doute constituer une révolution de plus de cette fin du xx^e siècle : les chèques électroniques. Pendant une année, ces pirates, réunis en équipes, vont donc être copieusement rémunérés pour



C. O'Rear/Cosmos

GOLDEN boys

Les jeunes loups de la finance brassent des sommes colossales. Mais ils ne spéculent plus sur des objets concrets, ils jouent maintenant sur des "options".

que le système puisse être officiellement mis en œuvre sans risquer d'être détourné.

De quoi s'agit-il ? Tout simplement de se servir du réseau Internet pour se livrer à des opérations financières. Les chèques "classiques"

seront ainsi remplacés par des chèques électroniques. Utilisant une signature numérique codifiée, les opérateurs pourront se livrer à toute transaction depuis leur ordinateur. « Le système, estime John Doggett, directeur du développement de la Bank of Boston, fonctionne de la même manière que pour les chèques-papier, sauf qu'il est meilleur. » Quand on sait que plus de 30 millions de personnes et 20 000 entreprises sont en mesure d'utiliser Internet et que ce chiffre croît de... 10 % par mois, on mesure l'impact de cette nouvelle technique de transactions financières.

Celle-ci n'est certes pas la première innovation visant à remplacer l'argent sonnant, trébuchant et mystique de la cassette d'Harpa-gon ou de la réserve de Fort-Knox. La progression exponentielle des nouveaux modes de paiement invite néanmoins à se poser la question : va-t-on vivre demain, c'est-à-dire tout de suite, dans un monde sans "argent" ?

Les historiens font remarquer que ce ne sera pas la première fois dans l'histoire de l'humanité, puisqu'ils font remonter à "seulement" sept siècles avant notre ère l'apparition des premières pièces de monnaie. Ils ajoutent que les Russes attendront, eux, le XII^e siècle pour utiliser des pièces métalliques. Celles-ci auront d'ailleurs du mal à s'imposer comme moyen de paiement, puisque, au XVIII^e siècle, il n'était pas rare de voir les transactions s'effectuer à l'aide de peaux de zibeline. La monnaie – et ce n'est pas dénué d'intérêt de le noter au moment où l'on évoque sa disparition – a pratiquement toujours eu, outre sa valeur nominale, une valeur symbolique, quasi métaphysique. Elle a été symbole du

pouvoir – ainsi du privilège de "battre monnaie", réservé aux seigneurs puis aux Etats – et, partant, de la fidélisation, de l'allégeance, de la croyance. Elle a été le moyen, à Rome, de diviser la population en classes (le cens) et, le soir des batailles d'Ivan le Terrible, de comptabiliser les vivants et les morts.

Au XVIII^e siècle, l'apparition des "billets de monnaie" – les économistes parlent du « passage de la monnaie métallique à la monnaie scripturale fiduciaire » – va constituer la première rupture, le premier pas, timide, vers une virtualisation de l'argent. Le deuxième pas, plus important, sera franchi un siècle plus tard, avec l'introduction des chèques. On s'éloigne déjà considérablement de la matérialité de la monnaie, puisqu'un chèque représente une potentialité et n'a d'autre valeur que la signature d'un autre agent économique. Le chèque reste, en France, l'instrument de paiement le plus utilisé : il s'en est échangé 4,9 milliards en 1994.

PLUS DE RISQUE DE FRAUDE

La généralisation des virements bancaires a précipité aussi cette marche vers un monde sans argent. Fini le temps où, en fin de semaine, l'ouvrier recevait sa paye des mains du contremaître, où la famille répartissait les billets dans différentes enveloppes. Le salaire est maintenant versé directement sur le compte en banque, qui est aussitôt débité par différents virements permanents.

L'introduction, puis la généralisation, des cartes de crédit a encore accentué le rythme de la révolution. Apparues au début des années cinquante aux Etats-Unis pour les *happy few*, membres d'American Express ou du Diner's Club, elles ont franchi l'Atlantique dix ans plus tard pour s'imposer, notamment en France, comme un moyen de paiement privilégié. Surtout depuis l'introduction, en 1975, de la carte à puce, plus sûre puisqu'elle est dotée d'un système de code personnel, se- ■■■

cret, et que certains imaginent déjà de renforcer cette sécurité en introduisant d'autres éléments de vérification dans la carte, qui stockera de multiples informations sur son véritable propriétaire : photographie, empreintes digitales, voire enregistrement de la voix.

