

SCIENCE & VIE

MENSUEL - N° 897

JUIN 1992

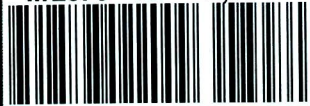
L'AFFAIRE DU GAZ DANS LE CERVEAU

● **DOSSIER
EXCLUSIF :**
tout sur
les écoutes
téléphoniques

● **Antimissiles :**
la bulle
protectrice
française

● **L'image
des premiers
instants
de l'Univers**

M2578 - 897 - 22,00 F



160 FB - 6,50 FS - \$ can 3,75 - 750 Ptas - 625 Esc - 30 Dh - 3000 Dt - 5500 L - 4,75 \$US NYC - RCI 1595 F CFA - 1035 CFP

Film Kodak Ektar.



Photo Stéphane Sedraoui

Sa très haute définition défie la réalité.

Grâce à la très haute définition et à la finesse de grain extrême du film Ektar, chaque nuance de couleur, chaque détail de la réalité est parfaitement restitué. Au-delà d'une gamme complète 25, 100 et 1000 ISO, le système Ektar témoigne d'une exigence de qualité absolue depuis la prise de vues jusqu'au tirage sur papier Kodak.

Kodak. Toujours un déclic d'avance.



SCIENCE & VIE

Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.

Capital social : 2 294 000 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 : JACQUES DUPUY, 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 commercial publicité : PATRICIA BRAULT

Directeur marketing et commercial : FRANCIS JALUZOT

Directeur des études : ROGER GOLDBERGER

● RÉDACTION

Rédacteur en chef : PHILIPPE COUSIN

Rédacteur en chef adjoint : GERALD MESSADIÉ

Chef des informations,

rédacteur en chef adjoint : JEAN-RENÉ GERMAIN

Rédacteur en chef adjoint : GÉRARD MORICE,

assisté de MONIQUE VOGT

Rédacteur en chef édition : ÉLIAS AWAD

Secrétaires de rédaction : FRANÇOISE SERGENT, NADINE RAGUET

Rédacteurs : RENAUD DE LA TAILLE, ALEXANDRE DOROZYNSKI,

PIERRE ROSSIGNOL, JACQUES MARSAULT, PIERRE COURBIER,

CHRISTINE MERCIER, JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR,

MARIE-LAURE MOINET, ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER,

DIDIER DUBRANA, HENRI-PIERRE PENEL, MARC MENNESSIER,

ISABELLE BOURDIAL, THIERRY PILORGE

Secrétaires : MARIE-ANNE GUFFROY, PAULE DARCONNAT

● ILLUSTRATION

ANNE LÉVY

Photographe : MILTOS TOSCAS

● DOCUMENTATION

EMMANUELLE BILLON-BERNHEIM

● CONCEPTION GRAPHIQUE

CHRISTINE VAN DAELE

● MAQUETTE

LIONEL CROOSON

● RELATIONS EXTÉRIEURES

MICHELLE HILLING,

assistée de NATHALIE HAPILLON

● SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements et marketing direct : PATRICK-ALEXANDRE SARRADEIL,

assisté de BRIGITTE CROUZAT

Vente au numéro : JEAN-CHARLES GUERULT,

assisté de MARIE CRIBIER

Téléphone vert : 05 43 42 08 (réservé aux dépositaires)

Belgique : A.M.P., 1 rue de la Petite-Isle, 10.70 Bruxelles

● CORRESPONDANTS

New York : SHEILA KRAFT, PO Box 1860, Hemlock Farms,

Hawley PA 18428 - USA

● PUBLICITÉ

EXCELSIOR PUBLICITÉ INTERDECO

27 rue de Berri, 75008 Paris. Tél. : (1) 44 35 11 98

Directeur de la publicité : RICHARD TZIPINE-BERGER

Chef de publicité : KARINE PARENT

● À NOS LECTEURS

Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT. Tél. : (1) 46 48 48 66

CHANTAL POIRIER. Tél. : (1) 46 48 47 18

Relations abonnés : par téléphone : (1) 46 48 47 08 (de 9 h à 12 h),

par courrier : Service abonnements,

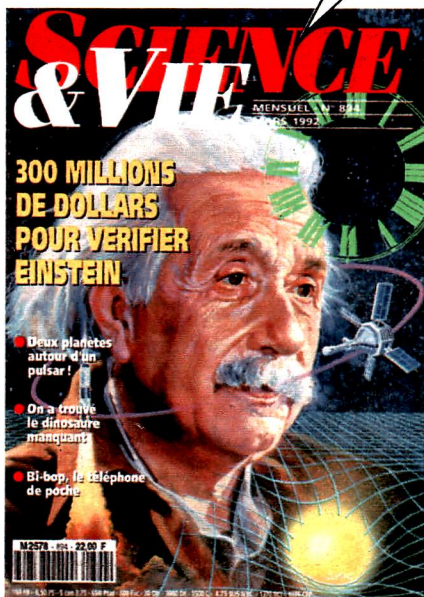
1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,50 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. COPYRIGHT 1989 SCIENCE & VIE



Et si vous vous abonnez
à SCIENCE & VIE...



BULLETIN D'ABONNEMENT

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

OUI, je m'abonne à SCIENCE & VIE
en cochant la formule de votre choix

☐ CFEF 1 AN + 4 hors série (16 N°) :
295 F au lieu de 364 F*

☐ CFEF 2 ANS + 8 hors série (32 N°) :
590 F au lieu de 728 F*

☐ CFEB 1 AN / 12 N° : 220 F
au lieu de 264 F*

☐ CFEC 2 ANS / 24 N° : 440 F
au lieu de 528 F

Cochez SVP *Prix de vente chez votre marchand de journaux

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____

Ville _____

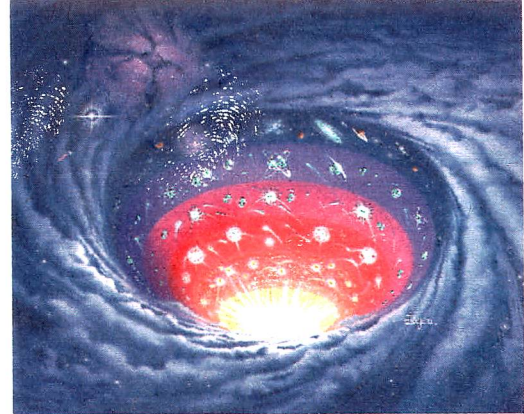
Conformément à la législation en vigueur, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant sur tout fichier à usage commercial de notre société.

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1992.

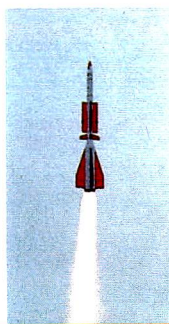
ET RÉSERVÉE À LA FRANCE MÉTROPOLITAINE.

ETRANGER: NOUS CONSULTER RC PARIS B 572 134 773

S&V 897



L'Univers sort des limbes. On a réalisé la photo de l'Univers tel qu'il était il y a 15 milliards d'années, juste après le Big-Bang. Tout y était déjà à l'état de germes : galaxies, étoiles, et même la mystérieuse "matière noire".
p. 20



La dissuasion nucléaire, c'est fini. Face à la prolifération des armes atomiques, une seule défense : les missiles antimissiles. **p. 92**

SOMMAIRE



SAVOIR

- Forum **6**
- Portrait de l'Univers nouveau-né
Daniel Tarnowski **20**
- L'astronomie condamnée
par la civilisation industrielle
Renaud de La Taille **32**
- Quand les astéroïdes menacent
Dominique Martin **40**
- Une centrale nucléaire de deux
milliards d'années
au secours de nos déchets radioactifs ?
Hélène Guillemot **46**
- Sommet de Rio :
l'enfer pavé de bonnes intentions
Gabriel Veraldi **54**



- Comment on a voulu faire du cerveau
une machine à gaz
Alain Meunier et Gerald Messadié **64**
- Vivre en bouteille
Alexandre Dorozynski **74**
- L'œil biologique artificiel
François Boissier **78**
- Echos de la recherche
Dirigés par Gerald Messadié **83**



POUVOIR

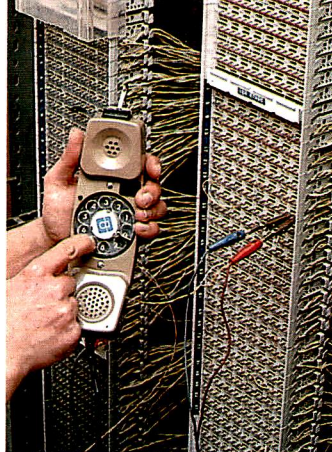
- La dissuasion nucléaire ne suffit plus
Serge Brosselin **92**
- Le ricin : un poison qui vaut de l'or
Didier Dubrana **102**
- Les oreilles de l'Etat
Jacqueline Denis-Lempereur **104**
- Echos de l'industrie
Dirigés par Gérard Morice **115**
- Des marchés à saisir **120**

**RETROUVEZ CHAQUE MOIS
SCIENCE & VIE
OFFRE D'ABONNEMENT PAGE 1**

Contre la course folle des météorites, six super-télescopes vont protéger la Terre. **p. 40**



L'huile de ricin est la plus visqueuse du monde. L'Europe s'apprête à conquérir ce marché en or, traditionnellement alimenté par les pays tropicaux. **p. 102**



Ecoutes téléphoniques : mode d'emploi et dessous cachés. **p. 104**



UTILISER

Mammographie pour toutes
Philippe Dagneaux **122**

Puce antivol
pour les autoradios
Roger Bellone **124**

Transformation des matières
plastiques :
granulés et matière grise
Hervé Lhuissier **126**

Science & Jeux
*Yves Delaye, Renaud de La Taille
et Henri-Pierre Penel* **132**

Science & Vie a lu pour vous **146**

Echos de la vie pratique
Dirigés par Roger Bellone **152**

Cet homme veut sauver le monde. Maurice Strong, président de la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement, réussira-t-il à faire du "Sommet de la Terre" autre chose qu'une gigantesque mascarade démagogique ? **p. 54**





L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA

De l'art de servir la bière à la pression.

*Amorcer le débit
en inclinant soigneusement
le verre sous la pression.
Laisser couler le blond liquide
le long de la paroi...
puis redresser le verre,
tout en le descendant.
La mousse s'exprime,
le verre s'illumine. Enfin.*



*3 siècles d'amour
de la bière.*

FORUM



en Grande-Bretagne. J'ai exposé mes idées à M. B. K. Davison, inspecteur des monuments historiques du patrimoine britannique, mais je n'ai pas obtenu l'autorisation d'effectuer une vérification à Stonehenge même.

«Je décidai donc de réaliser, à mon retour chez moi, une copie d'une partie de cet alignement, mais avec des blocs de béton. M. Davison m'adressa les plans et relevés des piliers et des linteaux. J'obtins quelques crédits et des matériaux de construction de firmes locales. Un magistrat de ma

avons placé les deux madiers-leviers à l'horizontale sur les piliers, en les mettant en porte-à-faux, l'extrémité seule reposant sur le sommet des piliers et le reste dépassant, de façon à pouvoir être actionnés comme leviers, donc. La longueur de ces leviers était de 4,50 m, pour un diamètre moyen de 25 cm.»

Notre correspondant rapporte que dix hommes ont suffi à fournir la poussée nécessaire pour tirer les 5 t du linteau au sommet des piliers, après quelques ajustements causés par le fait que les cordes étaient neuves et présentaient donc une certaine élasticité, réduisant ainsi le rendement de la poussée. Il a fallu plusieurs poussées. Un pilier transversal, attaché aux piliers du plan de levage, bloquait les linteaux sur place après chaque poussée.

L'intérêt de la réalisation de M. Pavel est d'avoir démontré que le levage de monolithes ne nécessite que quelques hommes et un équipement relativement simple.

Akhénaton, Klinefelter et pseudo-Klinefelter

«Vous supposez, d'après la morphologie d'Akhénaton [pharaon de la XVIII^e dynastie], observe Mlle C. M., d'Uxegney, à propos d'une réponse à un lecteur dans le forum de décembre 1991, que ce dernier était atteint du syndrome de Klinefelter, ce que je ne peux contredire, car il est bel et bien évident qu'un homme atteint de cette anomalie chromosomique, qui affecte seulement les chromosomes sexuels, présente des caractéristiques

(suite du texte page 8)



Un exploit : une copie de Stonehenge en Bohême !

En 1987, M. Pavel, de Strakonice, en Tchécoslovaquie, nous écrivit pour nous faire part de sa théorie sur des moyens simples de lever des monolithes très pesants, théorie destinée à expliquer la construction du célèbre alignement préhistorique de Stonehenge, en Grande-Bretagne. Il nous écrivit à nouveau pour nous exposer les succès du procédé qu'il

avait imaginé, illustrant sa lettre des photos ci-dessus. Cette lettre étant en anglais, nous l'avons quelque peu adaptée.

«Le principe en est très simple. Je propose d'utiliser quatre madiers pour le levage des monolithes, deux pour servir de plan de levage et les deux autres pour assurer la traction. Il me manquait l'argent pour le vérifier. Les droits d'auteur de mon livre "Rapa Nui", sur mes voyages à l'île de Pâques et les travaux que j'y ai faits, m'ont permis de me rendre

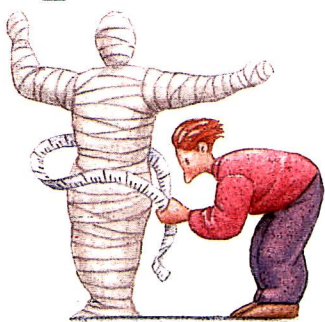
ville m'alloua un espace pour la réalisation du projet. Des amis et des amateurs enthousiastes m'aidèrent. Nous avons réalisé les éléments de l'ouvrage en automne 1990. La hauteur des piliers est de 3,90 m, et le poids du linteau est de 5 t.

«Les essais ont commencé au printemps 1991. Ils consistaient à hisser les linteaux sur les madiers de chêne, que nous avons appuyés sur les piliers. La longueur de ces madiers était de 10 m, pour un diamètre moyen de 40 cm. Puis nous

L'EAU & L'APÉRITIF.



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



tères sexuels masculins (grande taille), mais aussi des caractères sexuels féminins lui donnant des hanches larges et un léger développement des seins. Mais où se situe alors le problème ? Sur le plan de la sexualité, car un Klinefelter est en principe stérile...»

La même observation nous a été faite par Mlle L. S., de Confolens. Ces lectrices ont raison : il eût fallu parler de pseudo-syndrome de Klinefelter, décrit par le *Dictionnaire des termes de médecine* de Garnier Delamare comme un syndrome analogue à celui de Klinefelter, mais sans anomalie chromosomique ni azoospermie, le sexe nucléaire étant bien masculin. Si Akhénaton avait souffert du Klinefelter, il n'aurait pas pu avoir d'enfant du tout.

La première lectrice observe que dans certaines familles ne naissent que des filles et dans d'autres, que des garçons, sans qu'il faille l'attribuer à des anomalies chromosomiques des parents, et c'est également exact. Toutefois, dans des cas tels que celui d'Akhénaton, on est fondé à se demander si ce pharaon ne souffrit pas de la surexpression d'un chromosome sexuel, phénomène dont la biologiste Mary Lyons a démontré la réalité ; ç'aurait été en l'occurrence le chromosome X. Dans ce cas, mais ce n'est encore qu'une hypothèse, il

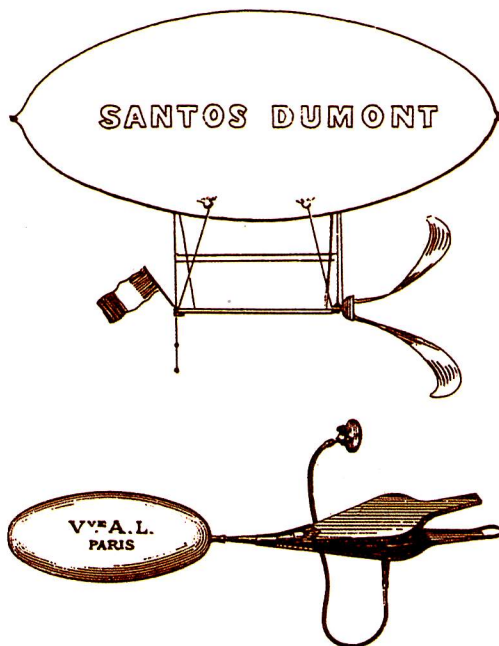
pourrait avoir produit plus de chromosomes X, et de plus vigoureux, que de chromosomes Y.

Un dirigeable modèle réduit

M. A. d'O., de Nieppe, a trouvé très intéressant notre article du n° 892 sur un dirigeable modèle réduit. «Une critique, ou mieux, un complément d'information : vous avez tort d'écrire qu'"il n'y a jamais eu ni ballon dirigeable, ni

de long avec un moteur d'horlogerie. Mais ce n'était pas un jouet !»

Le document que voici, tiré de la revue *Icare* du printemps-été 1973, est la reproduction d'une notice, remontant apparemment au début du siècle et en tous cas postérieure à 1906, d'un jouet dont les dimensions ne sont pas indiquées. On y lit qu'"il faut s'assurer que le ballon n'a pas une force ascensionnelle trop grande, autrement il s'élèverait au plafond..." Le moteur était à élastique !



montgolfière dans les vitrines des magasins spécialisés"... Il faut signaler au moins une maquette du Santos Dumont gonflée au gaz d'éclairage, et des montgolfières maquettes. Je crois d'ailleurs savoir que Santos Dumont avait joué avec de tels objets. Et tout le monde sait que Pierre Julien, horloger, réalisa en 1850 un dirigeable de 7 m

Cosmogonie et cosmologie

M.T.V., de Montigny-lès-Metz, relève une phrase de notre article d'avril, "Combien va nous coûter le secret de l'Univers ?". La phrase est "Chacune des quelque trois mille cultures humaines recensées s'est donnée une explication du monde." «Je

croyais pourtant depuis longtemps qu'au moins une culture échappait à cet irrésistible besoin d'expliquer le monde, en l'occurrence, le peuple aborigène, seul à ma connaissance, qui n'ait pas eu besoin d'imaginer la création de l'univers.»

Nous ne saisissons pas très bien ce qu'entend notre correspondant par "peuple aborigène". Le terme "aborigène" signifie : d'origine locale ; il s'applique à tous les individus qu'il convient de différencier d'immigrants plus ou moins anciens. C'est ainsi que les Gaulois peuvent être considérés comme "aborigènes" par rapport aux Romains. En général, on désigne leurs cultures, quand elles n'ont pas évolué, sous le vocable de "primitives", et toutes les cultures du monde, primitives incluses évidemment, de l'Océanie à l'Afrique, des Mélanésiens aux Dogons, comportent des cosmogonies, c'est-à-dire des "explications" de la création de l'Univers.

L'auteur cite un écrivain selon lequel les aborigènes d'Australie n'auraient eu besoin d'aucune explication de la création : d'innombrables travaux anthropologiques, de Strehlow à Roheim, démontrent que toutes les tribus australiennes ont des cosmogonies, c'est-à-dire des mythes d'explication de la création, et que d'ailleurs celles-ci sont très élaborées.

Des lecteurs vigilants

Merci aux lecteurs qui nous font remarquer des erreurs, cela nous permet de les signaler à notre tour aux autres lecteurs.

Pasteur Mérieux nous signale que «dans l'article

(suite du texte page 10)

Ce que je ferai
plus tard, je veux
pouvoir le faire bien.

Pauline Chauvat.

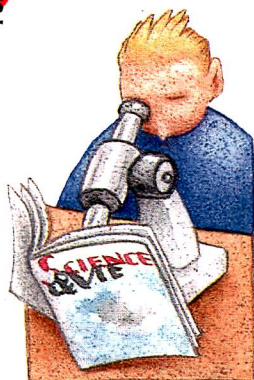


Son Conseiller
du Crédit Agricole.

VOUS FAITES BIEN DE M'EN PARLER.

Bien démarrer, c'est se donner toutes les chances de bien réussir.

Autant le faire avec une banque capable d'accompagner tous les moments forts de votre vie. Au Crédit Agricole, pour être au plus près de vos préoccupations, nous vous proposons des solutions financières qui vous permettent, par exemple, d'attendre un premier salaire, de faire face à votre premier loyer, ou encore de vous constituer une épargne en toute liberté. Pour vos questions d'aujourd'hui comme pour celles de demain, nos Conseillers prendront le temps de vous écouter pour mieux vous informer.



«les Pétroliers du sang humain» paru dans le n° 890, il y a une erreur, p. 82. En effet, de par ses caractéristiques, le sang obtenu par la voie de la récolte placentaire ne permet pas l'extraction du facteur VIII antihémothophilique.»

M. S. T., de Yerres, dit que, dans notre numéro de mars, «l'auteur de l'article "les Sciences naturelles abandonnées" a commis une légère erreur. En effet, vers la fin de son article, il écrit : "La France, patrie de Cuvier, Buffon, Linné et Lamarck..." Linné a dû s'en retourner dans sa tombe ! Car ce naturaliste, né en 1707, est suédois. Il a fait ses études de sciences naturelles et de médecine à Lund et à Uppsala. Il étudia ensuite, après des voyages en Laponie et de l'Alcarlie, en Hollande, puis il dirigea les célèbres jardins de Clifford, près de Haarlem. En 1741, il fut nommé professeur de botanique à l'université d'Uppsala. Il fut l'un des fondateurs de l'Académie de Stockholm, qu'il présida ensuite. Annobli en 1762, il mourut en 1778 à Uppsala.»