Détenues par 23 millions de Français, les cartes ont permis, en 1994, près de 1,7 milliard de règlements chez plus de 530 000 commerçants affiliés et 0,7 milliard de retraits d'espèces dans les 20 000

distributeurs de billets et guichets automatiques installés dans l'Hexagone. L'utilisation de la carte de crédit devrait encore se développer avec la multiplication des achats par téléphone, par l'intermédiaire de la télévision ou encore par minitel, dont la dernière génération a permis de renforcer la sécurité de ces achats. Le numéro de carte n'est plus envoyé au commerçant sur le réseau téléphonique public, ce qui laissait toujours planer un risque de fraude. L'utilisateur in-

troit directement son code confidentiel dans un lecteur de carte connecté à son minitel.

Chèques, cartes de crédit, achats par téléphone ou minitel, virements permanents pour le loyer ou les impôts, sans oublier les multiples cartes, prépayées, évitant de mettre des pièces pour téléphoner dans une cabine publique ou pour acquitter le péage à l'entrée des autoroutes... Encore faudrait-il, pour l'avènement de ce monde sans argent, que disparaîsse cette "mi-

LE MAILLAGE DES RÉSEAUX BANCAIRES

Le simple fait de glisser une carte dans le lecteur d'un distributeur de billets entraîne une masse de traitement informatique qu'on imagine mal. Derrière le message « Nous traitons votre demande » se cache une multitude d'appels téléphoniques passés automatiquement par la machine. En effet, pour limiter le piratage, tous les distributeurs fonctionnent actuellement *on line*. C'est-à-dire

que toute délivrance de billets est précédée d'un contrôle auprès d'un centre informatique. Le distributeur s'assure que la carte n'est pas volée ni frappée d'opposition ou que le compte est suffisamment approvisionné.

Si ce système offre une indéniable amélioration de la sécurité des paiements, il exige une impressionnante quantité de liaisons informatiques. Le plus souvent,

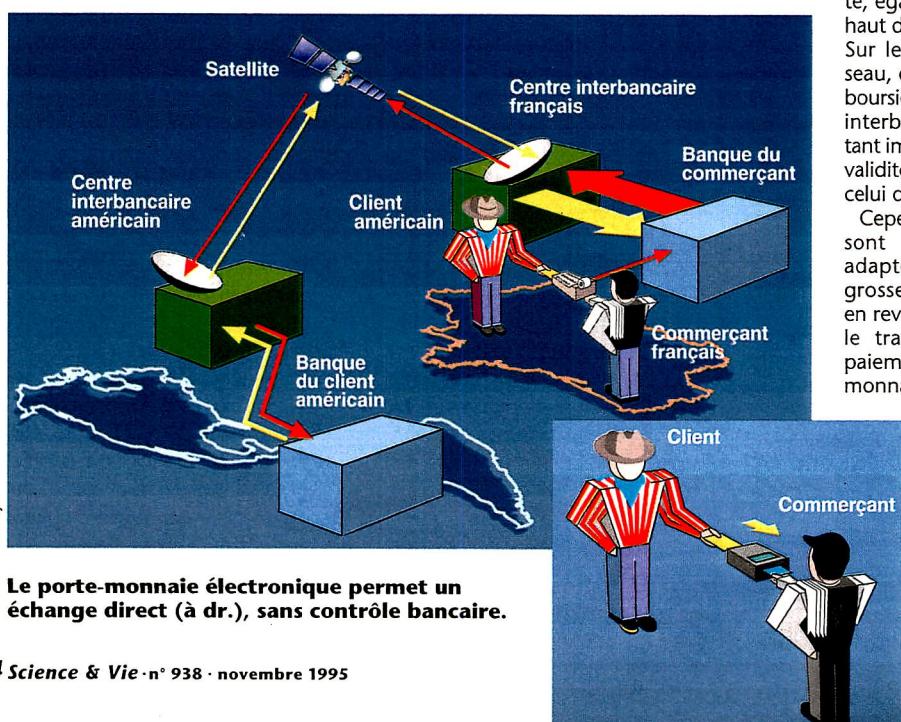
le commerçant et le client n'ont pas la même banque. Pour mettre les comptes à jour et créditer ou débiter les sommes, de nouvelles liaisons informatiques s'établissent. Elles ont lieu, cette fois-ci, entre centres informatiques bancaires. Ici, inversement au cas précédent, on n'utilise plus le réseau téléphonique habituel, mais des liaisons spécialisées de type Transpac, louées à France Télécom.

On est resté au niveau national. Mais qu'en est-il lorsqu'un touriste règle un restaurant parisien avec sa carte délivrée par une banque américaine. Même pour quelques centaines de francs, son "opération bancaire" va transiter par le réseau international. Ce sont alors des centres informatiques interbancaires qui assurent la liaison. Leur interconnexion est assurée par fibre optique ou par satellite, également avec un très haut débit de transmission. Sur le même type de réseau, on trouve les liaisons boursières ou des virements interbancaires d'un montant impressionnant dont la validité ne tient qu'à un fil : celui du téléphone.

Cependant, si ces réseaux sont indispensables et adaptés à la gestion de grosses sommes, ils sont, en revanche, engorgés par le traitement des petits paiements. La carte portemonnaie pourrait résoudre ce problème,

puisque, cette fois, la transaction s'effectue localement entre la carte à puce du client et le lecteur du commerçant.

H.-P. Penel



traille" encombrant nos poches et servant à réaliser nos multiples "petits" achats. (En France, sur un nombre de 40 milliards de paiements en espèces par an, 20 seraient inférieurs à 10 F, d'après le Conseil national du crédit.) Le "porte-monnaie électronique" sera là pour y remédier.

Il s'agit de généraliser le principe de la carte téléphonique, qui remplace le classique jeton par une unité comprise dans une carte prépayée. Dans le porte-monnaie électronique, ce sont les pièces, ou les petits billets, qui seront remplacés par des unités. Le commerçant sera équipé d'un terminal, comme pour les cartes de crédit. Toute la question est de savoir si le marchand de journaux ou le patron de bistrot acceptera de payer une taxe, même minime, pour l'achat d'un quotidien ou d'un café. A moins que ce ne soit le consommateur lui-même qui surpasse la carte. « Il n'est pas du tout évident, peut-on lire dans la revue *Que choisir* ? que le consommateur accepte de payer ce moyen de paiement, même s'il identifie clairement l'utilité économique du système, sous forme de gain de temps et de commodité par accès à des automates. » En effet, les chèques et les espèces sont gratuits, pourquoi payer une carte ?

LES CASINOS AUSSI...

Les unités comprises dans cette carte ayant été dépensées, soit la carte ne vaut plus rien et l'on s'en débarrasse, soit elle est rechargeable. Par exemple, dans un centre automatique où l'on pourrait remettre des unités dans son porte-monnaie électronique à l'aide de sa carte de crédit. Pourquoi, alors, ne pas se contenter d'une seule carte pour tout payer ? Les fonctions des deux cartes sont différentes : si je paie avec ma carte de crédit, le commerçant va s'assurer, par un coup de téléphone à un centre, que mon compte en banque peut assumer ma dépense. Pas besoin de telles précautions avec le porte-monnaie élec-

Une CARTE pour PAYER son PAIN

C'est le premier porte-monnaie électronique. Il est expérimenté en Belgique depuis le début de l'année.



Pouvant contenir 800 FF, la carte Proton peut être réapprovisionnée grâce à l'un des 1 100 distributeurs du réseau.



Photos : Banksys

tronique, puisque celui-ci est, d'avance, "chargé". Ainsi la carte de paiement, qui n'est pas personnelle, pourrait être prêtée à un tiers, comme une carte de téléphone.

Du Danemark à l'Afrique du Sud, en passant par la Belgique ou le Portugal, des expériences sont en cours pour tester l'efficacité des porte-monnaie électroniques. Ainsi, dans deux villes de Belgique, les consommateurs peuvent utiliser le système Proton pour payer leur pain, leurs journaux, leurs tickets de bus, voire les parcmètres, sans la moindre pièce de monnaie. Dès la mi-1996, le projet pourrait être étendu à toute la Belgique. La carte peut être chargée auprès des

1,7 milliard de règlements par carte bancaire en 1994

banques pour une somme allant de 100 à 5 000 francs belges (de 16 à 800 FF). Grâce à un code secret, la carte peut aussi être réapprovisionnée dans des distributeurs de billets. L'utilisateur doit acquitter une redevance annuelle de 32 FF, tandis que le commerçant doit acheter un terminal, fixe ou mobile, revenant à environ 2 500 FF.