M. X. B., de Caluire-et-Cuire, relève pour sa part «une petite erreur dans la p. 65 du n° 894, dans l'article "Des nerfs coupés ont repoussé" : il semblerait que les astrocytes aient été confondus avec des oligodendrocytes, ou plutôt

que ceux-ci aient été inversés. La légende accompagnant le dessin confirme d'ailleurs l'intervention des deux mots, survenue à deux reprises.»

Disons merci à ces lecteurs. Et demandons pardon aux autres.

Des enceintes acoustiques aphrodisiaques et qui améliorent le goût, des cactus antimagnétiques...

Nos lecteurs nous envoient souvent des coupures de presse et des communiqués qui indiquent à quel point la fausse science prolifère.

M. R. O. nous communique ainsi une publicité singulière sur des enceintes acoustiques qui amélioreraient "la qualité de vie" : «Les propriétés gustatives s'affinent (adopté [sic] par les sommeliers), les problèmes de sommeil se réduisent notablement,» et «les performances individuelles s'élèvent sur tous les plans (sexuel, mental, physique, etc.).» Ces enceintes remarquables ne guérissent toutefois ni la toux, ni la constipation.

Amateur de géologie, M. G. G., de Vernon, nous adresse lui, copie d'un article tiré d'un périodique féminin et traitant d'une science inconnue, la "géobiologie". On y apprend bien des choses, par exemple, qu'un long couloir qui traverse toute la maison et débouche directement sur un jardin fait que «l'énergie circule mal... De même, les recoins, les pièces exigües, les alcôves créent des "poches" d'énergie nocive.» On comprend enfin

pourquoi la culture française s'affadit dans les ruelles de l'Hôtel de Rambouillet et produisit les précieuses ridicules ! On apprend aussi qu'on a découvert que certaines plantes comme le cactus étaient utiles pour freiner les rayons magnétiques. C'est formidable ! Nous ignorions même, pour notre part, qu'il existât des rayons magnétiques. Nous ne lisons pas assez.

M. J. L., de Corcelles-lès-Monts, nous adresse aussi, et avec indignation, un article sur les pouvoirs antimagnétiques du cactus. «Devant la télé, gare aux ondes électromagnétiques», assure cet article d'un journal dominical régional. «Mme X... vous conseille de poser un cactus sur votre téléviseur pour neutraliser ses ondes nocives.» L'article ne dit pas si le cactus neutralise aussi les émissions ennuyeuses. Et les géraniums ?...

Enfin, M. J. M., de Saint-Thibault-des-Vignes, nous adresse une publicité impressionnante de deux pleines pages, parue chez notre respectable confrère britannique *The Financial Times*. On y apprend que «Sa Sainteté Maharishi Mahesh Yogi [est] en possession du savoir suprême de la Loi Naturelle, la connaissance scientifique de la source de l'ordre parfait de la nature et des moyens d'y accéder.» Suit un copieux exposé des correspondances entre les Védas, livres sacrés de l'Inde, et des calculs sur "les huit degrés fermioniques de la liberté intrinsèque", des super-tenseurs lagrangiens à dix dimensions...

Terminons avec la mention d'une lettre que M. Y. H., de La Chapelle-sur-Erdre a adressée à un

grand club du livre, pour protester contre un texte, en effet, trompeur : «L'astrologie est une science à part entière» assure le prière d'insérer d'un ouvrage à la noix. «Trop souvent les charlatans et vulgarisateurs sans scrupules en font une série de recettes et d'approximations...» L'ouvrage en question, on s'en doute, est présenté comme "sérieux". Reste à savoir comment reconnaître les charlatans et les vulgarisateurs sans scrupules...

Trop gober cuit, trop douter nuit

La lettre de M. G. B., de Nantes, a retenu particulièrement notre attention, parce qu'elle est habilement argumentée, avec un effort d'ironie, d'ailleurs dirigé vers la rédaction du journal :

«... Je retranscris ce passage de l'un de vos articles : "Si l'on met de l'adénosine triphosphate en présence de nicotine déshydrogénase, que se passe-t-il ?" Voilà bien une question qui nous "interpelle" tous, et que vous avez complètement raison de poser. Eh bien, je me suis livré à un "gallup" dans mon quartier : ni mon boucher, ni ma marchande de légumes, ni mon boulanger, ni mon caviste n'ont pu répondre positivement.»

Précisons qu'il s'agit d'un extrait, présenté hors de son contexte, d'un article sur les tentatives de fabrication d'un ordinateur neurochimique. On peut jouer à ce jeu-là avec n'importe quel texte, de la *Guerre du Péloponnèse* de Thucydide à *L'Esprit des lois* de Montesquieu. Que des extraits ainsi détachés laissent froids les fournisseurs de

(suite du texte page 12)



Du 16 mai au 11 juillet 1992,

AVEC PHILIPS *Coup d'éclat*

**SUR LES TÉLÉPHONES SANS FIL
ET TÉLÉPHONES RÉPONDEURS TD 9460**

* Pour un téléphone
sans fil Philips



ACHETEZ du 16 mai au 11 juillet 1992

un répondeur Philips TD 9460, vous recevrez 150 F.

OU

ACHETEZ un téléphone sans fil Philips du 16 mai 1992

au 11 juillet 1992 et, 1, 2 ou 3 combinés supplémentaires

avant le 15 janvier 1993, vous recevrez :

150 F pour l'achat d'un combiné supplémentaire

300 F pour l'achat de deux combinés supplémentaires

450 F pour l'achat de trois combinés supplémentaires

Attention : offre limitée à l'achat de 3 combinés supplémentaires

Comment bénéficier de cette offre :

Envoyez pour chaque remboursement vos nom et adresse sur le bulletin de participation dûment rempli (ou recopié sur papier libre) avec la preuve d'achat du TD 9460 ou l'ensemble des preuves d'achats (la preuve d'achat du téléphone sans fil acheté du 16 mai au 11 juillet 1992 + les preuves d'achat des combinés supplémentaires achetés du 16 mai au 15 janvier 1993) à l'adresse de l'opération : BIOMARINE Opération Philips "Coup d'éclat" BP 155 - 76204 DIEPPE Cedex. Vous recevrez votre chèque de remboursement et vos originaux justificatifs d'achat.

Pour plus d'informations voir modalités sur le bulletin de participation dans votre point de vente.

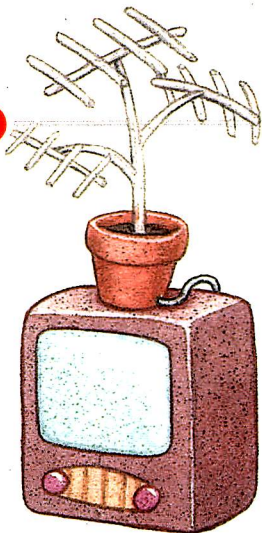
* Pour un téléphone répondeur
Philips TD9460



**POUR PLUS D'INFORMATIONS
TAPEZ 3615 PHILIPS**



PHILIPS



notre lecteur n'enlève aucun mérite à leur intellect, mais pas non plus aux ouvrages en question.

L'objet de la lettre est différent, il est de mettre en cause les vaccins : «Un mien ami, praticien, spécialisé en médecine tropicale, vient d'être victime de la grippe. Avec sans doute un peu d'ironie, je lui fis sottement remarquer que cela semblait par trop invraisemblable, au vu de sa profes-

sion. Il m'apprit alors, pour ma plus grande confusion, que devant partir bientôt outre-mer, il s'était fait vacciner contre l'hépatite B et que, de ce fait, il n'avait pu recevoir la vaccination contre la grippe, les deux étant incompatibles...

»Mais je frémis d'horreur en pensant aux touristes qui pourraient affronter ce problème : les milliers de généralistes qui sévissent dans l'Hexagone en sont-ils avertis ?»

Observons d'emblée qu'on se vaccine le plus souvent contre l'hépatite B parce qu'on appartient au personnel médical, particulièrement exposé à cette maladie, ou quand on va trouver, par exemple dans des pays chauds, des conditions d'hygiène discutables. Les touristes qui se feraient vacciner contre cette hépa-

tite n'ont guère de raison de se faire vacciner contre la grippe, qu'il est difficile d'attraper par 30 ou 40 °C. Les médecins qui pratiquent (et non pas "sévisent", terme inutilement injurieux) sont parfaitement informés des compatibilités entre les différents vaccins.

«La médiatisation outrancière des vaccins semble hélas n'avoir d'autre but qu'un rapport substantiel et immédiat pour le laboratoire. Sous cette constante pression psychologique, n'en arrivera-t-on pas à faire vacciner les enfants, dès leur naissance, contre toutes les maladies existantes ? Avec quelles conséquences...»

Il n'y a pas de "médiatisation" des vaccins et encore moins, d'"outrancière". Ce discours est insoutenable, parce que la diphtérie, le tétanos, la variole, et bien

d'autres maladies contre lesquelles on vaccine les enfants et les adultes faisaient autrefois des dizaines de milliers de morts par an. Deux millions de personnes, surtout des enfants, meurent chaque année du paludisme ; s'il existait un vaccin, sur lequel on travaille, qui donc aurait la cruauté de le leur refuser ?

«Que doit-on penser de cette information récente selon laquelle plus de 8 000 Allemands meurent chaque année des effets secondaires de médicaments (étude menée depuis cinq ans à Brême) ? Et qu'en est-il de l'hormone de croissance reconnue comme parfois mortelle ? Sans parler de la tragique et criminelle affaire du sang contaminé...»

Plus de 10 000 personnes, environ, meurent chaque année en France des acci-

Tant qu'on ne verra pas d'iceberg
dans les Highlands...



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

dents de la route. Que faut-il penser alors de la voiture ? Notre correspondant voudrait supprimer les médicaments ; dans la même optique proposons de supprimer totalement l'auto. La plus grande partie des accidents qui surviennent à des enfants se produisent à la maison ; supprimons aussi les maisons (et les enfants sans doute aussi). Chacun sait aussi que les guerres sont causées par les hommes politiques et les militaires. Supprimons-les. Etc. Ce genre de raisonnement n'est guère soutenable non plus, car ce sont les médecins eux-mêmes qui ont dénoncé les maladies causées par l'abus et les effets secondaires de médicaments, maladies dites iatrogènes. Un grand nombre de ces maladies sont causées par les patients eux-mêmes, qui prennent des

médicaments sans prescription, d'autres, par des effets secondaires inconnus ou imprévisibles : ce ne sont pas les mêmes médicaments qui causent les maladies, l'expérience permet, en effet, de contrôler ceux dont on découvre des effets nocifs. Ainsi, une foule de médicaments jugés dangereux, ont été interdits, en dépit de leur efficacité. L'hormone de croissance n'a été "mortelle" que parce que des extraits, et pas toute l'hormone de croissance, étaient contaminés par le virus HIV. L'affaire du sang contaminé ne peut induire personne à nier l'importance des transfusions, qui ont sauvé des millions de vies dans le monde. Notre lecteur voudrait-il qu'on laissât mourir un accidenté faute de sang ?

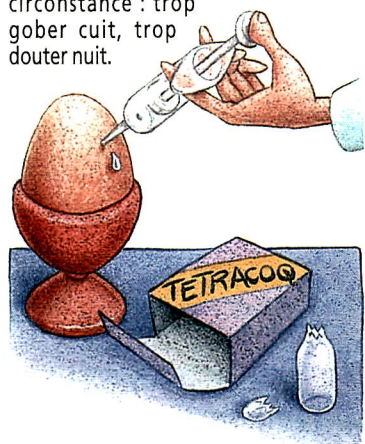
La prosopopée de notre correspondant laisse rê-

veur : *«Messieurs les journalistes scientifiques, messieurs les esprits forts, sortez un peu de vos tours d'ivoire, déchirez les tuniques de certitudes cognitives qui vous bardent, quittez Paris et ses brumes qui vous cachent le monde : dans nos vieux villages de province (Nantes ne compte que 500 000 habitants), c'est la voisine de palier qui conjure les brûlures et permet à l'enfant ébouillanté de s'endormir benoîtement, c'est le facteur, dans sa tournée, qui conjure les verrues....»*

Notre lecteur croit, en effet, à la supériorité des "conjurations". On en déduira que, grâce à la sagesse et à l'efficacité des remèdes antiques, les médecins font faillite à Nantes (laquelle compte d'ailleurs, entre les habitants de la ville proprement dite et son aggloméra-

tion, près de 750 000 habitants). Est-ce par des incantations que le facteur y opère l'appendicite, que la voisine de palier y guérit les infections bactériennes ? Ou bien existe-t-il dans une brousse reculée extra-française une ville homonyme de Nantes ?...

Dicton sur mesure, pour la circonstance : trop gober cuit, trop douter nuit.



...on ne verra pas de glaçons dans le Single Malt ABERLOUR.

Pour apprécier la richesse de son arôme boisé et l'équilibre de sa saveur, dégustez le Pure Single Malt Aberlour pur, sans glace.

ABERLOUR

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

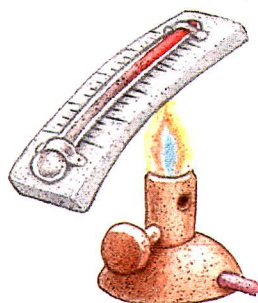
Appel à motoriste

«Pratiquant l'ULM, je voudrais lancer un appel à fournisseur, écrit M. F. L., de La Verpillière. Qui pourrait nous construire une turbine de 50/60 ch à adapter à un réducteur ad hoc pour avoir enfin un groupe motopropulseur fiable, tout en restant dans la limite de poids actuellement imposé pour un biplace, soit 175 kg à vide ? La technique existe,

nous écrit. C'est une carte qui représente l'extrémité septentrionale de l'Amérique du Nord, correspondant à peu près à l'actuelle Terre-Neuve.

On l'appelle carte du Vinland, parce que ce nom est celui que, vers l'an 1000, peut-être avant, le navigateur Leif Ericsson et ses compagnons donnèrent à une région qui comprend le Labrador et le Newfoundland actuels (le nom

d'analyses chimiques destinées à établir si l'encre en était d'époque. W. Mc Crone, chimiste réputé, avait conclu que non ; d'autres chimistes, reprenant ses analyses, en concluent que oui. Il nous est impossible de trancher. Le domaine des encres anciennes comporte une certaine part de faits (les échantillons disponibles) et de spéculation (n'y eut-il pas d'autres types d'encre que ceux qu'on

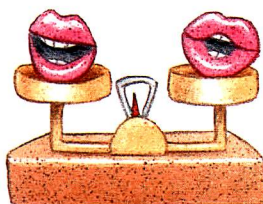


cure rouge". Nous regrettons le retard mis à lui répondre : ce sont les cristaux de cinabre sous leur forme naturelle, qui présentent une belle coloration allant du pourpre au rose intense.

On obtient aussi un "mercure rouge", l'oxyde de mercure II, HgO , solide cristallin rouge (mais aussi jaune) obtenu en faisant chauffer du nitrate de mercure à haute température.

"Tant qu'à faire..."

M. F. K., d'Ecully, dont nous avons publié les remarques dans notre numéro d'avril, nous signale que



"tant qu'à faire" est «une expression fautive qui n'est acceptable que dans la langue parlée. Il eût mieux valu que vous écriviez "à tant faire que"». Or, Grevisse, dans le Bon Usage, spécifie (n° 2080) que «"tant que" peut signifier "aussi longtemps que" ou encore "aussi loin que"».

Le Dictionnaire encyclopédique Larousse cite les deux formes en précisant que "à tant faire que" est littéraire.

Qu'est-ce que le mercure rouge ?

M. R. S., de La-Croix-Blanche, nous a écrit par deux fois pour nous demander ce qu'est le "mer-

peut-être existe-t-il aussi des turbines de cette puissance ? Bien sûr, la question de prix se poserait, mais la sécurité en serait tellement améliorée ! 8 sur 10 des accidents d'ULM proviennent d'une panne de moteur mal maîtrisée.»

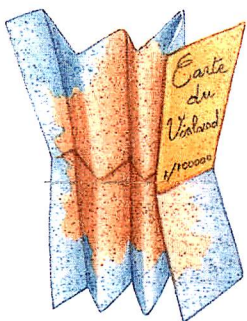
Ci-jointe, la photo que voici, montrant ce lecteur avec un appareil de sa construction. Bravo !

signifie terre des vignes, apparemment parce qu'Ericsson prit les grappes pour des raisins). La carte aurait été dressée au XIV^e siècle et serait la première qui représente l'Amérique du Nord ; elle a donc suscité beaucoup de curiosité et de controverses.

Ce lecteur voudrait savoir si la carte est vraie ou fausse. La carte a fait l'objet

connait ? Les modes d'analyse non destructrice d'échantillons infimes sont-ils toujours fiables ?)

Ce qui frappe est la discordance de styles entre la partie qui aurait été dessinée par les Scandinaves et le reste. Il se pourrait, mais ce n'est qu'une hypothèse, que la partie représentant l'Amérique fût un croquis scandinave "travaillé" beaucoup plus tard, de façon à donner l'illusion de l'ancienneté. Il se pourrait aussi que ce fût un pur et simple ajout.



L'actualité de la carte du Vinland

Le cinquième centenaire du voyage de Colomb et l'exposition, à Paris, sur les Vikings prêtent une actualité particulière à un document qui appartient à l'université Yale et à propos duquel M. J.-L. A., de Saint-Germain-en-Laye

Nous avons fait entrer l'espace intergalactique dans votre Macintosh parce que le contraire était trop facile.



Espace, frontières de l'infini, un Macintosh les a déjà franchis à bord d'une navette spatiale. Et c'est bien parce que nous avons une connaissance quasi intime de l'espace que vous pourrez utiliser ce disque optique compact multimédia "World View". Depuis votre bureau, vous vous transporterez d'un coup de souris au coeur du vide interstellaire. Vous disposerez de photographies de la terre, de vidéos retraçant la conquête de l'espace par l'homme, le tout avec des musiques qui vous donneront le sentiment d'être à bord du vaisseau amiral de la flotte intergalactique.

Mais tout cela ne serait pas possible sans QuickTime, la nouvelle extension système gratuite que nous venons de créer.

Pour l'obtenir, vous n'avez qu'à faire quelques pas et pousser la porte de votre revendeur Apple. Vous lui donnez une disquette, il vous recopie QuickTime, vous ne payez rien, vous retournez chez vous, vous rentrez la disquette dans votre Macintosh, vous glissez l'icône QuickTime dans le dossier système, vous redémarrez, et voilà votre Macintosh devenu une plateforme multimédia, capable de vous faire franchir des années-lumière en une fraction de seconde. QuickTime fonctionne sur tous les Macintosh équipés des processeurs 68020, 68030, 68040 et du système 6.0.7 ou 7. C'est lui qui permet de manipuler, de copier et de coller du son et des images animées aussi facilement que du texte et des images fixes.

Terriens, terriennes, nous ne saurions trop vous conseiller d'utiliser "World View" pour agrémenter vos présentations multimédia. Et le jour où, devant vos collègues et amis émerveillés, vous l'inaugurez sur votre Macintosh, vous ressentirez sans doute, toutes proportions gardées, la même émotion que Armstrong et Aldrin quand ils sont partis poser le pied sur la lune. Ce sera un petit pas pour votre Macintosh et un grand pas pour vous.

Pour connaître le nom du revendeur agréé Apple le plus proche de chez vous, tapez 3614 Apple.



QuickTime. La technologie multimédia sur Macintosh.



Apple

Faites vos dossiers à partir des articles de *Science & Vie* en composant sur Minitel : 3617 SVIE2

Constituer un dossier, sur Minitel, en moins de 7 secondes – à partir des thèmes de votre choix –, sur tous les articles de *Science & Vie* écrits depuis un an et les lire en texte intégral : tel est donc le service permis par 3617 SVIE2, jour et nuit, samedi et dimanche compris.

Comment faire ? D'abord, vous composez 3617 sur votre Minitel, appuyez sur la touche CONNEXION/FIN dès que vous entendez un sifflement. Puis, sur la page d'accueil "Télélet 4", tapez le code SVIE2 et appuyez sur la touche ENVOI. Vous y êtes. Vous voyez apparaître notre écran d'accueil, volontairement simple pour ne pas vous faire perdre de temps. Le programme vous demande tout de suite de taper un ou plusieurs mots correspondant à votre recherche.

Là, il ne faut pas vous tromper. Ne tapez pas "je voudrais savoir tout ce que vous avez écrit sur les problèmes de la couche d'ozone". Soyez plus direct : tapez "ozone", tout simplement.

En quelques secondes, notre programme relit pour vous tous les articles de *Science & Vie* sur une année (dans un premier temps) et les met de côté pour vous : il fait un dossier thématique à partir du mot clé de votre choix.

Un "Je cherche" clignotant apparaît. En moins de 7 secondes, le programme vous répond qu'il existe, par exemple, 67 articles contenant le mot "ozone".

Vous avez alors le choix entre lire ces articles immédiatement ou, s'ils sont trop

MEMOIRE DE PRESSE DE :
SCIENCE & VIE
 COUCHE D'OZONE.....
 POSEZ VOTRE QUESTION puis ENVOI

Tapez les mots les plus significatifs de votre question.
 Vous pouvez les mettre indifféremment au pluriel ou au singulier.
 Laissez un espace entre chaque mot.