■ ■ ■ Les choses sont plus avancées encore au Portugal, où les 35 000 guichets automatiques utilisés par les possesseurs de cartes de crédit sont en train d'être adaptés pour permettre de recharger les portemonnaie électroniques.

Pour Marc Lassus, P.-DG de Gemplus, la société française la plus en flèche dans ce secteur, « il y a urgence à créer un porte-monnaie

quand même, le bruit des pièces qui tombent, en cas de gain, dans la coupelle de la machine. Les gros joueurs pourraient avoir une carte spéciale à leur nom.

Le jeu auquel se livrent depuis quelques années des milliers de ceux qu'on appelle encore les *golden boys* concerne des sommes autrement plus importantes et montre à quel point nous sommes entrés, en matière financière, dans l'ère de la virtualité. Finies les spéculations sur des objets concrets : cacao, mines de fer ou puits de pétrole. On joue maintenant sur des « options », qui n'ont plus aucun rapport avec une quelconque production. Tout est virtuel, sauf les commissions, faramineuses, que perçoivent ces opérateurs du troisième type ou les krachs, aussi colossaux, qu'ils peuvent provoquer.

Les avantages de ce « monde sans monnaie » sont indéniables. Il est plus commode d'avoir une ou deux cartes sur soi que d'avoir les poches bourrées de monnaie. Il est aussi moins coûteux et moins compliqué

Un porte-monnaie européen chargé en écus

électronique européen, qui serait chargé en écus virtuels ». De quoi, selon lui, faciliter le passage, si controversé, à la monnaie unique européenne. La France est un peu en retard en ce qui concerne les expérimentations de porte-monnaie électronique, les pouvoirs publics bloquant pour le moment l'entrée en fonction d'un système généraliste.

A La Ciotat (Bouches-du-Rhône), Gemplus a imaginé un décor permettant de se faire une idée plus concrète des différentes applications possibles de la carte à puce. Celle-ci est d'abord chargée de monnaie électronique. Puis, devant le cinéma de quartier, elle ouvre un écran permettant de choisir son film et de payer l'entrée. Si on reste chez soi, la carte permet l'accès aux émissions de télévision payante ou aux réseaux de télévision interactive. Même chose devant la station de métro fictive : il suffit de présenter sa carte pour que le portillon s'ouvre.

Voilà que les casinos sont en train de réfléchir, eux aussi, aux moyens de passer à la monnaie électronique. Les « bandits manchots » (machines à sous) ou les vidéopokers vont apprendre à travailler avec des cartes, tout en simulant,

de fabriquer des cartes de crédit que d'imprimer de la monnaie ou de frapper des pièces. Avantage, aussi, pour les voyageurs, qui pourront se rendre d'un pays à l'autre sans redouter un changeur malhonnête.

DES MILLIARDS SE VOLATILISENT

Pourtant, la miniaturisation et la démonétisation présentent des risques importants. Le voleur moderne, qui dérobe une carte de crédit et parvient à en forcer le code d'accès, dispose de beaucoup plus d'argent (ou de services) que l'antique voleur à la tire, qui ne prenait que ce que sa victime avait sur elle...

Au niveau macro-économique, les dangers sont immenses, à la mesure des sommes virtuelles transistant sur les réseaux informatiques. Une erreur, volontaire ou non, et des milliards se volatilisent ! On peut imaginer des mouvements terroristes, surtout s'ils peuvent s'appuyer sur l'infrastructure technologique d'un pays, qui voudraient saboter ou détourner les réseaux de l'argent virtuel. Les Etats risquent de se voir ainsi exclus du contrôle d'une masse d'« argent » de plus en plus importante.

Autre péril : les possibilités offertes au blanchiment de l'argent sale. « Il apparaît de plus en plus probable, écrit le Pr Romeo Cimino, de l'université de Trieste, que l'utilisation des marchés télématiques et des nouveaux instruments financiers favorise le blanchiment de l'argent. Ces moyens permettent de transférer en quelques instants les capitaux d'un pays à l'autre, sans déplacement matériel et de façon quasi anonyme. Ils permettent de faire passer des milliers de fois ces mêmes capitaux par les paradis fiscaux, éventuellement avec une justification économique, et de les transférer, enfin, sur son propre compte, une fois qu'ils sont parfaitement blanchis et justifiés par une activité totalement lícite. »



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

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

Témoignage historique mais aussi valeur sentimentale, cette remarquable collection vous fait remonter le temps.

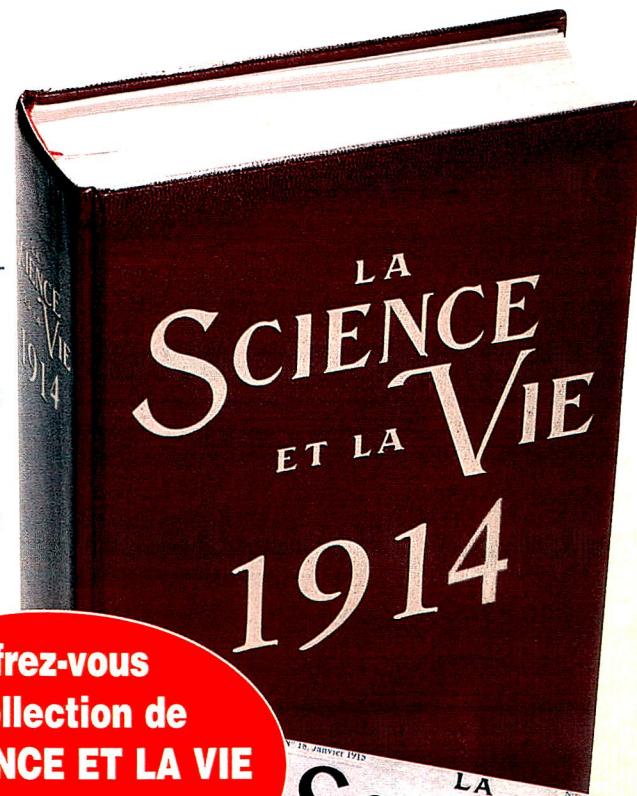
Alors chez vous, pour vous, réservez un emplacement de choix à ce document aussi rare qu'intelligent.

Souscrivez à la collection complète de l'année 1914 de LA SCIENCE & LA VIE au prix extraordinaire de **373 francs** seulement. Vous recevrez personnellement votre volume relié comprenant ces neuf numéros d'exception.



VOLUME INTROUVABLE DANS LE COMMERCE

PHOTOS NON CONTRACTUELLES



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



BON DE COMMANDE

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

OUI

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

Je joins mon règlement de **399 francs** à l'ordre de Science & Vie.

J'ai bien noté que je recevrai le (ou les) volume (s) commandé (s), directement à mon domicile en novembre 1995.

* Prix unitaire pour la France métropolitaine.

Offre valable jusqu'à fin 95

Nom _____
Prénom _____
Adresse _____
Code postal _____ Ville _____

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

RCS Paris B 572 134 773

SV 938

FUTURS

C'EST DÉJÀ DEMAIN !

par Philippe Chambon

En télécommandant des robots lunaires depuis un parc d'attraction, un Américain espère gagner, bien sûr, beaucoup de dollars, mais aussi susciter chez ses concitoyens un regain d'intérêt pour l'espace.



© 1995 - Mark Maxwell for Luna Corp.

LOISIRS

UNE MINE D'OR SUR LA LUNE ?

David Gump, un Américain fana d'espace, veut transformer la Lune en parc d'attraction. Son projet : envoyer sur notre satellite des robots télécommandés depuis une base terrestre située dans un parc d'attraction. Le lanceur pourrait être une fusée russe (elles doivent être en solde). Pour mener à bien son entreprise, il a créé la société Luna Corp., qui doit réunir la somme rondelette de 163 millions de dol-

lars : 80 pour le lancement, 40 pour le poste de commande et 43 pour les robots. Lesquels robots devront être réalisés en double exemplaire au cas où ils tomberaient en panne.

Une fois posés sur le sol lunaire, ils devront parcourir quelque mille kilomètres pour rejoindre l'emplacement où les hommes de la mission Apollo ont planté le drapeau américain.

Gump compte rentabiliser

l'opération avec les entrées du parc, la vente des vidéos prises sur la Lune et de toutes les autres informations relatives à la mission. Les scientifiques de la Nasa voient le projet d'un bon œil. Ils espèrent que l'engouement du public relancera l'industrie spatiale, actuellement en bien mauvaise passe. Pour l'instant, les capitaux ne semblent pas se bousculer. Lancement prévu en 1998... si tout va bien.