MODIFIER LA QUESTION → ANNULATION

4

articles répondent à votre question

Obtenir les réponses → ENVOI
 Approfondir la recherche → SUITE
 Autre question → ANNULATION

Page 4 sur 9 document 1 sur 1

1930.
 LE TROU DANS LA COUCHE D'OZONE était si grand en 1990 que l'Antarctique a reçu une dose double d'ultraviolets dangereux.
 POURQUOI LES OPERES QUI SORTENT DE L'ANESTHESIE SE METTENT-ILS SI SOUVENT A DELIRER ? Hypothèse de médecins hollandais : ce serait à cause d'une déficience en tryptophane plasmatique dans le cerveau. Le tryptophane est un des 20 acides aminés essentiels. Il n'est pas synthétisé par le corps, et est donc d'origine alimentaire. La déficience serait due à la souffrance
 ... SUITE OU RETOUR ...

nombreux, approfondir votre recherche. "Approfondir" signifie concrètement que vous allez "ajouter un mot" (ou plusieurs) devant obligatoirement figurer dans les articles que vous désirez trouver. Par exemple "santé". Ou au contraire "éviter un mot", ce qui est une autre technique de recherche. Cela fait une sélection automatique qui réduira le nombre d'articles. Une manière d'affiner votre recherche dans les sens qui vous conviennent.

Vous pouvez aussi taper

plusieurs mots. Le programme vous demandera alors s'il doit considérer que les mots sont adjacents, c'est-à-dire voisins dans la même phrase, comme dans "couche d'ozone" ou "maux de tête" ou dans le même paragraphe ou le même article. Notre programme exécutera aveuglément la tâche que vous lui imposez. Tous les mots de tous les articles ont été "indexés", c'est-à-dire que chaque mot est susceptible de servir de clé pour retrouver un article (sauf "le", "la", "les", etc.).

Dans tous les cas, vous aboutissez sur le texte lui-même, tel qu'il est paru dans *Science & Vie*. S'il contient 40 pages d'écran, ne vous ennuyez pas à faire SUITE autant de fois que nécessaire pour retrouver le mot-thème que vous avez choisi : tapez simplement ENVOI et notre programme vous conduira sur la page d'écran où, pour la première fois, il rencontre le ou les mots sélectionnés par vos soins. C'est facile et rapide.

Vous pouvez ainsi retrouver rapidement le renseignement qui vous manque ou noter la référence des articles (numéros et pages) afin de les retrouver rapidement dans votre collection. Ou encore, faire le point sur un domaine, préparer un devoir, etc. C'est une véritable somme de connaissances sur Minitel.

Les heureux possesseurs d'une imprimante Minitel pourront éditer l'article de leur choix. Quant à ceux qui possèdent un ordinateur, un modem et un programme dit d'émulation Minitel, c'est-à-dire un programme qui simule le Minitel sur l'ordinateur, ils pourront capturer tous les textes de leur choix et les transformer en fichiers pour traitement de texte. Bientôt, vous pourrez commander un numéro et même tester vos connaissances scientifiques. Dans une phase ultérieure à l'ouverture, il vous sera possible de recevoir par télécopie le ou les articles sélectionnés.

En si bon chemin, 3617 SVIE2 ne pouvait pas rester seul. Il a des frères et sœurs : 3617 SVM2 pour *Science & Vie Micro*, 3617 SVMMAC2 pour *SVM Macintosh*, 3617 SVE2 pour *Science & Vie Economie* et son supplément annuel *la France en chiffres*. ●

De plus, grâce à notre offre de lancement, vous pourrez y logger aussi Mozart, Astérix et Sherlock Holmes.



Cette offre, valable jusqu'au 10 juillet 1992*, vous permet de découvrir quelques potentialités des technologies multimédia. Vous pourrez apprendre l'anglais, comprendre l'apport de Mozart à la musique ou participer à des jeux interactifs. Pour 3990 F HT (4732,14 F TTC), soit 90 F HT de plus que le lecteur seul, vous avez le lecteur AppleCD 150 qui est le nouveau lecteur Apple de disques

optiques compacts, le disque optique compact (DOC) Apple QuickTime (avec des extensions, utilitaires, applications, images, films, etc), le DOC "Astérix" pour apprendre l'anglais en bande dessinée avec Astérix et Obélix, le DOC "Mozart" pour écouter et avoir une multitude d'informations sur les sonates de Mozart, le DOC "Silly Noisy House" jeu pour vous promener dans une maison magique, le DOC "Sherlock

Holmes", jeu de déduction où vous devrez découvrir le meurtrier. En prime vous avez une paire d'écouteurs. En revanche, il n'y a pas de raton laveur. Pour connaître le nom du revendeur agréé Apple le plus proche de chez vous, tapez 3614 Apple.



*Dans la limite des stocks disponibles.

Apple, le logo Apple, Macintosh, AppleCD sont des marques déposées et QuickTime™ est une marque de Apple Computer, Inc. Astérix® est une marque déposée © Les Editions Albert René Gocinny-Uderzo. Le DOC "Le fils d'Astérix" est conçu par © 1991 Andrew Ashe, Richard Howeson, EuroTalk. Mozart est conçu par © 1991 The Voyager Company. A Silly Noise House est conçu par © 1991 Peggy Weil. Icom Simulations est une marque déposée de Icom Simulation, Inc. Consulting Detective est une marque déposée de Sleuth Publications, Ltd. L'usage du personnage de Sherlock Holmes est autorisé par Dame Jean Conan Doyle. Portfolio et Multi - Ad Search sont des produits de Multi-Ad Services, Inc™. Toutes les autres marques ou noms de produits sont des marques ou des marques déposées de leurs propriétaires respectifs.

Soif de partir !

NOUVEAU **LE MAGAZINE** **DE CEUX QUI PARTENT VRAIMENT**

Aujourd'hui, il existe mille façons d'étancher votre soif de partir. Vous pouvez très bien avoir une folle envie de bronzer sous les cocotiers. Quelque temps après, de vous délecter devant les portails romans de Saintonge et plus tard, de crapahuter dans les Carpates en solo. **VOYAGE PRATIQUE** décline les vacances sous tous ses aspects. Il vous donne les solutions pratiques pour organiser votre voyage et les astuces pour profiter au maximum de vos vacances.

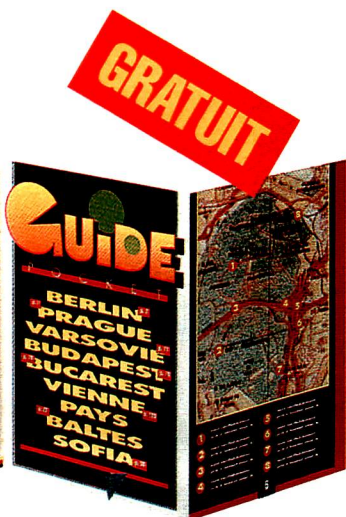


N°1
PRIX SPECIAL
LANCEMENT
20 F
au lieu de 25 F.

LE PREMIER MAGAZINE

Voyager malin

Savoir voyager, cela s'apprend aussi. Comment faire ses bagages pour voyager léger, payer l'avion moins cher, déjouer les pièges du décalage horaire, acheter ses vacances à crédit... VOYAGE PRATIQUE vous dit tout ce qu'il faut savoir pour partir dans les meilleures conditions.



Le Guide-Pocket détachable

Avec chaque numéro de VOYAGE PRATIQUE, le Guide-Pocket entièrement consacré à une destination largement traitée dans le magazine, sera votre vade mecum sur place.

Dans le N°1, les plans des capitales de l'Europe centrale et toutes les adresses pour dormir, manger, sortir, visiter ...



Découvrir autrement

Les gens, les émotions, les couleurs, les parfums, les ambiances, la culture vivante... Vu par VOYAGE PRATIQUE, le monde va vous étonner. Dans ce premier numéro, découvrez les dix capitales d'Europe centrale comme on ne vous en a jamais parlé.

Des idées neuves

Vacances sportives, villages vacances, circuits, croisières, week-ends de charme, ballades culturelles, stages de voile ou thalasso... Avec VOYAGE PRATIQUE, vous faites le plein d'idées neuves, proches ou lointaines, sages ou extravagantes, à choisir selon vos goûts ou l'humeur du jour...



TOUS LES TROIS MOIS - N°1 LE 3 JUIN

UN MAGAZINE DU GROUPE SCIENCE & VIE

RECOMMANDE PAR



PRATIQUE DU VOYAGE

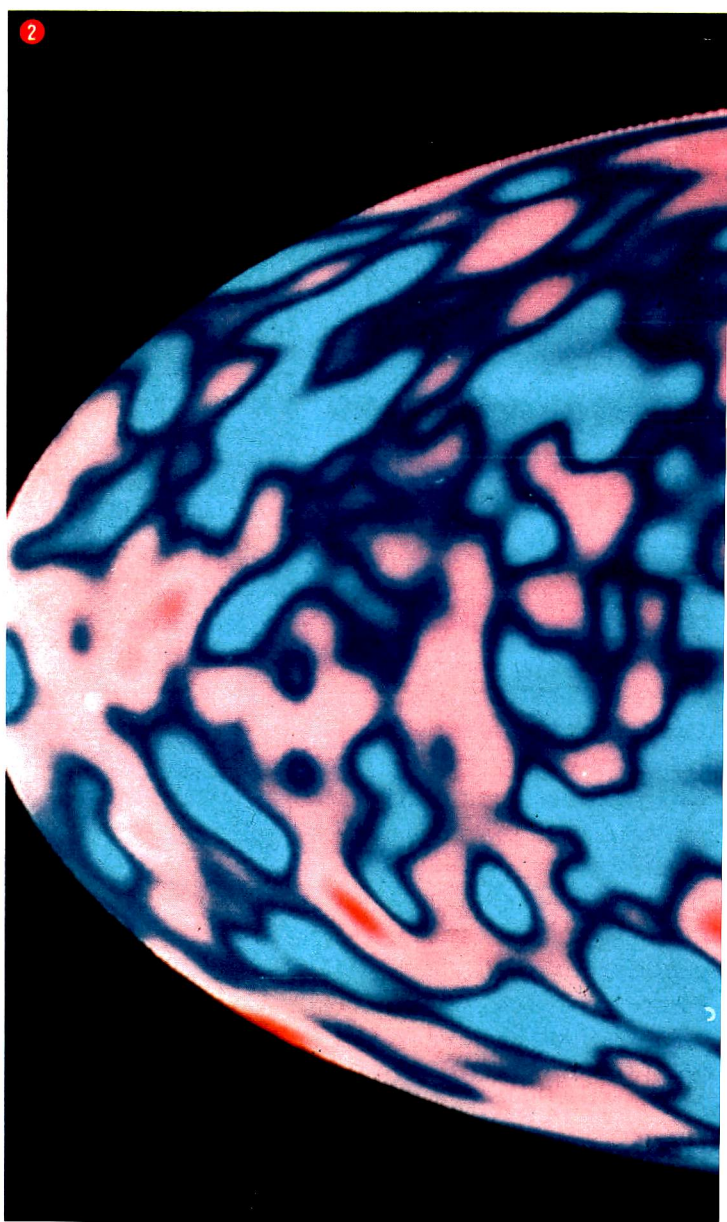
PAR DANIEL TARNOWSKI

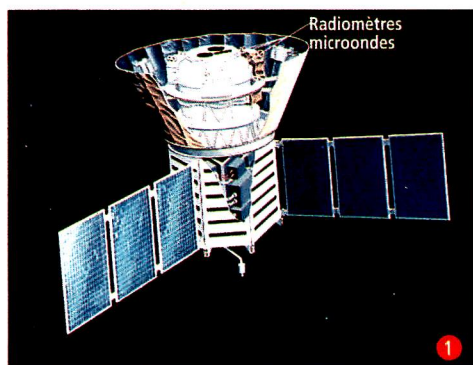
PREMIER PORTRAIT DE L'UNIVERS NOUVEAU-NÉ

Voici le plus vieux portrait du monde, la photo de l'Univers nouveau-né tel qu'il était il y a quinze milliards d'années. C'est une vraie photo, patiemment reconstituée à partir des mesures faites par le satellite COBE de la NASA. On y voit les premiers germes des galaxies et des étoiles. Indirectement, cette photo confirme aussi l'existence d'une mystérieuse "matière noire" et le formidable gonflement subi par l'Univers juste après sa naissance.

Les premiers grumeaux du cosmos

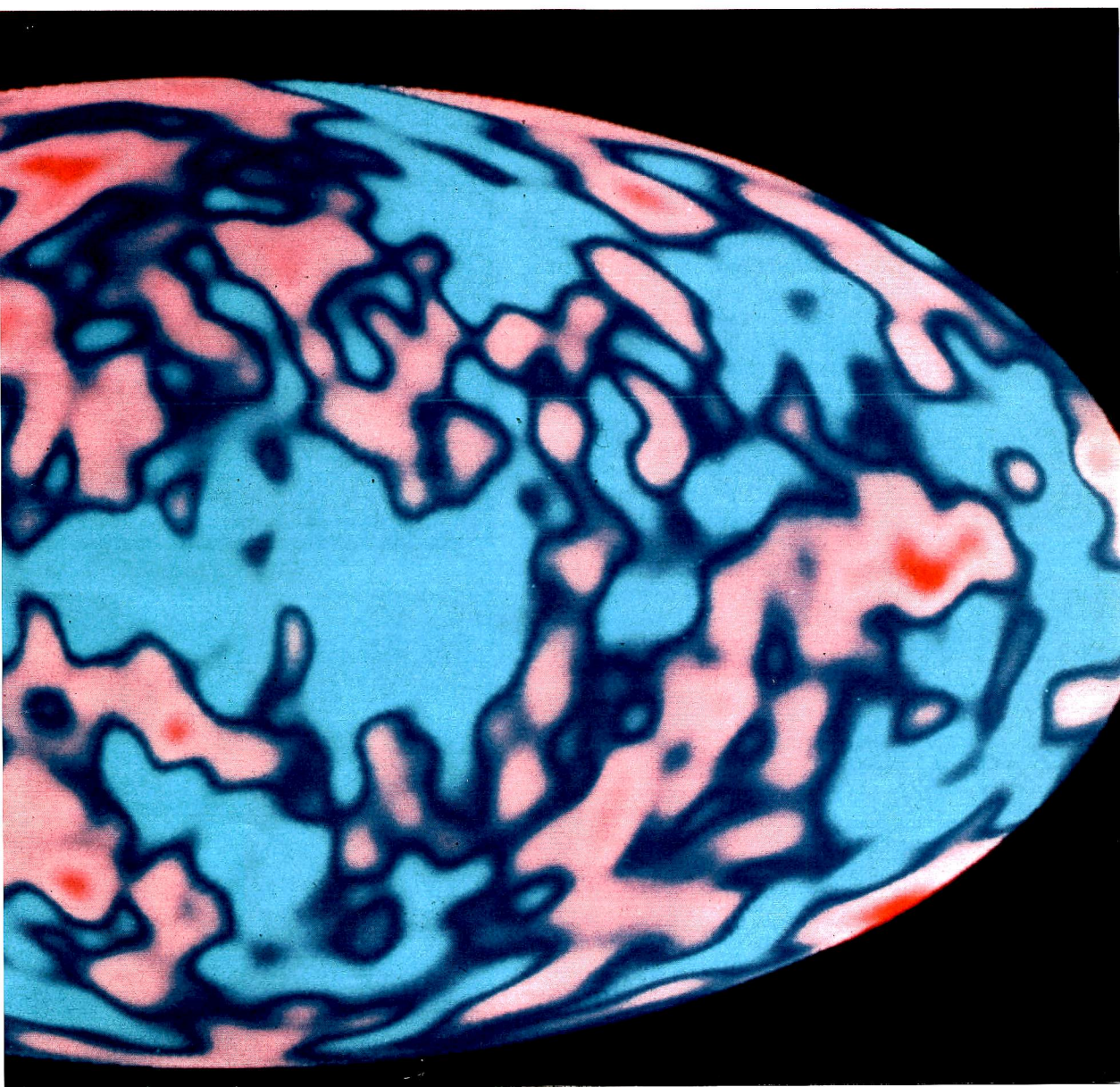
Les détecteurs micro-ondes et infrarouges du satellite COBE (1), lancé en 1989 par la NASA, viennent d'enregistrer la lumière émise par l'Univers lorsqu'il était tout bébé. Les moirures qui apparaissent sur cette photo faite à partir de ces mesures (2) correspondent à des différences infimes dans la température de rayonnement. Les régions les plus chaudes (**en rouge**) sont celles où la matière était légèrement plus concentrée qu'ailleurs ; ce sont les premiers grumeaux du cosmos, les premières concentrations de matière, qui ont évolué jusqu'à nos jours sous l'action de la force de gravitation et abouti aux gigantesques structures de l'Univers actuel, à l'intérieur desquelles se trouvent les galaxies, les étoiles et les planètes.





La lumière avec laquelle cette photo a été prise est elle-même un vestige historique. Elle a été émise par l'Univers alors qu'il était âgé de 300 000 année : l'équivalent pour lui d'une journée dans la vie d'un centenaire. Les détecteurs embarqués à bord du satellite COBE ont traqué cette lumière dans toutes les directions du ciel. Le message qu'elle nous apporte est particulièrement précieux puisqu'il a voyagé dans l'espace et dans le temps pendant près de quinze milliards d'années.

Un ensemble de mesures enregistrées par COBE pendant un an est réuni sur cette photo extraordinaire présentée le 23 avril dernier par George Smoot,



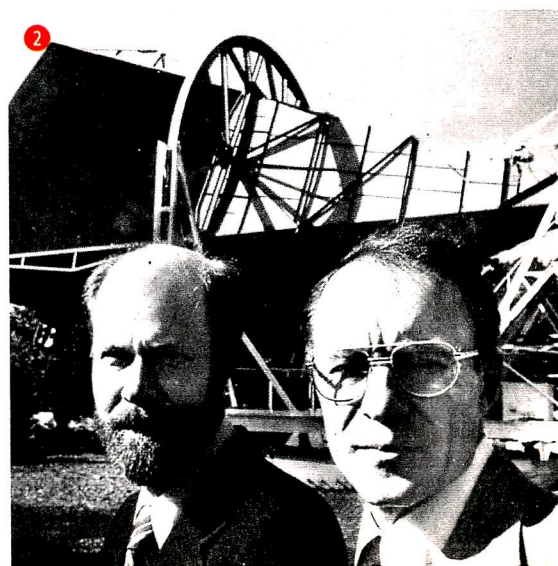
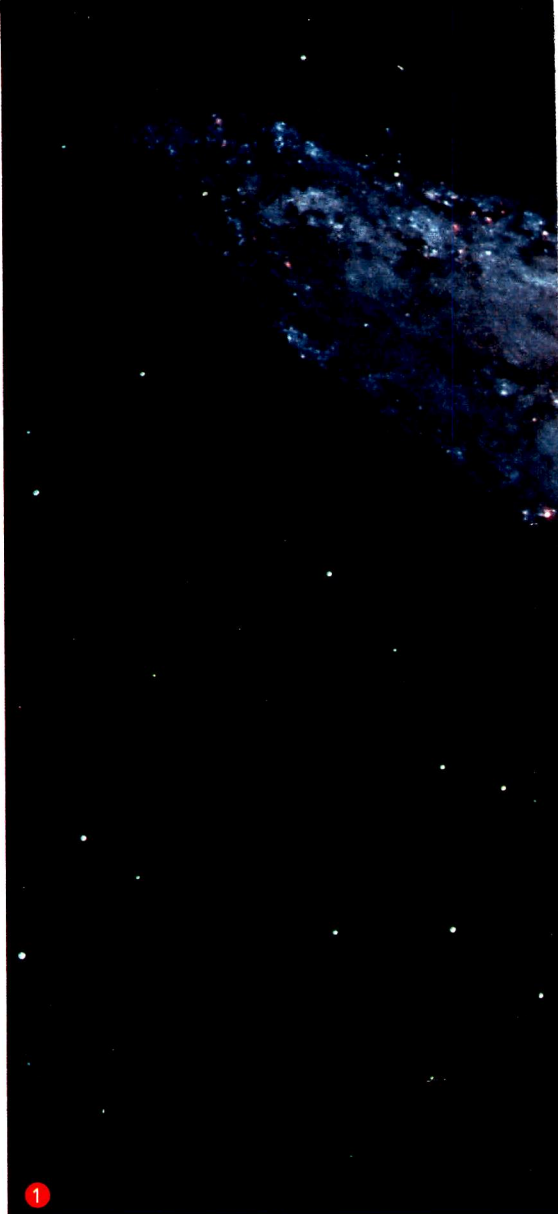
l'un des responsables du projet. Ce qui excite le plus les astronomes, ce n'est pas la photo elle-même, mais les détails qu'elle nous montre : de petites variations de température – qui apparaissent en rouge et bleu – et couvrent d'énormes régions du ciel observé par COBE. De telles fluctuations étaient attendues avec la plus grande impatience par les scientifiques. Elles correspondent aux germes indispensables pour expliquer l'existence, aujourd'hui, des galaxies et des étoiles. De plus, elles confirment deux idées théoriques qui sont parmi les plus étonnantes de l'astronomie : l'existence d'une mystérieuse "matière noire" invisible et celle d'une période où l'Univers a "enflé" de façon vertigineusement grande, immédiatement après sa naissance.

Car l'Univers a une histoire. Les spécialistes nous affirment qu'elle a commencé il y a environ quinze milliards d'années, dans une gigantesque explosion : le Big Bang. Cette notion d'explosion originelle nous dépasse tellement et soulève tant de questions qu'on a du mal à l'accepter. Est-on vraiment sûr de ce Big Bang ? Y a-t-il des preuves ? Et que signifie-t-il exactement ?