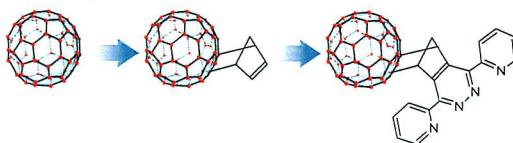
Nourritures virtuelles

■ Dernier avatar de la cybersociété, le supermarché à l'écran. La société britannique Insys met au point un logiciel pour faire, virtuellement, de vraies courses dans un décor de présentoirs chargés de victuailles. Vous désignerez d'un simple clic les produits à livrer chez vous. Pour amateurs de gastronomie sous plastique et autres raffinements du monde moderne.

CHIMIE

Le footballène sort sa pince

Grâce à des chimistes australiens, certains fullerènes, variétés cristallines de carbone, sont capables de capturer des ions métalliques comme le cuivre ou l'iridium. Un précieux outil pour contrôler les réactions d'oxydation utilisées dans la production pharmaceutique ou agrochimique. Le fullerène est un des trois états connus du carbone, avec le graphite et le diamant. Les Australiens sont partis d'un



Pour capturer les ions métalliques, on prend une molécule de footballène, et on lui greffe une molécule comprenant 4 atomes d'azote.

fullerène nommé footballène – il a la forme d'un ballon de foot. Ils lui ont greffé une molécule comprenant

4 atomes d'azote qui attire les ions métalliques et les capture comme le ferait une pince.

J.-L.S.

Cadres surmenés désirent procréer sans sexe

■ Observation sans données statistiques mais inquiétante : plusieurs médecins britanniques spécialistes de l'insémination artificielle reçoivent de plus en plus de couples qui souhaitent avoir des enfants alors qu'ils n'ont aucun problème de fertilité. Ce qui les amène ? Ils ont renoncé à se reproduire par les moyens naturels, soit par simple désintérêt pour les choses du sexe, soit par manque de temps. Ces couples de cadres supérieurs surmenés n'ont plus l'énergie de faire l'amour assez souvent et au bon moment pour concevoir un enfant. Où trouveront-ils le temps de l'élever ?

Devenez immortels

■ Frottez une compresse stérile sur l'intérieur de votre joue, vous collecterez ainsi des milliers de vos cellules. Enfermez-la dans une boîte tout aussi stérile et envoyez-la à Third Millennium Research. Cette société américaine se chargera d'extraire l'ADN de vos cellules et de le stocker dans un conteneur à l'épreuve du temps (garanti dix mille ans). Les créateurs de ce nouveau service estiment que, dans un avenir plus ou moins lointain, la science sera capable de reconstituer ainsi un clone de vous. Mais qui aura envie de faire vivre votre jumeau ?

DÉTECTION

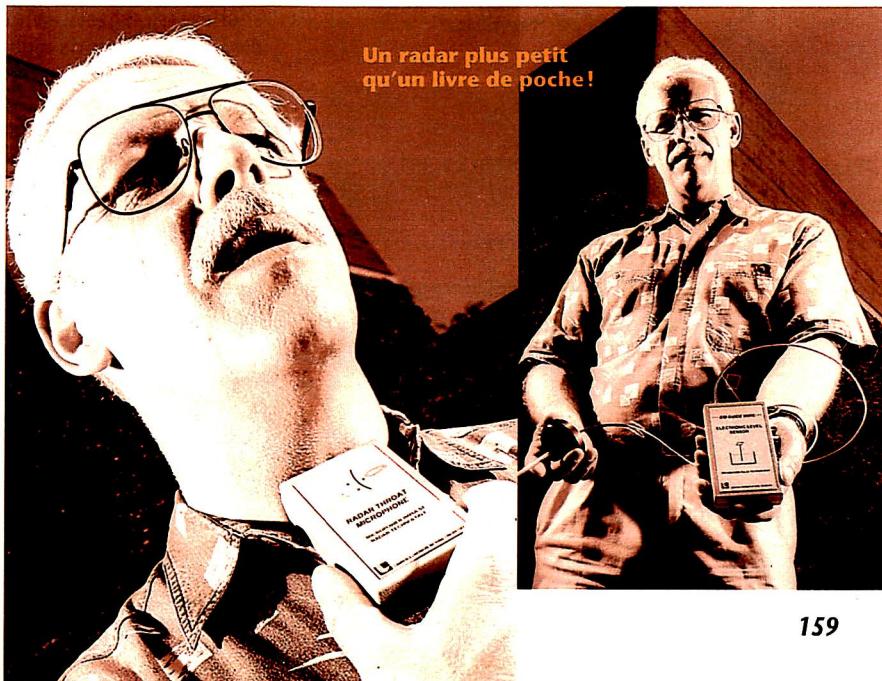
UN RADAR POUR 50 F

Le radar à pulsations inventé par Tom McEwan, au Lawrence Livermore Laboratory, en Californie, tient dans la main et fonctionne avec des piles.