En fait, il est relativement facile de se faire une opinion car, en évoluant jusqu'à nos jours, l'Univers a laissé des témoignages de son passé qui nous permettent de remonter jusqu'à son origine. Ces preuves du Big Bang sont au nombre de trois. Elles sont là en permanence sous nos yeux d'aujourd'hui. Mais il nous faut l'aide des astronomes pour les voir.

L'Univers est pour eux un paysage familier qu'ils connaissent d'abord grâce à la lumière que nous envoient les astres. Commençons par préciser la nature de cet outil. Première caractéristique fondamentale de la lumière : elle se déplace à la vitesse de 300 000 km/s. On devrait dire qu'elle dévore l'espace à cette vitesse, car en une seconde la lumière parcourt l'équivalent de 7,5 fois le tour de la Terre. 300 000 km c'est aussi, en chiffres ronds, la distance de la Terre à la Lune. De plus, la vitesse de la lumière est constante. C'est une propriété bien connue aujourd'hui et dont les astronomes se servent pour mesurer les distances.

C'est ainsi que la Terre est à 8 minutes-lumière (et 18 secondes) du Soleil. Autrement dit, la lumière émise par le Soleil met 8 minutes et 18 secondes pour parvenir jusqu'à nous. Pluton, la plus lointaine des planètes du système solaire, est à plus de 5 heures-lumière du Soleil : on voit déjà la différence ; mais ce n'est encore rien à l'échelle de l'Univers. La plupart des étoiles visibles à l'œil nu sont à des distances comprises entre 10 et 1 000 années-lumière. C'est mieux mais cela reste encore dans notre proche banlieue. Toutes ces étoiles sont en effet si-





DEUX PREUVES DU BIG BANG

La Voie lactée, qui contient notre système solaire, est une des milliards de galaxies que compte l'Univers. Vue de l'extérieur, notre galaxie ressemble à celle-ci, NGC 253 (1), à dix millions d'années-lumière de nous, qui fait partie de la constellation du Sculpteur. Comme elle, la nôtre est une galaxie spirale. De même qu'une galaxie est peuplée d'étoiles, l'Univers est peuplé de galaxies. L'étude de la lumière qui nous parvient d'elles a permis, dès 1929, à l'astronome américain Edwin Hubble de découvrir que l'Univers est en ex-

pansion, preuve qu'il a commencé par une explosion initiale, le Big Bang.

La théorie du Big Bang prévoit qu'au moment où la lumière s'est libérée de la matière et a commencé à voyager dans l'Univers, c'est-à-dire 300 000 ans après la naissance de celui-ci, elle avait une longueur d'onde correspondant à la température de l'Univers d'alors, soit 3 000 K. Elle prévoit aussi que, compte tenu du refroidissement de l'Univers dû à son expansion, cette lumière a aujourd'hui une longueur d'onde correspondant à une température de

3 K. Or un tel rayonnement a effectivement été capté en 1964 par Arno Penzias et Robert Wilson (2), grâce à la grande antenne de la station de Holmdel, aux Etats-Unis. Ce rayonnement fossile a été détecté alors sous forme d'un "bruit de fond" apparemment uniforme, quelle que soit la direction du ciel d'où il provient. Ce n'est qu'avec les récentes mesures du satellite COBE (voir p. 20) que de très légères différences ont été observées dans les longueurs d'onde – c'est-à-dire la température – de ce rayonnement.

tuées dans une petite partie de notre galaxie qui comprend un total de 100 milliards d'étoiles dans un disque de 100 000 années-lumière de diamètre. Le Soleil n'est qu'un petit point dans ce vaste ensemble.

Avec les galaxies, nous sommes confrontés à l'Univers dans sa globalité. En effet, de même qu'une galaxie est peuplée d'étoiles, l'Univers est peuplé de galaxies. Avec elles, c'est désormais en millions d'années-lumière que se mesurent les distances. La plus proche des grandes galaxies voisines est celle d'Andromède, à 2,3 millions d'années-lumière de nous. Sa proximité et son éclat la rendent visible à l'œil nu (on la repère à partir du Grand Carré de Pégase). Mais il faut un télescope pour discerner les étoiles qui la composent. L'astronome américain Edwin Hubble fut, en 1923, le premier à y parvenir. Ce qu'il a ensuite découvert, en poursuivant ses observations, a transformé notre conception du monde.

Les galaxies ne sont pas immobiles les unes par rapport aux autres. Et le mouvement d'ensemble qui les anime est la première preuve du Big Bang. Hubble l'a découvert grâce à une deuxième propriété fondamentale de la lumière : c'est une onde. Cette propriété joue un rôle crucial dans toute la suite de notre histoire. Pour bien comprendre sa signification, le mieux est de prendre l'exemple des ondes à la surface de l'eau : le seul qui soit vraiment visuel. Ce n'est qu'avec lui qu'on peut voir directement comment une onde se propage, autrement dit comment elle "voyage" par déplacement, de proche en proche, d'une petite perturbation initiale. On peut visualiser également ce qu'on appelle la "longueur d'onde" et qui est la distance entre deux rides successives : la longueur constante – donc caractéristique de l'onde – qui sépare deux crêtes voisines. On peut enfin comprendre le phénomène physique baptisé "effet Doppler" : lorsqu'une onde est émise par une source non pas immobile mais en mouvement, sa longueur d'onde vue par un observateur fixe apparaît comprimée ou dilatée (voir dessin ci-contre).

L'effet Doppler s'applique à toutes les ondes, quelle que soit leur nature. Le son, par exemple, n'est rien d'autre qu'une onde de pression qui se propage dans l'air. L'effet Doppler décale le son d'une voiture vers l'aigu (courtes longueurs d'onde) quand elle s'approche de nous et vers le grave (grandes longueurs d'onde) quand elle s'éloigne. Une relation mathématique simple relie directement ce décalage en longueur d'onde et la vitesse de la source en mouvement. Connaissant l'un, on en déduit l'autre ; et réciproquement.

La lumière est une onde de nature plus subtile. Ce qui se propage, dans son cas, c'est la combinaison

d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Ces deux champs sont reliés l'un à l'autre et se déplacent conjointement dans l'espace. L'onde est un frémissement de ces champs : plutôt difficile à visualiser ! Pourtant, nous sommes en permanence plongés dans un bain de telles ondes électromagnétiques. Leur longueur d'onde les distingue : ondes radio, infrarouge, lumière visible (du rouge jusqu'au bleu), ultraviolet, rayons X et gamma, en allant des grandes aux courtes longueurs d'onde.

Le spectroscope est un instrument qui décompose la lumière en ses éléments de différentes longueurs d'onde. En le combinant avec un télescope, Hubble a constaté que la lumière qui nous vient des galaxies présente un décalage systématique vers le rouge, c'est-à-dire vers les grandes longueurs d'onde. L'effet Doppler est formel : il nous apprend que ce décalage est le signe tangible que les galaxies nous "fuient" et s'éloignent de nous (comme la voiture dont le son tend vers le grave). Mieux, il permet de calculer la vitesse de cette fuite : elle est d'autant plus grande que les galaxies sont éloignées. C'est la loi fantastique découverte par Hubble en 1929. Du point de vue mathématique, cette loi est l'une des plus simples qu'on puisse imaginer : la vitesse à laquelle une galaxie s'éloigne de nous est égale à sa distance multipliée par un paramètre constant et identique pour toutes les galaxies. Ce paramètre est appelé "constante de Hubble". Là encore, un exemple simple est le meilleur moyen de comprendre sa signification. A une échelle plus modeste (et à une dimension) la loi de Hubble caractérise en effet la manière dont deux points quelconques d'un ruban élastique s'éloignent l'un de l'autre lorsqu'on tend ce ruban (voir dessin p. 27).

Autrement dit, ce ne sont pas les galaxies elles-mêmes qui sont la cause du mouvement de fuite qui les anime, les unes par rapport aux autres et en particulier par rapport à nous. Ce mouvement ne dépend pas de leurs caractéristiques propres mais simplement de leur distance relative. C'est une propriété de l'Univers tout entier dont l'espace s'agrandit – tel un gigantesque élastique qui se tend – entraînant avec lui les galaxies, comme le courant emporte les objets qui flottent à la surface de l'eau ! C'est ce qu'on traduit en disant que l'Univers est en expansion.

Cette expansion nous amène directement au Big Bang. Car si l'on remonte le temps – comme avec une cassette vidéo qu'on rembobine et qui défile à l'envers – on s'aperçoit que les galaxies se rapprochent alors les unes des autres avec des vitesses qui sont bien sûr d'autant plus grandes qu'elles sont plus éloignées. De sorte qu'elles finissent par se re-

trouver toutes au même endroit, au même moment. C'est là une conséquence directe de la loi de Hubble. Autrement dit, cette loi qui décrit l'expansion actuelle de l'Univers conduit à lui attribuer une seule et même origine.

On sait calculer le temps qui nous sépare de cette origine : mathématiquement, c'est l'inverse de la constante de Hubble ; soit 15 milliards d'années. Reste à décrire l'Univers primordial. Pour cela, les lois de la physique nous servent de guide. La thermodynamique nous indique par exemple qu'un morceau de matière (quelconque) s'échauffe au fur et à mesure qu'on le comprime. Imaginez tout l'Univers avec ses milliards de galaxies, composées chacune de centaines de milliards d'étoiles... Il semble impos-

sible de concevoir toute cette quantité de matière concentrée en même temps, au même endroit.

Pourtant, un détail nous sauve et permet aux lois physiques de tenir bon, au fur et à mesure qu'on remonte vers le Big Bang. Aujourd'hui, l'espace interstellaire et intergalactique est essentiellement vide. Si bien qu'il faut énormément concentrer l'Univers pour "combler" ce vide et dépasser par exemple les conditions qui règnent au centre du Soleil (température de 15 millions de degrés). Il faut ainsi remonter jusqu'à la première seconde après le Big Bang pour trouver une température de 10 milliards de degrés. Même si de telles conditions nous sont peu familières, on peut aujourd'hui les reproduire en laboratoire. Mieux, les collisions entre particules, provo-

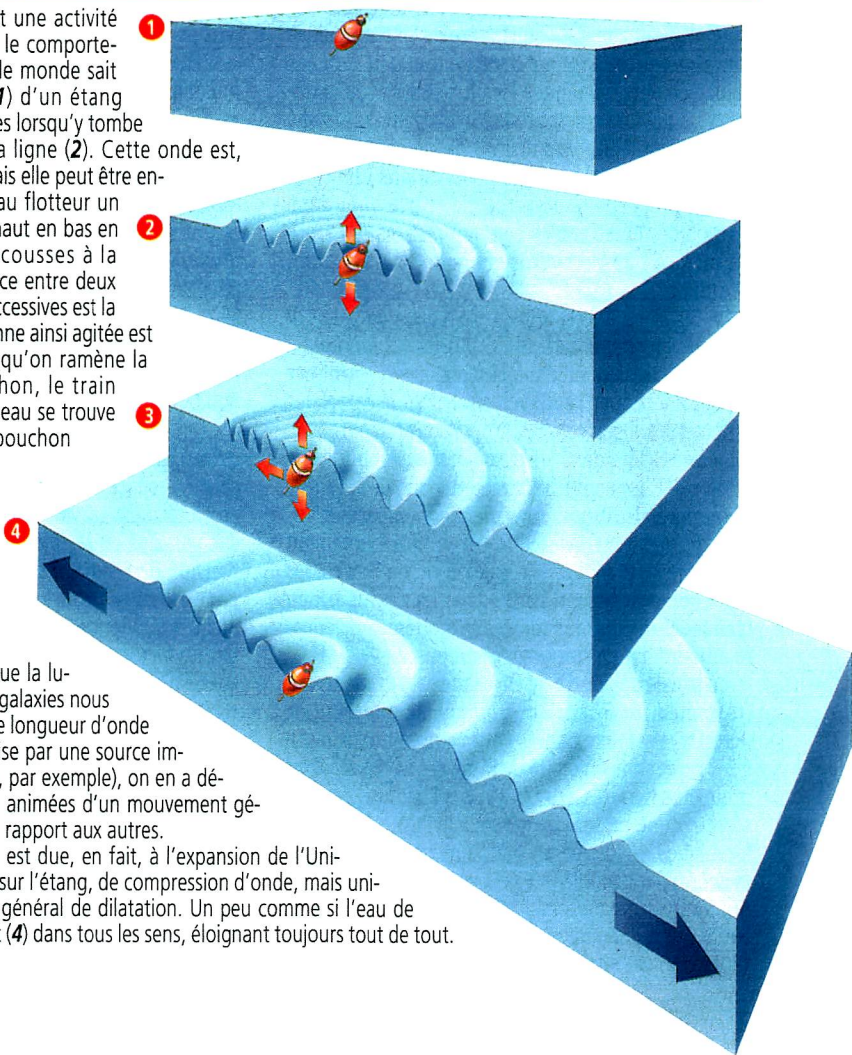
LA LUMIÈRE VOYAGE COMME L'ONDE AU FIL DE L'EAU

La pêche à la ligne est une activité idéale pour visualiser le comportement d'une onde. Tout le monde sait que la surface calme (1) d'un étang s'anime d'un train de rides lorsqu'y tombe le flotteur au bout de la ligne (2). Cette onde est, hélas, bien éphémère, mais elle peut être entretenue si on imprime au flotteur un mouvement régulier de haut en bas en donnant de petites secousses à la canne à pêche. La distance entre deux crêtes (ou deux creux) successives est la longueur d'onde. Si la canne ainsi agitée est dotée d'un moulinet et qu'on ramène la ligne, et donc le bouchon, le train d'ondes à la surface de l'eau se trouve comprimé à l'avant du bouchon et détendu à l'arrière (3).

C'est ce qu'on appelle l'effet Doppler, qui se manifeste avec les ondes de toute nature, aussi bien sur l'eau que dans l'air (son) ou dans l'espace (lumière).

Comme on a observé que la lumière en provenance des galaxies nous parvient toujours avec une longueur d'onde plus grande que celle émise par une source immobile (une ampoule fixe, par exemple), on en a déduit que les galaxies sont animées d'un mouvement général de fuite les unes par rapport aux autres.

Cette fuite des galaxies est due, en fait, à l'expansion de l'Univers : il n'y a pas, comme sur l'étang, de compression d'onde, mais uniquement un mouvement général de dilatation. Un peu comme si l'eau de l'étang elle-même s'étirait (4) dans tous les sens, éloignant toujours tout de tout.



quées à l'aide des accélérateurs les plus puissants actuellement en service, permettent d'étudier le comportement de la matière jusqu'à des conditions de températures encore plus extrêmes (10^{15} K) comparables à celles qui régnaient un dix-milliardième de seconde (10^{-10} s) après le Big Bang !

On voit donc qu'il ne faut pas hésiter à s'appuyer sur les lois physiques pour remonter le temps et affirmer que l'Univers est né, il y a 15 milliards d'années, dans un état extrêmement petit, chaud et dense, à partir duquel il a commencé son expansion dans une gigantesque explosion. Il faut bien voir également qu'il s'agit là d'une explosion "de" l'espace et non "dans" l'espace. La confusion entre les deux idées explique beaucoup de malentendus. Nous y reviendrons.

La fuite des galaxies n'est que la première preuve du Big Bang. La deuxième est plus "technique" et nous la décrivons plus rapidement ; mais scientifiquement, elle est tout aussi convaincante. Les astronomes ont constaté que les étoiles et les galaxies sont constituées à 98 % d'hydrogène et d'hélium, les deux éléments chimiques les plus simples de la nature. Le noyau atomique de l'hydrogène est formé d'un proton, celui de l'hélium de deux protons et deux neutrons. De plus, les observations montrent que les proportions d'hydrogène et d'hélium dans les galaxies et les étoiles sont (en masses) toujours les mêmes : 3/4 d'hydrogène pour 1/4 d'hélium. Pourquoi ?

Le Big Bang donne la réponse à cette question. Il explique en effet comment l'hélium a été fabriqué à partir de l'hydrogène dans la fournaise de l'Univers primordial ; et permet de retrouver, par le calcul, les proportions observées. Ces proportions ont été déterminées très tôt : dans les trois premières minutes de l'Univers. Elles sont une caractéristique de la matière primordiale. Pendant les premiers milliards d'années qui suivirent, la force de gravitation a lentement structuré cette matière en galaxies et en étoiles. De sorte que celles-ci ont gardé dans leur composition chimique une marque indélébile qui témoigne encore aujourd'hui de leur origine commune.

La troisième preuve du Big Bang est l'existence du "rayonnement fossile", celui-là même que vient de détecter le satellite COBE. Pour comprendre son origine, reprenons l'histoire de l'Univers après ses trois premières minutes. L'hydrogène et l'hélium présents à cet instant, ne sont là que sous la forme de noyaux atomiques. Ils baignent dans une sorte de "soupe" primordiale, constituée également d'électrons et de lumière (un rayonnement ultraviolet). Toute cette soupe est fortement brassée sous l'effet de la température qui est encore de 1 milliard de degrés. Dans

cette fournaise, les particules se "cognent" violemment, ce qui interdit l'établissement de liaisons atomiques entre électrons et noyaux. La lumière elle-même participe activement à cette empoignade. Avec une énergie qui, de façon générale, est inversement proportionnelle à la longueur d'onde, d'autant plus élevée que celle-ci est courte. Et inversement.

Pendant les 300 000 premières années de l'Univers, la lumière a suffisamment d'énergie pour se mêler au pugilat qui se déroule dans la soupe primordiale. Ses partenaires privilégiés sont les électrons - particules chargées les plus légères, donc les plus sensibles à ses coups. Réciproquement, cela l'amène à rester en contact et en équilibre thermique avec la matière. Lumière et matière évoluent ainsi de concert. Au fur et à mesure que l'Univers poursuit son expansion, la soupe se refroidit et la lumière reste à l'unisson : elle perd progressivement son énergie, autrement dit sa longueur d'onde s'accroît. D'ultraviolette, cette lumière passe au bleu, puis au jaune.

300 000 ans après le Big Bang, la température franchit le cap des 3 000 K. Les atomes qui se forment alors ne sont plus décomposés par les collisions. La lumière elle-même n'a plus assez d'énergie pour les casser. Les électrons se retrouvent ainsi durablement liés aux noyaux, avec lesquels ils forment des atomes électriquement neutres. Il n'y a donc plus d'électrons libres ou de particules chargées pour inciter la lumière à échanger quelques coups et garder le contact thermique. Plus rien ne l'entrave. Pour elle, la matière est devenue transparente, et elle peut désormais se propager à la vitesse de 300 000 km/s.

Livrée à elle-même, cette lumière initialement émise dans toutes les directions va simplement parcourir l'espace. De son côté, la matière va se livrer aux jeux de la gravitation et du hasard, pour former des galaxies et des étoiles. Pendant ce temps, l'expansion de l'Univers se poursuit, comme on l'a vu, par une dilatation de l'espace. De 300 000 ans jusqu'à nos jours, les distances ont été multipliées par un facteur 1 000. Il en est de même pour la longueur d'onde de la lumière qui erre dans cet espace en expansion. Cet étirement en longueur d'onde la fait passer dans le domaine des ondes radio. De sorte que cette lumière, qui juste avant de commencer à se propager était en équilibre thermique avec la matière fluide à 3 000 K, possède aujourd'hui une longueur d'onde plus grande. Son énergie affaiblie est maintenant équivalente à celle qu'elle aurait si on la mettait en contact thermique avec un corps refroidi à 3 K (soit -270°C). Ce qu'on résume en disant que la « lumière s'est refroidie ».

Cette lumière refroidie est un vestige de l'Univers primordial, un fossile vivant que nous avons hérité du Big Bang. Il a été détecté fortuitement en 1964 par Arno Penzias et Robert Wilson, avec une antenne radio des laboratoires Bell, à Holmdel dans le New Jersey (voir photo p. 22). Cette découverte eut un retentissement d'autant plus grand que l'existence de ce rayonnement fossile très refroidi avait été prédite dès la fin des années 1940 par le physicien George Gamow et ses collaborateurs.

Une propriété étonnante du rayonnement fossile est d'apparaître identique à lui-même quelle que soit la direction du ciel dans laquelle on le regarde. Cela vient du fait que dans un Univers en expansion, toutes les directions "pointent" vers le passé. Si l'on choisit aujourd'hui n'importe quelle direction du ciel et qu'on la suit en remontant dans le temps, on finit nécessairement par arriver à l'Univers tel qu'il était 300 000 ans après sa naissance. Tous les chemins suivis par le rayonnement fossile "pointent" vers cet Univers nouveau-né (voir dessin p. 28). L'uniformité du rayonnement fossile n'est donc que l'expression de l'homogénéité de l'Univers 300 000 ans après le Big Bang. Le vrai problème est d'expliquer cette dernière. Nous y reviendrons à propos de cette phase d'expansion frénétique qu'on appelle "inflation".

Globalement, l'Univers actuel apparaît lui aussi très homogène à grande échelle : on observe la même densité globale de matière dans toutes les directions. Mais à une échelle plus réduite, il est également structuré en étoiles, amas d'étoiles, galaxies, amas

de galaxies. Or, toutes ces structures ont aussi une origine. Elles doivent être issues de "germes", c'est-à-dire de petites fluctuations de densité de l'Univers primordial, offrant autant de "prises" à l'action structurante de la gravitation. Autrement dit, il faut incorporer une petite dose d'hétérogénéité dans la soupe de particules primordiale pour que la gravitation puisse jouer son rôle. Sinon l'Univers serait resté homogène, il se serait simplement dilué au cours de son expansion sans former ni galaxies ni étoiles, et nous ne serions pas là pour en parler.

C'est l'existence de tels germes qui vient d'être mise en évidence pour la première fois par les résultats du satellite COBE. Elle se traduit par de petites fluctuations dans la distribution en longueur d'onde du rayonnement fossile, qui proviennent des fluctuations initiales de température, donc de densité, dans la soupe primordiale. En clair, grâce à COBE, des grumeaux ont été vus dans cette soupe, à 15 milliards d'années de distance. Le rayonnement fossile en a fidèlement gardé la trace. N'est-ce pas extraordinaire ? La nouvelle a été accueillie avec enthousiasme mais aussi soulagement par les astronomes. Soulagement, car les premiers résultats de COBE ne montraient pas encore l'existence de ces fameux grumeaux (voir *Science & Vie* n° 898, novembre 1990).

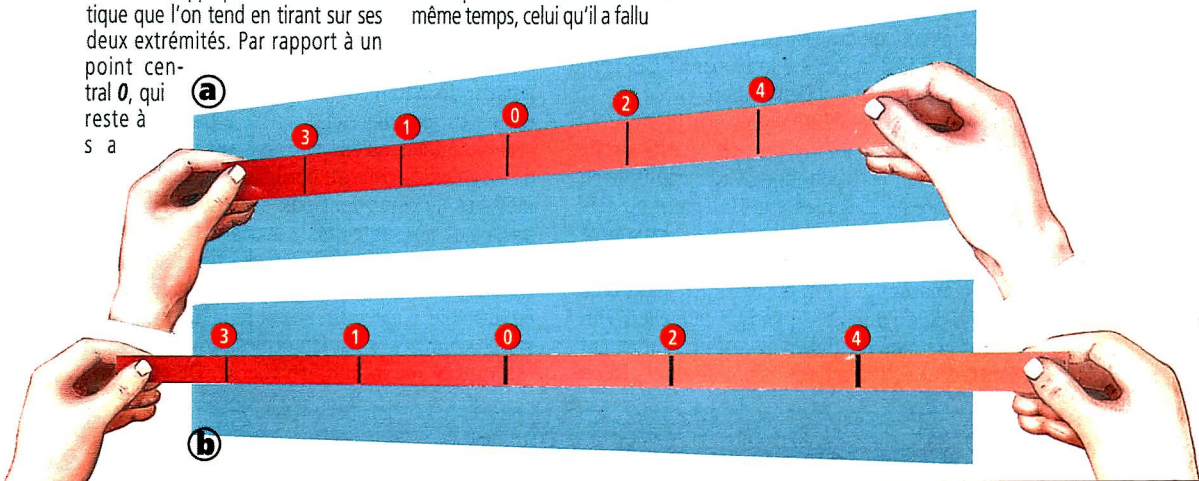
John Mather, George Smoot et Michael Hauser sont les trois principaux responsables du projet de satellite COBE (Cosmic Background Explorer) présenté à la NASA dès 1974 et approuvé en 1982. Dans

LA LOI DE HUBBLE VÉRIFIÉE SUR UN ÉLASTIQUE

Les galaxies de l'Univers se fuient d'autant plus vite qu'elles sont plus éloignées les unes des autres. C'est la loi découverte par Edwin Hubble en 1929. A une échelle plus modeste, la même loi s'applique à un ruban élastique que l'on tend en tirant sur ses deux extrémités. Par rapport à un point central 0, qui reste à sa place,

on s'aperçoit facilement que les points 3 et 4 passant en 3a et 4a se sont séparés d'une distance nettement plus longue que les points 1 et 2 qui sont passés à 1a et 2a. Comme ces déplacements se sont faits en un même temps, celui qu'il a fallu

pour étirer l'élastique, il en découle que la vitesse d'éloignement de deux points est d'autant plus grande que la distance qui les sépare est importante. C'est la loi de Hubble.



Le long voyage de la lueur fossile

Inflation

Le rayonnement "fossile" détecté par COBE a été émis 300 000 ans après le Big Bang. C'est le commencement du voyage de

300 000 ans après le Big Bang : la lumière se propage

la lumière dans l'Univers : avant cette époque, elle était prisonnière de la matière. Pendant ce voyage,

l'Univers s'est lui-même dilaté d'un facteur 1 000 du fait de son expansion (qui a commencé avec le Big Bang et dure toujours). Cela eut pour effet d'accroître la longueur d'onde du rayonnement (**voir dessin p. 25**), et aussi d'augmenter la longueur du trajet

sa conception initiale, ce satellite était destiné à être lancé par une navette spatiale. L'accident de *Challenger* en 1986 a changé ce programme. Le poids du satellite a été réduit de moitié et sa taille ramenée de 3 à 2,4 m de façon à assurer son lancement par une fusée Delta. Le 18 novembre 1989, COBE a été mis en orbite avec ses trois détecteurs. L'un d'entre eux a déjà permis de mesurer avec précision la température (c'est-à-dire en fait, la distribution en longueur d'onde) du rayonnement cosmique : 2,735 K. Un autre détecteur pourrait permettre d'observer la lumière de galaxies primordiales (sans résultat positif jusqu'à présent).

Le troisième, qui nous intéresse ici, a été conçu pour mettre en évidence des variations de température dans le rayonnement cosmique, en fonction de la direction du ciel observée. Celles qui apparaissent sur la photo (**voir p. 20**) présentée par George Smoot le 23 avril dernier sont de l'ordre de 30 millièmes de degré (par rapport à la température moyenne de 2,735 K). Elles sont le fruit d'un travail acharné de la trentaine de scientifiques qui ont analysé les quelque 70 millions de mesures effectuées, dans toutes les directions du ciel et chacune à trois longueurs d'onde (3,3, 5,7 et 9,6 mm), par COBE, pendant sa première année d'exploitation.

L'amplitude de ces minuscules écarts mesurés dans la température du rayonnement fossile excite particulièrement les scientifiques. Elle confirme en effet deux idées étonnantes qui s'intègrent au scénario du Big Bang. C'est d'une part, l'existence d'une "matière noire" invisible qui composerait 90 % de la masse de l'Univers ; et d'autre part, celle d'une période "d'inflation" pendant laquelle l'Univers tout juste né du Big Bang aurait subitement enflé dans des proportions considérables. Deux

idées fascinantes et audacieuses !

L'existence d'une "matière noire" dans l'Univers est une question sur laquelle les astronomes s'interrogent depuis une cinquantaine d'années. Ils disposent en effet de deux moyens d'évaluer la masse des objets qu'ils observent. Dans le cas d'un amas de galaxies, par exemple, ils peuvent calculer la masse directement à partir de la lumière émise par l'amas. Ils peuvent également calculer cette masse à partir des effets gravitationnels qu'elle entraîne sur le mouvement d'une galaxie située au bord de l'amas. Or les deux mesures ne coïncident pas. Le résultat de la première ne représente que le dixième, voire parfois le centième de la seconde. Comme s'il y avait, en plus de la matière visible, dix fois plus de matière noire ou invisible, n'émettant pas de lumière mais faisant sentir sa présence par l'intermédiaire d'effets gravitationnels sur la matière visible. De quoi serait

10 milliards d'années après le Big Bang : naissance du système solaire ; la lumière poursuit son voyage. L'expansion de l'Univers étire sa longueur d'onde

parcouru par ce rayonnement jusqu'à nous.

En combinant la vitesse de la lumière (300 000 km/s) et l'expansion de l'Univers, on peut en déduire que le rayonnement fossile détecté aujourd'hui par COBE a été émis à une distance de 15 millions d'années-lumière de ce qui allait plus tard devenir la Terre. La propriété de ce rayonnement fossile est qu'il présente – à d'infimes fluctuations près – les mêmes caractéristiques (intensité, longueur

d'onde, température), qu'il est uniforme, quelle que soit la direction du ciel dont il nous provient : par conséquent, les points à partir desquels il a été émis doivent avoir la même origine, le Big Bang.

Pendant une fraction de seconde après cette explosion originelle, l'Univers s'est dilaté à une vitesse vertigineusement grande. Après cette "ère d'inflation", il a adopté un rythme beaucoup plus paisible, qui se poursuit encore aujourd'hui.

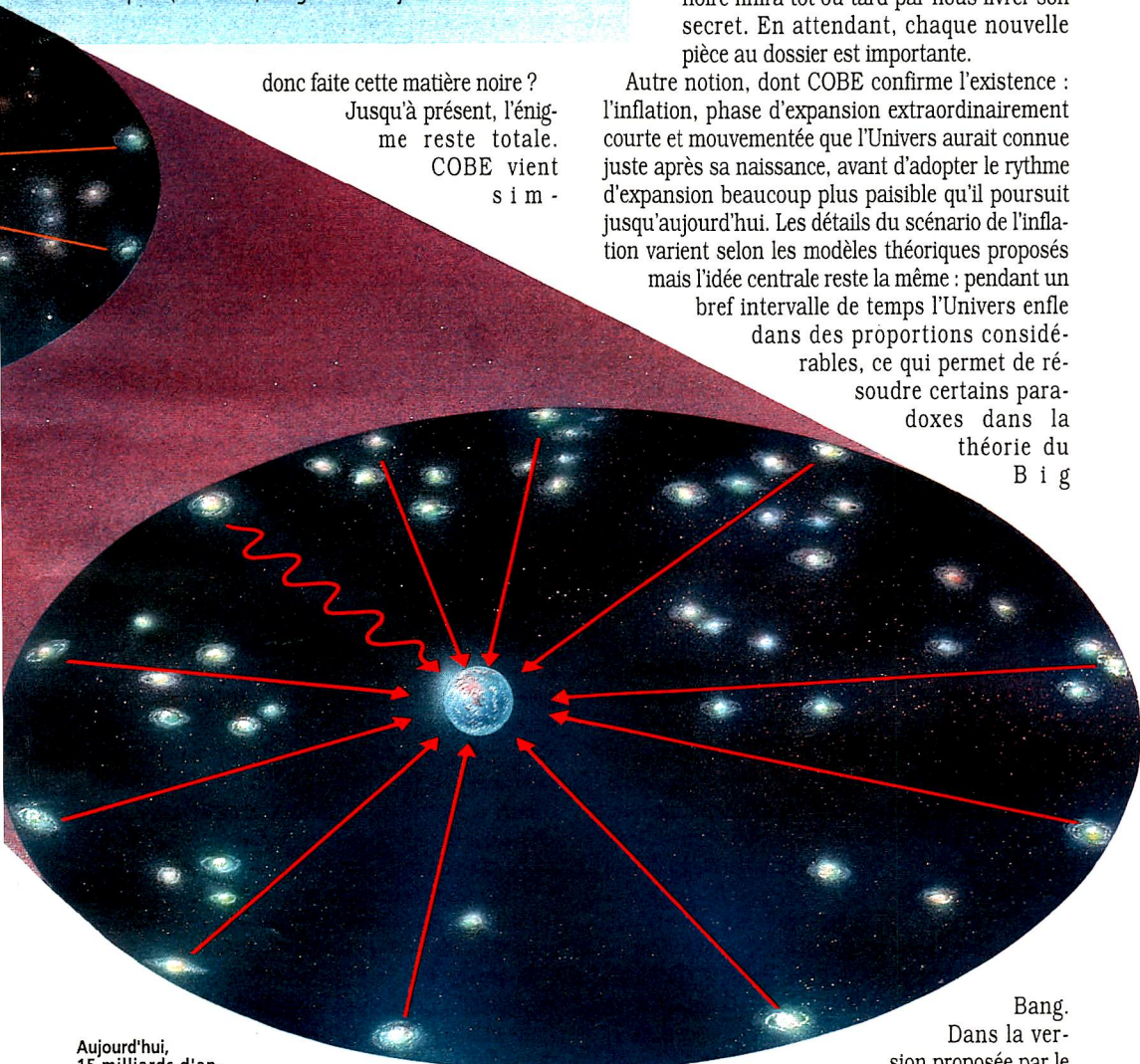
plement d'ajouter une nouvelle pièce au puzzle. En effet, la présence de matière noire apparaît également indispensable pour expliquer comment des galaxies et des amas de galaxies ont pu être formées à partir des hétérogénéités de densité – les grumeaux – dont COBE a révélé l'existence. Sans matière noire, et compte tenu de la faible amplitude de ces hétérogénéités, la force de gravitation n'aurait pas eu le temps d'agir pour former nos galaxies. Pour le moment, c'est tout ce qu'on peut en dire. Mais il est "clair" que cette matière noire finira tôt ou tard par nous livrer son secret. En attendant, chaque nouvelle pièce au dossier est importante.

donc faite cette matière noire ?

Jusqu'à présent, l'énigme reste totale.

COBE vient
s i m -

Autre notion, dont COBE confirme l'existence : l'inflation, phase d'expansion extraordinairement courte et mouvementée que l'Univers aurait connue juste après sa naissance, avant d'adopter le rythme d'expansion beaucoup plus paisible qu'il poursuit jusqu'aujourd'hui. Les détails du scénario de l'inflation varient selon les modèles théoriques proposés mais l'idée centrale reste la même : pendant un bref intervalle de temps l'Univers enfla dans des proportions considérables, ce qui permet de résoudre certains paradoxes dans la théorie du Big



Aujourd'hui, 15 milliards d'années après le Big Bang: la lumière arrive jusqu'à nous; l'Univers a poursuivi son expansion, et la longueur d'onde de la lumière s'est encore accrue

Bang.
Dans la version proposée par le théoricien russe Andrei Linde, par exemple, la phase d'inflation se déroule de

10^{-43} à 10^{-35} seconde après la naissance de l'Univers. De tels nombres sont tellement petits qu'on ne peut que rappeler la recette de leur fabrication : diviser 1 par 10, et ce 43 fois de suite pour le premier, 35 "seulement" pour le second. Ou encore, écrire 0,0...01 avec 43 chiffres derrière la virgule pour le premier et 35 pour le second.

Pendant cet intervalle de temps extrêmement court et proche du Big Bang, l'Univers gonfle d'un facteur dix puissance cent millions ($10^{100\,000\,000}$). Encore un nombre faramineux. Il s'obtient en multipliant 10 par lui-même cent millions de fois. A titre de comparaison, le rythme d'expansion de l'Univers au-delà de 300 000 ans après le Big Bang et jusqu'aujourd'hui est, comme on l'a vu, de 1 000, soit 10^3 . D'autres modèles d'inflation, dont les paramètres diffèrent de celui de Linde, obtiennent une expansion plus modeste, d'un facteur 10^{50} "seulement".

Aussi incroyable que cela paraisse, les nombres que nous venons de citer pour l'expansion avec inflation sont ceux qu'il convient d'employer pour retrouver, par le calcul, l'ordre de grandeur des fluctuations de température effectivement observées par COBE. C'est la preuve que ces modèles "marchent" bien. Cela confirme donc ces modèles, mais ne les prouve pas pour autant. En fait, comme avec la matière noire, COBE apporte un nouvel élément au puzzle. Mais quels en sont les autres éléments ?

Le premier modèle décrivant la phase d'inflation a été présenté en 1980, par Alan Guth du MIT (Massachusetts Institute of Technology). Il apportait une solution à plusieurs paradoxes de la théorie du Big Bang. Le premier de ces paradoxes est celui de l'homogénéité de l'Univers, déjà signalée à propos du rayonnement fossile. Nous avons vu que ce rayonnement est émis en tous points de l'Univers, 300 000 ans après le Big Bang, et qu'il nous apparaît uniforme quelle que soit sa direction d'observation (à l'exception bien sûr des fameux grumeaux découverts par COBE). Nous pouvons préciser ce tableau par un chiffre : 30 millions d'années-lumière. C'est l'éloignement initial qui séparait deux points, sources d'émission du rayonnement observé aujourd'hui dans deux directions opposées du ciel (voir dessin p. 28).

Or 30 millions d'années-lumière c'est cent fois plus que le parcours maximum de la lumière depuis le Big Bang qui, par définition, est de 300 000 années-lumière. C'est dans ce facteur 100 que réside le problème. Les deux points sources de rayonnement fossile sont cent fois trop éloignés l'un de l'autre pour qu'une information physique ait pu se transmettre entre eux depuis le Big Bang – puisque rien

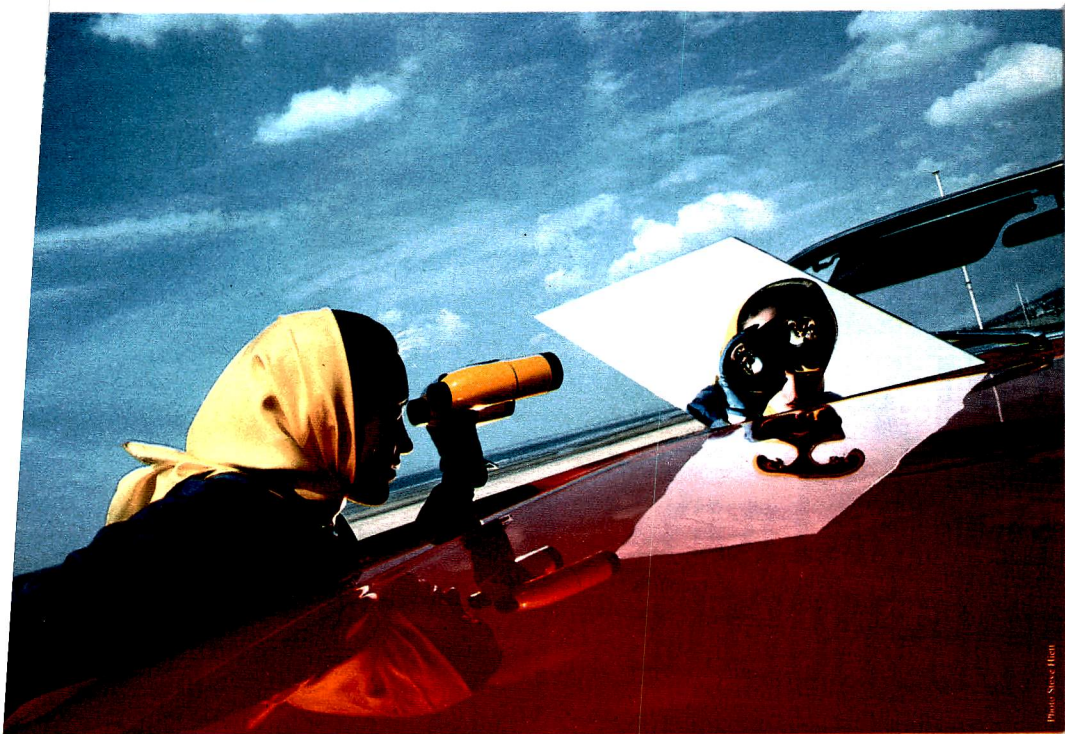
ne se propage plus vite que la lumière. Pourtant le rayonnement qu'ils nous envoient chacun de leur côté, et que nous recevons aujourd'hui dans deux directions opposées du ciel, est identique (à quelques dix millièmes près). Comment une même température, caractéristique d'une même évolution, commencée au même moment, a-t-elle pu s'établir entre ces deux points sans qu'aucun phénomène physique n'ait eu le temps de se transmettre de l'un à l'autre ? Certes, on peut supposer l'existence de multiples Big Bang se déroulant exactement dans les mêmes conditions et parfaitement synchronisés pour établir un pont entre nos deux points. Mais on conviendra que cela est peu vraisemblable. En revanche, le paradoxe disparaît avec l'inflation, si l'on suppose que les deux points se sont retrouvés fortement éloignés l'un de l'autre sous l'effet du gonflement brutal et inflationnaire de l'Univers. Avant cette phase, ils étaient suffisamment proches pour que des informations aient eu le temps de transiter de l'un à l'autre.

Un deuxième paradoxe est celui de la "platitude" de l'Univers. Suivant la théorie de la relativité générale, la théorie d'Einstein de la gravitation, l'Univers est plus ou moins "courbé" par la densité de matière qu'il contient (voir *Science & Vie* n° 894, mars 1992). Cette courbure se manifeste localement, par exemple dans le cas d'astres très denses, mais aussi globalement à l'échelle de tout l'Univers. Dans ce dernier cas, la théorie montre qu'il existe un seuil, une valeur critique en fonction de laquelle l'Univers est ouvert, fermé ou plat, suivant que sa densité est respectivement inférieure, supérieure ou égale à cette valeur critique.

Jusqu'à présent, tout semble montrer que nous vivons dans un Univers "plat". Or sans inflation, il aurait fallu, pour en arriver aujourd'hui à cette valeur, que la densité de l'Univers soit parfaitement ajustée dès le départ pour coïncider avec la valeur critique. Cela reviendrait à poser un crayon sur sa pointe avec une précision suffisante pour lui permettre de rester en équilibre pendant 15 milliards d'années. Là encore, le paradoxe disparaît avec une phase d'inflation : sous l'effet de l'expansion énorme de l'espace durant cette phase, n'importe quel Univers fermé au départ se retrouve, en effet, localement aussi plat que la surface d'un ballon gonflé énormément.

Il reste cependant à comprendre le mécanisme de cette inflation. C'est là qu'intervient le scénario théorique proposé par Guth dès 1980. Il fait appel aux propriétés remarquables de certaines particules (appelées "bosons de Higgs"), dont l'existence est par ailleurs postulée en physique et qui sont actuelle-

(suite du texte page 168)



FILM KODAK EKTACHROME
LE FILM QUI REFLETE FIDELLEMENT VOTRE IMAGINATION.