Malgré sa petite taille et son faible coût – pas plus de 10 dollars –, ses performances sont exception-

nelles. Il permet, notamment, de visualiser à travers la peau le mouvement d'un organe comme le cœur, sans radiations nocives. Ses applications sont multiples.

Les premières versions commerciales arriveront sur le marché américain d'ici à deux ans.



Michael Sextan

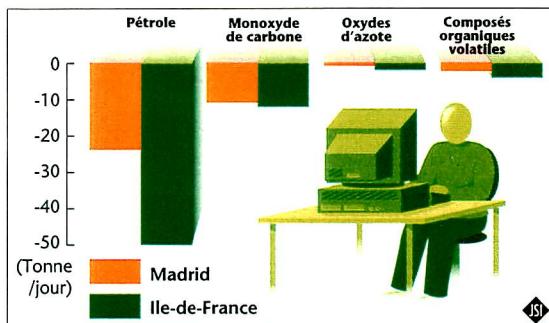
Le cauchemar des garagistes

■ D'ici à quinze ans, l'électronique représentera 25 % du prix des voitures (10 % aujourd'hui). Toutes les fonctions électriques seront gérées par un ordinateur central dont les constructeurs ne veulent communiquer le code d'accès qu'à leurs seuls concessionnaires. Les petits garagistes y voient leur ruine et s'insurgent contre ce monopole.

SOCIÉTÉ

Télétravail contre pollution

Le télétravail pourrait réduire d'environ 7 % les trajets professionnels dans les grandes villes européennes. C'est le résultat d'une étude menée sous les auspices de la Commission européenne. Cette réduction des déplacements domicile-travail devrait contribuer à l'amélioration de la qualité de la



Le télétravail a entraîné, à Madrid comme en Ile-de-France, une diminution de la pollution grâce à une baisse de la consommation de pétrole.

vie et à la diminution de la pollution des villes.

Mais, en dépit des prédictions optimistes depuis

l'avènement du modem, le télétravail n'a toujours pas rencontré le succès escompté.

TECHNOLOGIE

MULTIMÉDIA AU POIGNET

■ Délire d'ingénieur, ce bracelet-montre peut éventuellement donner l'heure. Mais ce n'est qu'une de ses fonctions annexes, car il sert aussi d'ordinateur-visophone-téléviseur-radio-agenda. Ce prototype futuriste de Philips n'est pour l'instant qu'un exercice de style. Il n'est pas exclu qu'il soit commercialisé un jour.

La multinationale néerlandaise s'est donné un délai de sept ans pour vérifier si ce "terminal multimédia embarqué" est



MÉTÉOROLOGIE

LE CLIMAT DANS CENT ANS

Dans un avis aux Etats membres de l'ONU, des experts du climat annoncent leurs nouvelles prévisions pour 2100 : le niveau des mers aura monté de 46 cm, les maxima de chaleur, de précipitations et de sécheresse seront plus élevés, les glaciers de montagne moins étendus et la couverture neigeuse réduite dans l'hémisphère Nord.

Ces modifications, dues pour une large part à l'émission de gaz à effet de serre, pourront avoir des effets bénéfiques, tels que l'adoucissement des températures dans les climats nordiques, l'accroissement des ressources en eau dans les régions semi-arides et l'amélioration des rendements agricoles dans les régions tempérées.

Au chapitre des effets néfastes : la baisse des rendements agricoles dans les zones intertropicales, l'expansion des déserts chauds, la disparition de grandes étendues forestières.

Ces prévisions sont cependant à prendre avec plus de prudence encore que celles de la météo du week-end. Si les modèles informatiques ne cessent de se perfectionner et d'intégrer de nouveaux paramètres, l'extraordinaire complexité des phénomènes climatiques et leurs multiples interactions échappent encore à l'analyse. Les résultats sont donc loin de faire l'unanimité chez les scientifiques. ■

● Ont collaboré à cette rubrique : Jean-Luc Siegel et Henri-Pierre Penel.