Votre imagination n'a pas de limites, c'est pourquoi Kodak Ektachrome vous propose une gamme de diapositives aux sensibilités très très étendues, allant de 50 à 1600 iso. Kodak toujours un déclic d'avance.



PAR RENAUD DE LA TAILLE

L'ASTRONOMIE CONDAMNÉE PAR LA CIVILISATION INDUSTRIELLE

Le ciel étoilé est en voie de disparition : aujourd'hui, en pleine nuit, dans une rue d'une ville quelconque, il est impossible de voir la Voie lactée ou les sept étoiles de la Petite Ourse. Lumières, poussières, fumées se conjuguent pour éteindre les étoiles, à tel point que les observatoires les mieux placés voient leurs possibilités s'atténuer au fil des ans.





Un enfant né en ville n'a jamais vu ni une poule, ni un cheval, ni un pommier en fleurs, ni un semis d'étoiles – ou plutôt il ne les a vus que sur ses livres de classe ou sur un écran de télévision. Bien sûr, il reste quelques privilégiés qui ont eu l'occasion de passer des vacances dans la vraie campagne profonde et de voir ainsi des poussins ou l'amas des Pléiades, mais le reste de l'année ils sont coupés de la nature comme les autres.

Certes, on peut vivre sans connaître le bruissement des abeilles dans les lilas au printemps, ni un croissant de Lune pâle comme le gel par une nuit d'hiver, mais on y perd ce qui a fait le plaisir admiratif de l'humanité depuis l'aube des temps. Et ceux qui y perdent le plus, ce sont ceux qui ont choisi d'observer le ciel et d'en déchiffrer les énigmes, autrement dit les astro-

La nuit a disparu à Los Angeles

Le cliché de gauche a été pris en 1908, du haut des montagnes qui entourent la ville, alors que la photo ci-dessus date de 1988. La lueur qui baigne le ciel aujourd'hui interdit toute observation astronomique dans un rayon de 100 km.

nomes. Ils y perdent même tant qu'ils ont décidé d'organiser du 30 juin au 2 juillet un exposé international sur le sujet, dans les bâtiments de l'UNESCO, à Paris. Il faut dire que le problème est de taille : industrialisation et urbanisation condamnent à terme l'astronomie sous toutes ses formes, c'est-à-dire aussi bien les lunettes et télescopes habituels que les radiotélescopes, les détecteurs spéciaux de rayons X et gamma et même les instruments en orbite.

Cela peut sembler beaucoup, mais il faut bien voir qu'il y a la pollution de l'atmosphère qui nuit à la transparence du ciel, et le déferlement des éclairages qui viennent illuminer les poussières et autres gouttelettes pour en faire une brume lumineuse qui occulte tout le ciel noir sur des centaines de kilomètres. Vient ensuite la prolifération des émetteurs radio dont les ondes finissent par masquer celles qui nous arrivent des étoiles, et s'ajoutent enfin tous les satellites et surtout leurs débris qui constituent un risque de collision permanent pour les instruments de détection mis en orbite, genre télescope spatial.

Pour l'ensemble de ceux que le ciel intéresse, et en particulier pour les astronomes amateurs, la gêne la plus visible reste celle des éclairages publics. Pour mesurer la dégradation qui s'est opérée en moins d'un siècle, il suffit de rappeler que l'observatoire de Meudon, dans la banlieue de Paris, était dans les années 1900 l'un des plus puissants et des plus performants au monde. Il possédait la plus grande lunette

d'Europe (83 cm) et nombre de découvertes essentielles y ont été faites, en particulier dans le domaine de l'astronomie planétaire.

Aujourd'hui, par la plus belle nuit d'hiver, c'est tout juste si on voit la Voie Lactée depuis la terrasse de Meudon, et en temps ordinaire on ne peut même pas distinguer les étoiles faibles de la Petite Ourse. Bien que l'observatoire soit toujours le siège d'une activité scientifique intense, la plus grande lunette d'Europe ne peut plus y servir à rien : dès le soir tombé, le ciel, voilé de brumes industrielles et de poussières, est éclairé par les lampadaires des avenues qui forment un halo lumineux masquant les étoiles – tout comme une route devient à peu près invisible quand on y roule pleins phares dans le brouillard.

Nul ne peut contester l'intérêt de l'éclairage public, d'une part parce qu'il est impossible de suivre son chemin dans le noir – ceux qui se sont retrouvés la nuit en forêt en ont une juste idée – et d'autre part pour des questions de sécurité. L'ennui, pour les astronomes comme pour les autres, c'est que cet éclairage est mal fait : au moins 30 % de l'énergie lumineuse émise ne sert qu'à éclairer le ciel et les chambres des appartements sur rue.

Il est facile de tester un éclairage public : il suffit pour cela de lever le regard un peu plus haut que le fond de la rue ; si on a la lumière dans l'œil, l'installation est mauvaise. En effet, d'une part le passant qui ne marche pas le nez sur le trottoir se trouve sans

Le ciel par-dessus le toit

Les poussières et les fumées de la ville, rendues lumineuses par les éclairages publics, forment, la nuit, un couvercle devant le ciel qui aveugle même les instruments d'observation installés en hauteur. Les radiotélescopes ne sont pas mieux servis car les innombrables émetteurs publics ou privés et les satellites de repérage et de télécommunications déversent des océans d'ondes qui finissent par masquer celles qui viennent des étoiles.

Plafond de poussières et fumées réfléchissant la lumière de la ville

Rayonnement parasite

Lumière parasite

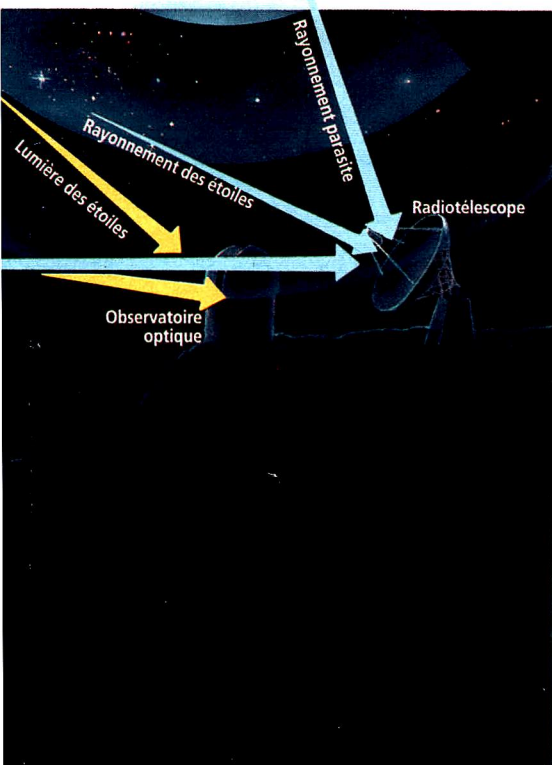
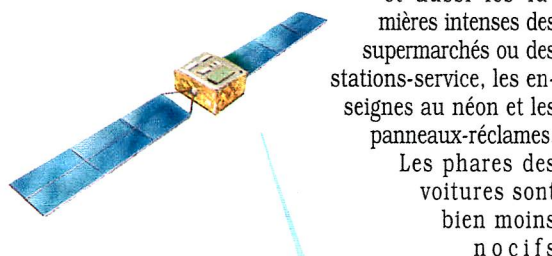


cesse plus ou moins ébloui, ce dont savent très bien profiter les loubards et autres arnaqueurs, et d'autre part ce type de lampadaire éblouissant crée des zones d'ombre profonde qui dissimulent fort bien ces mêmes agresseurs. La sécurité procurée par ces éclairages violents est donc tout à fait illusoire – sans compter qu'ils sont fort gênants pour ceux qui ont leurs fenêtres au niveau des réverbères. Il y a d'ailleurs une règle simple en ce qui concerne l'éclairage public : si on voit l'ampoule, l'installation est ratée ; si au contraire on ne voit que ce qu'il y a à éclairer – trottoirs, bordures, rambardes, voitures en stationnement et autres – l'éclairage est parfait.

La vérité oblige à reconnaître qu'en règle générale le résultat est très mauvais, si mauvais même que l'observation du ciel lointain est impossible à moins de 200 km d'un grand centre urbain ; l'éclairage des rues n'est pas seul en cause : il faut y ajouter celui des autoroutes et des carrefours, des stades et des parkings,

et aussi les lumières intenses des supermarchés ou des stations-service, les enseignes au néon et les panneaux-réclames.

Les phares des voitures sont bien moins nocifs



car il s'agit d'un éclairage focalisé et dirigé plutôt vers le sol. Tous ces éclairages mal conçus illuminent le voile atmosphérique dû aux fumées et poussières industrielles, aux échappements des voitures et camions, aux chauffages domestiques, aux centrales thermiques et autres cimenteries. Du coup, une buée lumineuse cache le ciel étoilé autour de toutes les grandes villes, et même fort loin de celles-ci, au point qu'un beau ciel noir est fort difficile à trouver dans tous les pays industrialisés.

De ce fait, les grands observatoires quittent ces pays et il est symptomatique de voir que les plus puissants télescopes européens seront installés dans les Andes chiliennes, à des centaines de kilomètres de tout centre dit civilisé. Et même là, ils ne sont pas totalement à l'abri : les vents font circuler la pollution atmosphérique tout autour du globe, les traînées laissées par les avions peuvent gâcher le meilleur cliché d'une galaxie lointaine et le passage d'un satellite militaire – lequel est secret par principe, donc ignoré des astronomes – se traduira par un trait brillant qui cachera l'étoile double laborieusement étudiée.

Bien sûr, ce n'est pas d'aujourd'hui que la pollution lumineuse vient assiéger les observatoires et il y a huit ans déjà que, pour ce qui est de la France, deux astronomes, F. Barlier et J. Kovalevsky, avaient remis un rapport à l'Académie des sciences concernant toutes les nuisances qui venaient entraver les observations. Quatre ans plus tôt, un autre astronome, R. Cayrel, avait publié dans le cadre de l'Union astronomique internationale (UAI) et de la Commission internationale de l'éclairage (CIE), un guide centré sur la pollution lumineuse et qui servit de base lors des interventions auprès des ministres.

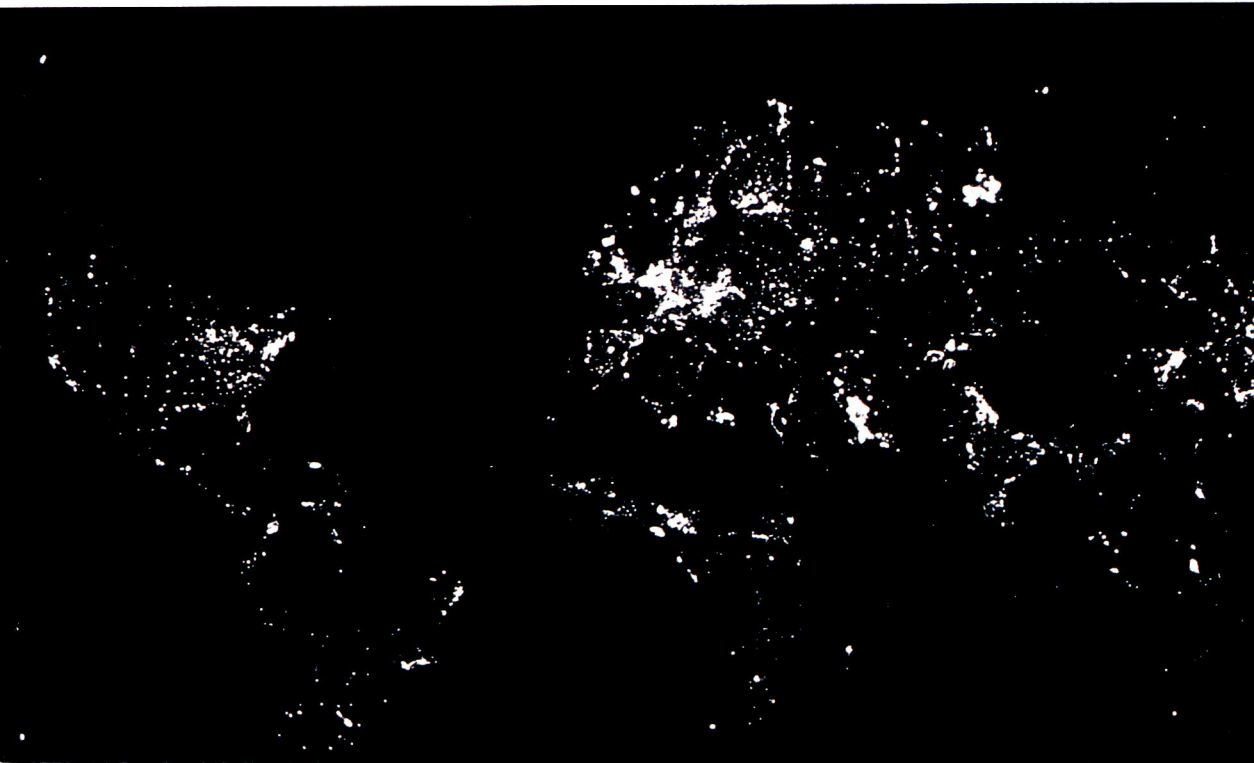
Les ministres changeant souvent, ces recommandations ne furent pas suivies d'effet. Au niveau mondial, l'UAI, l'IDA (International Dark Sky Association) et la CIE appuyèrent ces demandes auprès des services officiels concernés, mais les résultats pratiques ont été bien minces. Il faut dire que, comme nous l'avons vu, deux problèmes se conjuguent : celui de la pollution atmosphérique et celui des éclairages. Bien entendu, les rapports faits par les spécialistes préconisaient nombre de solutions faciles à mettre en œuvre (orientation des lampadaires, forme à donner aux réflecteurs, utilisation de lampes à vapeur de sodium basse pression, etc.) et qui auraient grandement arrangé les choses, non seulement pour les astronomes mais aussi pour la population dans son ensemble – un éclairage public est destiné à éclairer, rappelons-le, le sol sur lequel on marche ou la route qu'on parcourt, et non à illuminer le ciel et les étages des immeubles ou à éblouir les passants et les conducteurs. La revue

américaine *Sky & Telescope* a d'ailleurs publié une carte du ciel nocturne qui permet à chacun de se repérer.

Si la nuit est parfaite, on distingue à l'œil nu les étoiles jusqu'à la magnitude 6,5 – autrement dit, on voit clairement toutes les étoiles de la Petite Ourse et même quelques minuscules autres qui en sont très proches –, la Voie lactée est alors un poudroier d'étoiles avec une masse de détails et tout nuage apparaît plus noir que le ciel lui-même. De telles conditions sont devenues rarissimes en Europe.

Au stade en dessous, on voit encore jusqu'à la magnitude 5,5. La Petite Ourse est encore discernable dans son entier mais la Voie lactée est bien moins détaillée ; les nuages sont plus clairs que le ciel car ils commencent à être éclairés par dessous. A la magnitude 4,5 la Voie lactée n'est plus qu'une traînée claire sans aucun détail et on ne voit plus, et encore difficilement, que 6 des 7 étoiles de la Petite Ourse. C'est là le ciel ordinaire d'une nuit à la campagne, en Europe, dès qu'une ville est à moins de 100 km.

Si elle est plus proche, les choses se dégradent encore : à la magnitude 3,5 la Voie lactée n'est même pas visible et, de la Petite Ourse, il ne reste plus que la Polaire et





Nuit des villes et nuit des champs

Les dessins ci-dessus, représentant la même région du ciel, illustrent bien comment la pollution lumineuse vient gommer la plupart des astres qui font la beauté d'une vraie nuit étoilée. Si l'astronomie devait se contenter de ce qui reste au-dessus des lampadaires, il n'y aurait plus qu'à fermer les observatoires. Cette pollution lumineuse affecte d'ailleurs la Terre entière, comme on le voit à gauche sur cette planisphère reconstituée à partir d'images faites la nuit par les satellites : l'Europe n'est qu'un foyer de lumières, au même titre que le Japon, la Corée ou Taïwan. Le nord des Etats-Unis est un immense phare, alors que l'Afrique et l'Amérique du Sud sont un peu mieux préservées. Rien d'étonnant donc à ce que les plus puissants instruments aillent s'installer au Chili.

deux astres pâles à l'autre bout. Au milieu d'une grande ville, et à condition que la nuit soit claire, on ne distingue rien au delà de la magnitude 2,5, ce qui ne laisse que quelques rares étoiles, dont la Polaire – à condition de savoir où elle se trouve.

Inutile de dire qu'à ce stade il n'y a quasiment plus d'astronomie possible – tout juste peut-on observer le ciel aux jumelles pour le plaisir de découvrir qu'il y a quand même encore beaucoup d'étoiles, ou regarder la Lune et les planètes en ne cherchant pas les forts grossissements. Mais il est hors de question d'y faire des observations un peu poussées.

La seule solution consiste à aller le plus loin possible des villes, mais le problème n'est pas entièrement résolu pour autant : dans ces contrées reculées, la pollution lumineuse est très faible mais elle augmente chaque année ; or la sensibilité des grands instru-

ments d'observation augmente en même temps et, à la limite, les télescopes géants de 8 m installés au Chili finiront par détecter non seulement les galaxies des confins de l'Univers, mais aussi les lumières de Santiago ou de Buenos Aires.

Mais les lampadaires, s'ils forment la partie la plus visible – c'est le cas de le dire – des nuisances qui assaillent les observatoires, ne sont pas seuls en cause : la lumière n'est qu'une mince portion du vaste domaine des ondes électromagnétiques qui vont des rayons gamma et X aux ondes radio. Il y a maintenant des dizaines d'années que les radiotélescopes apportent aux astronomes autant d'informations fondamentales sur la nature des astres que les lunettes optiques et, à leur tour, ceux-ci sont menacés par tous les émetteurs d'ondes radio qui prolifèrent sur Terre et dans le ciel.

La sensibilité des radiotélescopes actuels est telle qu'ils pourraient capter un programme de télévision émis depuis les étoiles les plus proches – lesquelles sont quand même à plus de quatre années-lumière de nous. Autrement dit, ils finiront par capter aussi bien le transistor installé dans le salon que l'onde émise par l'étincelle de l'interrupteur qu'on vient de

basculer pour faire la lumière – ce qui provoque un bref claquement dans le haut-parleur. Chaque fois qu'on allume une lampe, qu'on met en marche un aspirateur ou une machine à laver, qu'on tire sur le démarreur d'une voiture, on lance une série d'étincelles qui engendrent des ondes radio, exactement comme un caillou lancé dans l'eau fait des ronds dans l'étang. Les radiotélescopes ont dû s'exiler pour fuir toutes ces perturbations de faible portée, mais par contre ils ne peuvent pas éviter les puissants émetteurs de télévision, de radio, de téléphonie, et encore moins ceux des satellites de repérage et de communication.

Toutes ces ondes interfèrent avec les très faibles signaux qui nous arrivent des étoiles et des galaxies et finissent par occulter le ciel radio au moins autant que les éclairages pour le ciel étoilé. La situation s'est gravement détériorée ces dernières années sous la pression commerciale des téléphones mobiles, de la télévision haute définition ou des radars de surveillance. Toutes ces émissions interfèrent avec celles qui nous viennent des astres et finissent par compromettre gravement l'interprétation qu'on peut donner à la détection de signaux nouveaux – ils peuvent aussi bien venir d'une étoile de la Voie lactée que d'un talkie-walkie.

Certes, il existe des bandes de fréquences réservées à la radioastronomie et à la géophysique, mais elles ne sont pas à l'abri des interférences avec les émissions des satellites – en particulier celles des satellites de navigation qui sont si gênantes qu'elles compromettent l'étude de la molécule interstellaire OH dont l'intérêt est pourtant primordial pour notre connaissance de l'évolution de l'Univers.

Il faudrait ajouter aussi les radars et radiosondeurs de tout type, les équipements de contre-mesure, les fours à micro-ondes industriels, les postes de soudure électriques, les lignes de transport d'énergie à haute tension, et ainsi de suite. En fait, la radioastronomie se trouve dans une situation très difficile car les faisceaux hertziens de toute fréquence sont utilisés aussi bien pour les émissions de radio ou de TV, que tout le monde connaît, que pour le repérage, la télémétrie, les balises, les télécommandes, télémessures, téledétections, télécommunications, etc.

Cet état de fait est évidemment invisible, mais il équivaut à ce que serait la dissémination sur toute la Terre d'une multitude de phares analogues à ceux qui bordent les côtes, tout aussi puissants et, de surcroît, de toutes les couleurs : ce serait l'éblouissement continu pour tous et la disparition totale du ciel nocturne. Pour les radioastronomes, le ciel était toujours nocturne puisque la lumière du jour ne vient pas masquer les ondes radio qui tombent des étoiles. Maintenant il commence à être éclairé en permanen-

ce, 24 h sur 24, par les innombrables émetteurs radio de toute sorte : une situation qui, si elle se poursuivait, rendrait parfaitement inutilisables les plus grands radiotélescopes.

Reste une branche très spéciale de l'astronomie, celle qui capte les très hautes fréquences, rayons X et rayons gamma, et dont on pourrait croire qu'elle est à l'abri des brouillages et des interférences – les rayons X étant dangereux, les installations qui les pratiquent à grande échelle (radiographies médicales et, dans un tout autre domaine de puissance, métallographies industrielles) utilisent toutes sortes de blindages et de précautions pour que ces rayons ne sortent jamais de la salle où ils sont émis.

Or il y a peu, certains astronomes ont détecté des rayons gamma dont l'origine semblait bien stellaire. Ils ont perdu des heures et des journées entières d'observation et d'analyse pour s'apercevoir, en fin de compte, qu'une partie des rayonnements qu'ils avaient captés provenait des réacteurs nucléaires de satellites militaires secrets.

Face à tous ces problèmes, la solution qui vient à l'esprit, maintenant que l'ère spatiale est bien engagée, consiste à aller mettre les télescopes et autres instruments d'observation dans l'espace : plus de voile atmosphérique, ni de lampadaires, ni de radars. L'ennui, c'est que l'espace autour de la Terre est loin d'être vide : près de 50 000 débris de toutes sortes (vieux satellites, réservoirs vides, antennes, et surtout morceaux de fusées ayant explosé) tournent autour de notre globe à des vitesses de l'ordre de 10 km/s, soit 10 fois plus vite qu'un obus antichar.

Aucun objet, fut-il doté du meilleur blindage (de toute façon exclu vu le poids à envoyer en orbite), ne résisterait à l'un de ces projectiles orbitaux – nous avons d'ailleurs consacré un article à ce problème dans notre n° 893 de février, p. 80. Il en découle que le seul télescope spatial Hubble a une chance sur cent de subir des dégâts irrémédiables au cours de ses dix-sept années de vie. De toute manière, dans l'état actuel des techniques, mettre les grands télescopes en orbite coûterait une somme astronomique – quelques dizaines de zéros de plus que le budget de la terre entière.

Finalement, il en va du ciel nocturne comme des mers ou des forêts : sans précautions strictes imposées par tous les gouvernements du monde, il est condamné à une irrémédiable dégradation. Le culte de la rentabilité, qui est à la base de la civilisation industrielle, a déjà détruit ou défiguré des quartiers entiers de la Terre. Il serait dommage qu'il vienne priver l'humanité de son patrimoine céleste, en l'occurrence la spectaculaire beauté de la nuit étoilée.

Renaud de La Taille



**POUR FAIRE SA BIÈRE, KANTERBRÄU CHOISIT UN HOUBLON
NOMME "ARISTOCRATE".
D'AILLEURS, ON N'EN UTILISE QUE LA TÊTE.**

Les Aristocrates :

OÙ L'ON FAIT LA CONNAISSANCE DES DIFFÉRENTS HOUBLONS.

le Saaz



Le houblon c'est l'épice de la bière. C'est une plante vivace, sauvage, qui se propage naturellement à partir de boutures et que

l'on a su apprivoiser. Maître Kanter en connaissait

le Hallertau



toutes les subtilités : les houblons qui donnent

l'arôme, qu'on appelle les "Aristocrates", le

Cascade américain, au goût de menthe, de

géranium et de citron, le Hallertau allemand, frais

et délicat, l'incomparable Saaz tchèque... et tant

le Cascade



d'autres. Sans oublier les amérisants, ceux qui

confèrent l'amertume. Le goût de la Kanterbräu,

c'est aussi l'art subtil de choisir les houblons et de

le Golding



les doser. Voilà pourquoi

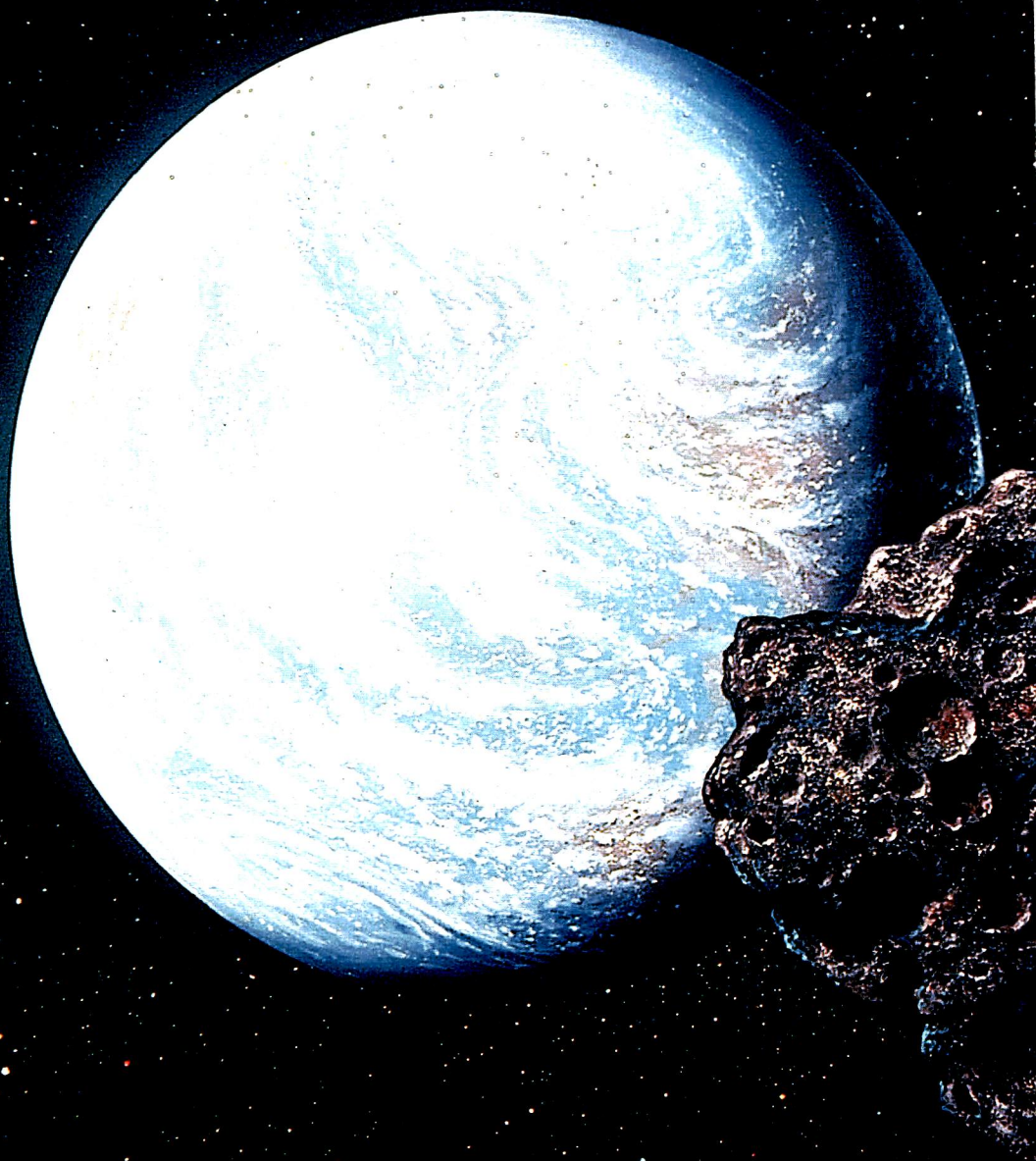
Maître Kanter est un Maître

et Kanterbräu, la Kanterbräu.



Kanterbräu

KANTERBRÄU. LA BIÈRE A TROUVE SON MAÎTRE



QUAND LES ASTÉROÏDES MENACENT

Un bouclier de télescopes qui protégerait la planète d'une attaque surprise par un astéroïde ou une comète... Un scénario qui semble tout droit sorti de l'imagination fertile d'un auteur de science-fiction et qui est pourtant issu d'un très sérieux colloque organisé, en janvier dernier, par la Nasa.



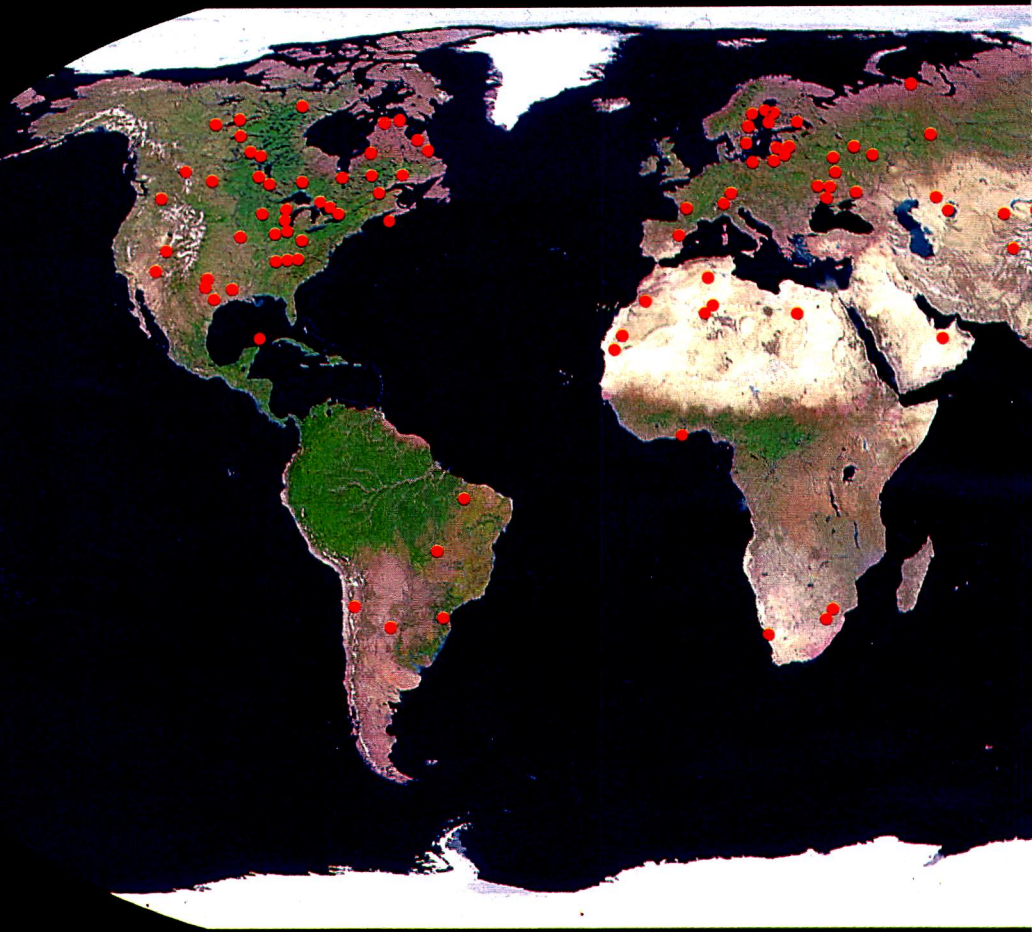
Les temps changent. Pour la première fois, le risque qu'une rencontre inopinée avec un bolide venu du fin fond du système solaire modifie à jamais la face de notre planète est pris au sérieux par les responsables de la Nasa. La preuve : en janvier dernier, à la suite d'une demande expresse du Congrès lui-même, l'agence américaine a réuni, à Los Alamos, au Nouveau-Mexique, les quelque vingt spécialistes mondiaux de détection des astéroïdes "potentiellement dangereux", pour plancher sur cette éventualité. Parmi eux : Eleanor Helin, du Jet Propulsion Laboratory, à Pasadena (Californie), et Eugene Shoemaker, de l'US Geological Survey, à Flagstaff

(Arizona), les deux pionniers qui totalisent la majorité des découvertes de ces vingt dernières années ; le Français Alain Maury qui, à l'observatoire de la Côte d'Azur, passe lui aussi bon nombre de ses nuits à guetter des mouvements insolites dans le ciel et qui, on s'en souvient (1), découvrit en 1989 l'astéroïde Toutatis croisant au large de la Terre. Ou encore Tom Gehrels, de l'équipe du Spacewatch Telescope de l'université d'Arizona, qui détecta, en janvier 1991, l'astéroïde 1991BA alors qu'il passait à quelque 170 000 km de la Terre (la moitié de la distance Terre-Lune, un record de proximité inégalé à ce jour !).

De la science-fiction, ils n'ont gardé que le nom du programme : Spaceguard Survey (projet de surveillance spatiale), tiré d'une nouvelle d'Arthur C. Clarke. Car leur objectif est tout sauf fantaisiste : mettre sur pied, à l'aide de six télescopes ultra-performants et entièrement automatisés, un véritable réseau de vigiles pour une surveillance systématique du ciel, afin de réduire le risque de collision Terre-astéroïde de 75 % dans les vingt-cinq années à venir.

Il suffit de regarder la Lune criblée de cratères pour se rappeler que toute l'histoire du système solaire, depuis l'intense bombardement météoritique qui suivit sa naissance, il y a 4,5 milliards d'années, est marquée par une longue série de collisions avec des bolides rocheux ou métalliques comme les astéroïdes ou avec des boules de "neige sale" comme les comètes. Les preuves ne manquent pas pour attester que, chaque année, des tonnes de matière cosmique viennent finir leur destinée sur notre planète. En Antarctique, des explorateurs d'un genre nouveau traquent les milliers de micrométéorites piégées dans la glace, en espérant que ces poussières extraterrestres leur raconteront le tout début du système solaire. Tous les jours, un caillou d'à peine quelques centimètres de diamètre s'écrase dans un jardin ou transperce le toit d'une maison sous le regard sidéré de ses habitants. Beaucoup moins fréquemment, deux ou trois fois par millénaire peut-être, un bolide de quelques dizaines de mètres de diamètre traverse le ciel au-dessus de nos têtes, avant d'être littéralement pulvérisé dans l'atmosphère : son énergie cinétique est alors libérée en une gigantesque onde de choc qui dévaste le paysage sur des kilomètres à la ronde. En juin 1908, dans la taïga sibérienne, le météore de la Tunguska laisse ainsi trace de son passage : au sol des milliers d'arbres couchés et, d'après des témoins, des boules de feu, des éclairs lumineux, des bruits assourdissants, mais pas de cratère. Une chance que cette énergie dévastatrice – l'équivalent de 10 mégatonnes de TNT, plus de 500 fois la puissance d'Hiroshima –

(1) Voir *Science & Vie* n° 848, p. 16.



Les astéroïdes qui nous ont touchés...

Près de 130 cratères (en rouge) de plus de 140 km de diamètre sont visibles à la surface de la Terre, mais leur répartition n'est pas uniforme. Certaines régions du globe seraient-elles plus lourdement frappées par la chute de bolides cosmiques ? Non. Ce sont des zones restées géologiquement stables et qui ont donc conservé la trace des impacts passés. En outre, ces pays possèdent les moyens techniques et financiers pour rechercher activement les cratères.

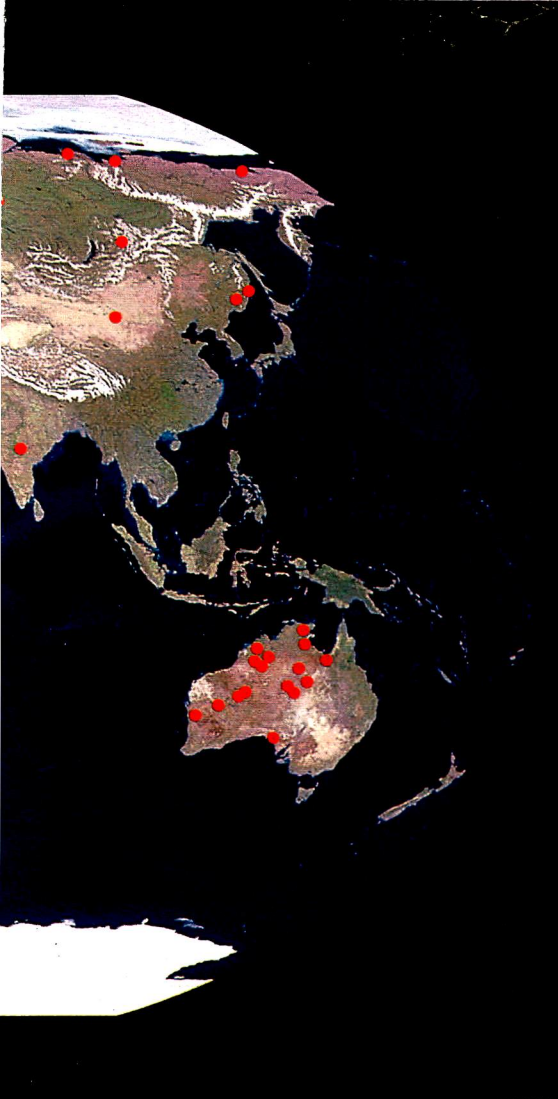
ait été libérée dans une région quasi désertique. En zone habitée, elle aurait soufflé tous les immeubles dans un rayon de 20 km... De plus, rappellent les experts du Spaceguard Survey, si une catastrophe de ce type venait aujourd'hui à se produire ailleurs que dans un lieu reculé, il faudrait compter avec un autre risque de taille : celui qu'elle soit confondue avec une attaque nucléaire en règle... «Une raison de plus pour véritablement alerter les instances internationales de l'ampleur du problème», ajoutent-ils.

Pourtant, une collision telle que celle de la Tunguska ne resterait, à tout bien considérer, qu'une catas-

trophe "mineure", au sens où elle n'affecterait, somme toute, la Terre que localement. Bien plus préoccupant pour les spécialistes serait le risque encouru si un astéroïde ou une comète de plus d'un kilomètre de diamètre venait à percuter la Terre. Pour eux, il est même inutile d'évoquer le plus grand cataclysme connu : une énergie de plusieurs centaines de millions de mégatonnes relâchée lors d'une collision avec un corps cosmique de plus de 15 km de diamètre, et qui entraînerait vraisemblablement, il y a 65 millions d'années, la disparition des dinosaures et de la plupart des espèces vivantes à la surface de la Terre (?)... Car, si la Terre entraînait en collision avec un objet de (seulement) deux kilomètres de diamètre, la catastrophe globale qui s'ensuivrait décimerait déjà, en une fraction de seconde, le quart de la population mondiale...

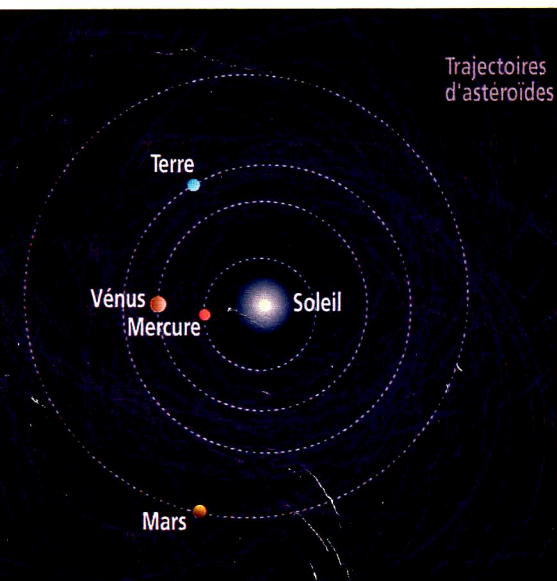
A une vitesse de plusieurs dizaines de kilomètres/seconde, des milliards de milliards de tonnes de roches se précipiteraient tout droit vers la Terre.

(2) Voir *Science & Vie* n° 886, p. 26.



Bientôt, ce serait l'explosion, plus dévastatrice que dix milliards d'Hiroshima. Sous la violence de l'impact, le sol serait littéralement vaporisé dans un rayon de plusieurs centaines de kilomètres. Un gigantesque incendie s'allumerait, aussi grand qu'un continent, tandis que les milliers de tonnes de poussières propulsées dans l'atmosphère commenceraient déjà à obscurcir la Terre entière... Dans un premier temps, les températures chuteraient ; l'acide nitrique relâché par la combustion de l'azote atmosphérique acidifierait sols, lacs et rivières. Au bout de plusieurs mois, l'obscurité se dissiperait mais la vapeur d'eau et le gaz carbonique libérés dans la stratosphère commenceraient alors à produire un important effet de serre. Il s'en suivrait un réchauffement généralisé des océans, qui à leur tour libéreraient davantage de CO_2 . L'effet de serre s'accentuerait et pourrait durer plusieurs décennies. Dans l'intervalle, l'enchaînement lumière-obscurité-lumière, ainsi que les variations importantes de température auraient déjà eu un effet dévastateur sur bon nombre d'espèces végétales terrestres ou aquatiques. On imagine ce qui attendrait les survivants de la collision initiale. Voilà pour le scénario catastrophe...

«Un individu a chaque année une probabilité d'environ 1 sur 30 millions de périr dans une catastrophe de type Tunguska. Mais dans le cas d'une catastrophe globale – qui anéantirait les ressources alimentaires de la planète – cette probabilité passe à 1 sur 2 millions», ajoute le rapport. Fréquence moyenne de tels impacts : un tous les 500 000 ans. Sur Terre, quelque 130 cratères géants – de 140 à 200 km de



... et ceux qui nous frôlent

Tout comme Mars et Vénus, la Terre est en permanence entourée d'un véritable essaim d'astéroïdes. Voici les trajectoires des cent plus gros, 20 % d'entre eux pourraient bien un jour entrer en collision avec notre planète. Une incertitude plus grande encore règne sur les petits (ceux de moins de 500 m de diamètre) : ils seraient plus de 300 000 à circuler ainsi dans la banlieue terrestre.

diamètre – sont là pour en témoigner (*voir dessin ci-contre*). C'est pourquoi l'objectif prioritaire du Spaceguard Survey est de détecter, dans les vingt-cinq prochaines années, plus de 90 % des objets de diamètre supérieur à 1 ou 2 km susceptibles de s'interposer sur la trajectoire de la Terre. D'autant que – c'est bien là le cœur du problème – le nombre de ces oiseaux de très mauvais augure est loin d'être parfaitement connu... De 90 dûment répertoriés en 1989, leur nombre est passé à 128 en juin 1991 ; parmi eux figurent vraisemblablement tous ceux dont le diamètre est supérieur à 14 km. Mais pour les experts du

D'OÙ NOUS VIENNENT LES "CAILLOUX" QUI TOMBENT DU CIEL

Le comportement des astéroïdes "potentiellement dangereux" est loin de refléter celui de tous les cailloux qui peuplent le système solaire. La plupart (5 000 répertoriés à ce jour, des milliers d'autres sans doute) évoluent en effet sur une orbite stable, dans un vaste

terre situé entre Mars et Jupiter, la fameuse "ceinture" située à une distance moyenne de 300 millions de km de la Terre, et ne nous menacent en rien.