MULTIMEDIA WORLD SHOW

SALON DU 22 AU 26 NOVEMBRE - PARIS - PORTE DE VERSAILLES

Souvenez-vous

22
NOV

du jour

23 NOV

24 NOV

où vous

25
NOV

comprendrez tout

26 NOV

au multimédia !

de 10h à 22h du 22 au 24 nov.
de 9h à 19h les 25 et 26 nov.

**SALON
INTERNATIONAL
DE LA HIGH-TECH
DE LOISIRS**



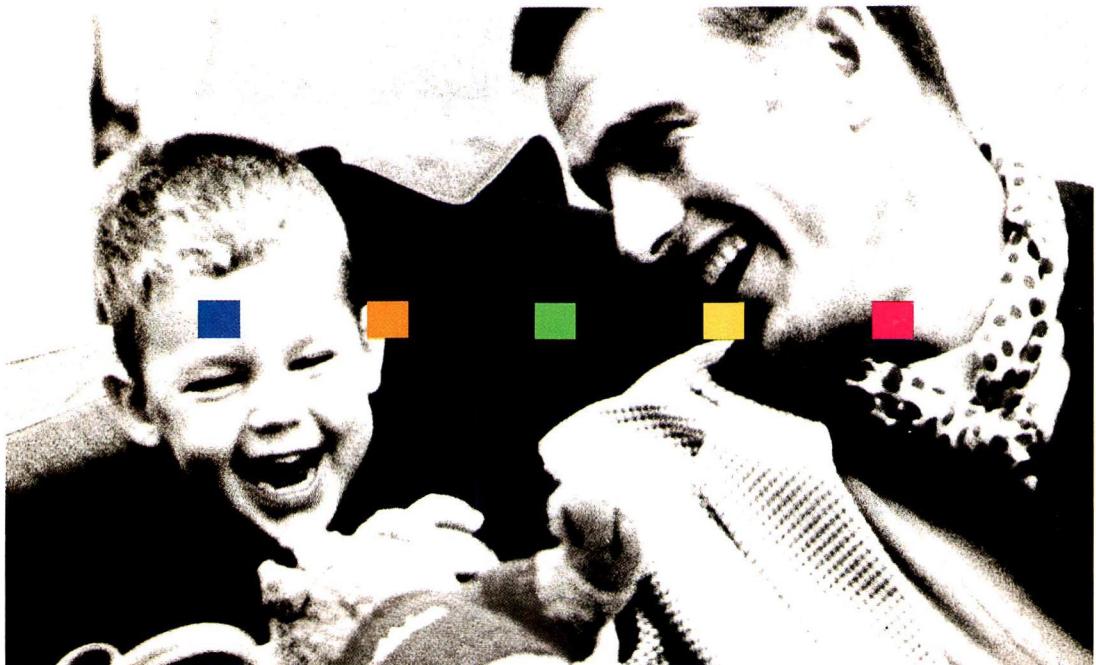
SUPERGAMES

BLEUELINE RENSEIGNEMENTS AU 47 56 51 71



Paris
Porte de Versailles

Le nouvel
Observateur



Aujourd'hui la **liberté**
c'est d'être informé sans être dérangé.

KOBBY

**Choisissez les bonnes couleurs
de la Radiomessagerie.**

Kobby est un petit récepteur pour recevoir des messages, un moyen **efficace** et simple pour vous joindre et vous informer à tout moment, en toute **liberté**, par téléphone, micro-ordinateur ou minitel. Avec Kobby, vous disposez d'un choix de **services**, les services d'informations de l'agence Reuter, le transfert d'appel de votre téléphone (fixe ou GSM), et d'un choix de solutions informatiques tel Kobby Solutions pour Windows. Le service Kobby couvre déjà de nombreuses régions* et sera bientôt étendu à l'ensemble de la France. **Liberté, Efficacité, Service**. Avec KOBBY choisissez les bonnes couleurs de la Radiomessagerie.

Kobby est un service d'Infomobile, une société du groupe Bouygues.

Pour en savoir plus, appelez notre

N°Azur 36 63 20 00

ou 36 15 Kobby. (0,12 F, puis 0,85 F la minute TTC)
ou Internet : <http://kobby.worldnet.net>