Mais parfois, pour une raison sur laquelle les astronomes s'interrogent encore, l'un d'entre eux vient rôder aux alentours

de notre planète. Des collisions dans la ceinture l'ont-elles entraîné sur une orbite chaotique instable, où son excentricité a considérablement augmenté ? On peut le penser : certains ont en effet une composition similaire à ceux de la ceinture, mais d'autres pourraient provenir d'encore plus loin dans le système solaire et être des noyaux de comètes éteintes.

Quoi qu'il en soit, le proche environnement terrestre est littéralement envahi par une multitude de corps répartis en trois classes, selon leurs caractéristiques orbitales : les Apollo, dont la distance au Soleil au périhélie est inférieure à la distance moyenne Terre-Soleil, et qui peuvent donc pénétrer à l'intérieur de l'orbite terrestre ; les Amor, dont le périhélie se situe à l'extérieur de l'orbite terrestre

mais qui croisent en revanche fréquemment celle de Mars ; et surtout les Aten, les plus dangereux car leur trajectoire les porte à circuler à l'intérieur de l'orbite terrestre. Si, aujourd'hui, aucun des 150 Apollo-Amor-Aten connus ne nous menace directement (ils ne sont pas dans le plan de l'orbite terrestre), certains, sous le coup de perturbations gravitationnelles à long terme, dues à la Terre ou aux autres planètes du système solaire, sont susceptibles de voir leur trajectoire se modifier. Ce sont ceux-là qui risquent, un jour ou l'autre, d'entrer en collision avec la Terre et d'imprimer des traces semblables au Meteor Crater (*ci-contre*), en Arizona, le plus grand cratère météoritique connu, qui date vraisemblablement de plus de 40 000 ans.



Spaceguard Survey, il resterait encore à en découvrir environ 2 000, dont on peut penser que 25 % finiront effectivement par percuter la Terre. Or on détecte, en général, un astéroïde grâce à la lumière visible qu'il réfléchit, et celle-ci est extrêmement faible, d'autant plus faible encore que l'objet est petit (*). De plus, connaître avec précision la trajectoire d'un astéroïde requiert une complète détermination de ses paramètres orbitaux et donc en général de très longs mois d'observation continue.

D'où la nécessité d'installer un réseau de télescopes entièrement consacrés à cette recherche. L'idéal serait, selon les auteurs du projet, de construire six télescopes à grand champ capables de suivre un corps de 1 km de diamètre dès le moment où il quitte la ceinture d'astéroïdes ; ils devraient donc être capables d'atteindre la magnitude 22, en 2 ou 3 minutes de pose – les plus grands télescopes actuels atteignent la magnitude 26, et le futur Very Large Telescope européen, installé dans la cordillère des Andes chilienne, devrait pouvoir accéder à la magnitude 29 en moins d'une minute de pose. Équipés pour cela de caméras électroniques CCD (dispositif à transfert de charges) – c'est-à-dire fonctionnant suivant le même procédé que les caméscopes – et dotés de programmes de recherche automatique similaires à celui installé sur le Spacewatch Telescope de 90 cm de l'observatoire de Kitt Peak (dont le succès dans la détection d'as-

téroides a prouvé qu'il remplaçait avantageusement la recherche photographique), ils devraient couvrir chaque mois 600 degrés carrés de ciel. Ils pourraient même être assistés dans leur traque par les grands radiotélescopes existants, Arecibo, à Porto Rico, et Goldstone, en Californie, les techniques radar étant particulièrement adaptées à la détermination rapide et précise des paramètres orbitaux des petits objets proches. Si, un jour, toutes les trajectoires de ces astéroïdes dangereux sont parfaitement déterminées, il deviendra possible de prédire lesquels menaceront effectivement la Terre à court – une décennie ou un siècle – ou à moyen terme.

Coût initial du projet : 50 millions de dollars. Autant dire que, pour beaucoup, il semble quasi improbable, à l'heure actuelle, de trouver un organisme qui financerait la construction de six télescopes, malgré l'intérêt astronomique qu'ils représenteraient par ailleurs – par exemple dans l'observation de ce qui se passe au-delà de Jupiter, où l'on a repéré quatre astéroïdes sur une trajectoire bien inhabituelle. Tout au plus la Nasa financerait-elle deux télescopes... Elle a toutefois déjà octroyé 200 000 dollars, cette année, aux astronomes américains investis dans le projet, et a promis un million de dollars l'année prochaine pour subventionner les recherches en cours et équiper de CCD les télescopes déjà existants, comme notamment le Schmidt de 0,46 m du mont Palomar.

Mais que faire en cas de collision imminente ? Pas question pour les experts du Spaceguard Survey

(*) On estime qu'il passe au moins un astéroïde de moins de 10 m de diamètre tous les jours entre la Terre et la Lune.



Aujourd'hui, beaucoup de personnes de plus de 40 ans n'ont pas l'esprit tranquille. Elles sont préoccupées par les soucis que leur disparition causera à leurs proches. La *Convention Obsèques* vous permet de régler les problèmes matériels qui vous tiennent à cœur et profiter au maximum des joies de la famille.

40 000 F de protection à nos frais pendant un mois.
Un guide de 32 pages offert par *Norwich Union*: «Le décès et l'avenir des proches».



**NORWICH
UNION
ASSURANCES**

N° Vert 05 05 36 36
APPEL GRATUIT

Conformément à la Loi Informatique et Liberté, je dispose d'un droit d'accès et de rectification pour toute information me concernant sur votre fichier Clientèle.

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

UNE CENTRALE NUCLÉAIRE DE DEUX MILLIARDS D'ANNÉES AU SECOURS DE NOS DÉCHETS RADIOACTIFS ?



Au cours du Précambrien, des réacteurs nucléaires se sont spontanément allumés sous la terre. Bien conservés jusqu'à notre époque, certains d'entre eux ont résolu le problème du stockage des résidus de la fission nucléaire. Nous enseigneront-ils comment nous débarrasser de nos propres déchets radioactifs ?

Il y a deux milliards d'années, quelque part à 3 000 mètres sous terre, fonctionnaient... plusieurs dizaines de réacteurs nucléaires. Des réacteurs naturels qui ressemblaient comme deux gouttes d'eau aux centrales aujourd'hui les plus répandues, utilisant

de l'uranium enrichi et de l'eau sous pression. En fait, l'existence de réacteurs nucléaires précambriens n'est pas tout à fait une surprise : un physicien américain avait envisagé une telle éventualité dès 1956. Ce qui, en revanche, relève





presque du miracle, c'est que ces réacteurs fossiles aient été retrouvés après deux milliards d'années de soulèvements de montagnes, de dérives et submersions de continents, de séismes, de fractures, de ravinements, d'érosions et d'innombrables autres remaniements géologiques. Ils nous sont pourtant parvenus presque intacts dans la mine d'uranium d'Oklo, près de Franceville, au Gabon.

Dès 1972, date de la découverte du premier réacteur nucléaire naturel, physiciens et géologues se sont emparés de cette curiosité unique au monde. Ils ont ainsi pu reconstituer toute l'histoire géologique locale. Après avoir regardé ces réacteurs fossiles comme de purs objets d'étude pour la recherche fondamentale, on compte maintenant sur eux, en tant qu'"analogues naturels" de nos centrales nucléaires, pour nous aider à résoudre l'épineux problème du stockage de nos déchets radioactifs.

La fission nucléaire – on le sait – produit des déchets qui resteront radioactifs pendant parfois plu-

Seize réacteurs nucléaires fossiles

Dans la carrière de la mine d'uranium d'Oklo, au Gabon, on a mis au jour 16 réacteurs nucléaires fossiles, qui ont fonctionné il y a 2 milliards d'années. Après avoir été étudiés, certains de ces foyers ont été détruits lors de l'exploitation de la mine, mais les chercheurs ont tenu à conserver "en souvenir" une petite portion d'une zone de réaction, que l'on voit au premier plan (flèche) accrochée au flanc droit de la carrière.

sieurs milliers, voire plusieurs dizaines de milliers d'années, engageant notre avenir sur des échelles de temps qui paraissent inaccessibles. Comment stocker en toute sécurité des matières si dangereuses pendant tous ces siècles ? Ni les modélisations mathématiques, ni les expériences ne sont capables de voir si loin.

C'est là que les réacteurs fossiles, grâce à leur très longue histoire, nous font accéder aux conséquences futures de la fission nucléaire. Les roches d'Oklo apportent en effet le témoignage concret du

cheminement souterrain des déchets radioactifs au cours des ères géologiques. Avant d'en arriver là, revenons à l'histoire de cette découverte, qui vaut son pesant d'uranium !

Pierrelatte, juin 1972. Au cours d'une analyse de routine, un technicien du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) constate une très légère anomalie dans la composition isotopique d'un échantillon d'uranium. Il existe, en effet, deux types (ou isotopes, *(voir encadré ci-dessous)* d'uranium, le 235 et le 238, différant seulement par le nombre de neutrons que contiennent leurs noyaux : la teneur normale en isotope 235 dans l'uranium naturel est la même partout sur Terre, très précisément 0,720 %. Or, notre technicien, très scrupuleux, trouve 0,7171 % d'uranium 235 (1)... L'écart est mince, mais sans nul doute anormal. On s'aperçoit bientôt que de nombreux autres échantillons d'uranium présentent des taux exceptionnellement bas...

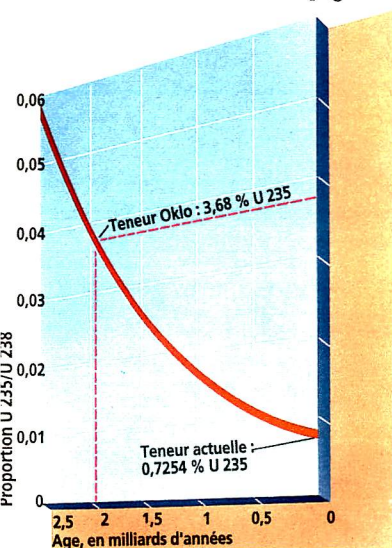
Après une enquête minutieuse, remontant la chaîne de traitement de l'uranium à travers plusieurs usines, un responsable du CEA finit par trouver la source unique de tout l'uranium déficient : la Compagnie des mines d'uranium de Franceville, au Gabon. Il s'agissait donc bien

droits 0,44 % d'uranium 235 ! Manifestement, le phénomène était de grande ampleur.

Dès août 1972, après deux mois d'investigations rondement menées, il était clair que des réactions nucléaires en chaîne s'étaient produites spontanément, il y a très très longtemps, à Oklo. Car, si la quantité d'uranium 235 était plus faible que la normale, c'était qu'une partie avait fissionné. Hypothèse très vite brillamment confirmée : on retrouva dans le minerai des sous-produits de fission. En effet, quand un noyau d'uranium se casse, il reste des "morceaux" dont les compositions isotopiques sont très différentes de celles des éléments naturels : or les produits de fission d'Oklo présentaient exactement la composition isotopique prévue par la théorie, parfois à quelques millièmes près.

Comment des réactions de fission en chaîne ont-elles pu se déclencher naturellement ? La première condition nécessaire est un taux d'U 235 (le seul isotope "fissile") suffisant. De nos jours, le taux naturel de 0,72 % est trop faible, ce qui oblige à enrichir l'uranium en isotope 235 avant de l'utiliser dans nos centrales nucléaires. En revanche, dans un très lointain passé, cette condition était remplie : la teneur en U 235 était alors plus élevée que maintenant. En effet, les deux isotopes de l'uranium sont radioactifs, c'est-à-dire se désintègrent spontanément, très lentement, mais comme l'uranium 235 se désintègre un peu plus vite que le 238, il y avait donc, proportionnellement, plus d'U 235 autrefois qu'aujourd'hui. Il y a deux milliards d'années, cette teneur s'élevait en effet à 3,7 %, sensiblement comme dans nos centrales nucléaires actuelles.

Toutefois, pour que la réaction en chaîne se maintienne (*voir encadré p. 50*), il faut aussi une concentration et une quantité d'uranium totales suffisantes pour qu'un neutron éjecté par l'éclatement d'un noyau d'U 235 ait de bonnes chances de rencontrer un noyau semblable. Ensuite, pour que les noyaux en question se brisent, il leur faut absorber les neutrons ; ceux-ci doivent donc avoir une faible énergie et être ralentis, par de l'eau par exemple. Enfin, il ne doit pas y avoir trop d'éléments "poisons", gros capteurs de neutrons, comme le bore. Toutes ces conditions – très riche teneur en uranium, présence d'eau, faible quantité de "poisons" – avaient été réunies jadis à Oklo.

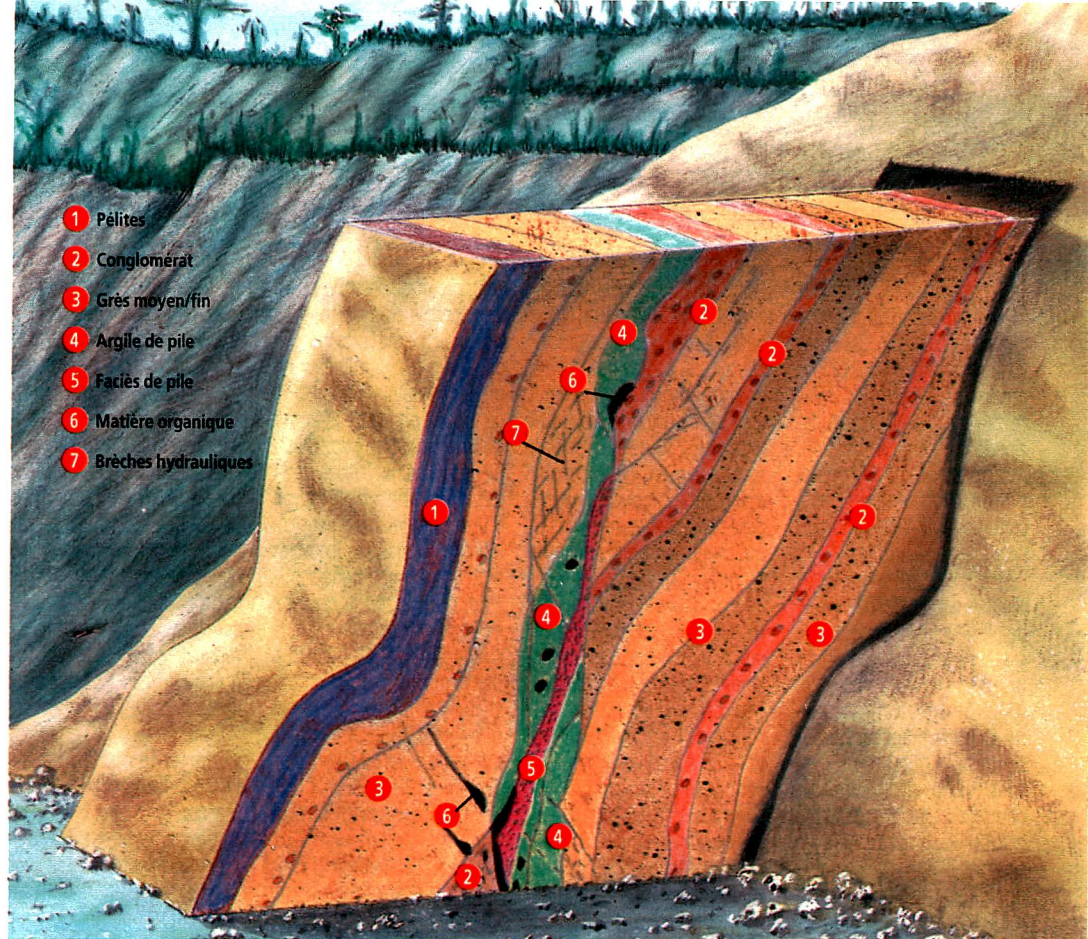


De l'uranium naturellement "riche"

L'uranium naturel existe sous la forme de deux isotopes, l'uranium 235, le seul "fissile", et l'uranium 238. Tous deux sont radioactifs : U 238 se désintègre en 4,5 milliards d'années, tandis que U 235 disparaît plus vite, en 700 millions d'années. La proportion d'U 235 dans l'uranium naturel décroît donc au fil du temps (*courbe ci-contre*). Aujourd'hui, le taux d'U 235 n'est que de 0,72 %, mais il s'élevait à 3,68 % il y a 1,95 milliard d'années : cette teneur, très proche de celle de l'uranium enrichi de nos centrales nucléaires, a permis à cette époque le déclenchement de réactions de fission nucléaire en chaîne.

de minerai naturel, provenant très exactement de l'extrémité nord du gisement d'Oklo. Il s'avéra que tout l'uranium issu de cette mine, depuis son ouverture un an et demi plus tôt, avait une teneur isotopique inférieure à la normale, atteignant par en-

(1) On peut se demander pourquoi on mesurait des teneurs isotopiques aussi bien connues : ces mesures n'avaient évidemment pas pour objet la vérification de ces teneurs, mais le calibrage d'étalons avant enrichissement de l'uranium.



L'empreinte du cœur d'un réacteur naturel

Le réacteur nucléaire fossile proprement dit (la zone où se sont déroulées les réactions) s'étend sur une faible épaisseur (**en rouge sur la coupe géologique ci-dessus**) parallèlement à l'inclinaison du terrain. La concentration en uranium y fut très élevée, pouvant atteindre 60 % de la masse rocheuse. L'argile fin qui entourait cette zone de réaction, dont l'origine est longtemps demeurée mystérieuse, a été fabriquée par le réacteur lui-même ! A l'origine, il y avait du grès, mais les premières réactions nucléaires, créant des points chauds, ont provoqué un mouvement de convection de l'eau qui circulait là. L'eau chaude a dissout et emporté la silice du grès, n'y laissant que l'argile. Du même coup, l'uranium de la roche se trouvait encore plus concentré, et la réaction nucléaire s'étendait plus loin... Ce départ de la silice a fini par provoquer des effondrements au cœur de la roche (**photo ci-contre**) : le dessin du creux sur la paroi moule parfaitement la forme d'un réacteur naturel qui se trouvait juste au-dessus.

L'exploitant minier ayant accepté de prêter momentanément au CEA une partie du gisement d'Oklo, les fouilles scientifiques débutèrent en mars 1973. Et, ô merveille, on découvrit bientôt des foyers de réaction pratiquement intacts. D'abord deux zones, puis quatre autres, et encore trois autres en 1978. D'autres foyers ont été trouvés plus récemment et l'on en compte seize au total à ce jour.

A quoi ressemble un réacteur nucléaire fossile ? Vu de l'extérieur... à pas grand-chose, d'autant que la plupart sont souterrains (certains ont été mis au jour par l'exploitation). Une coupe de terrain donne un meilleur panorama de la situation (**voir dessin ci-dessus**). La couche uranifère, inclinée à 45° dans un terrain sédimentaire de grès, est épaisse de 5 à 8 mètres. Au sein de cette couche, les zones qui ont été le siège de réactions de fission mesurent typi-

COMMENT S'ENTRETIENT UNE RÉACTION EN CHAÎNE

L'énergie nucléaire provient de la fission d'un élément naturel, l'uranium. Tous les noyaux des atomes d'uranium possèdent 92 protons, mais certains ont 143 neutrons, alors que d'autres en ont 146. L'existence de ces deux types d'uranium, ou "isotopes", conditionne l'exploitation de l'énergie nucléaire.

Presque tous les éléments naturels existent sous la forme de plusieurs isotopes. Dans le cas de l'uranium, il y en a deux principaux : l'uranium 238 (U 238) et l'uranium 235 (U 235), ces nombres étant la somme du nombre de protons (92) et du nombre de neutrons (respectivement 146 et 143). Il existe un troisième isotope, U 234, radioactif lui aussi, mais sa présence est négligeable puisqu'il n'existe qu'à l'état de traces infinitésimales (0,006 %).

L'uranium 235 est fissile, c'est-à-dire que son noyau peut se casser en deux morceaux en dégageant une énergie énorme, alors que l'U 238 ne fissionne pas. Toutefois, l'U 235 ne se brise pas spontanément : il a besoin d'un coup de pouce, en l'espèce l'arrivée d'un neutron (1) qui rompt le fragile équilibre du noyau (2). Celui-ci se scinde alors violemment en deux morceaux (3 et 4), éjectant en outre deux ou trois neutrons libres (5, 6 et 7). Si l'un de ces neutrons émis lors de la fission rencontre un autre noyau d'U 235 sur son chemin (8), il sera absorbé, provoquant à son tour la fission du noyau, et l'éjection de nouveaux neutrons, qui feront fissionner de nouveaux noyaux d'uranium 235, et ainsi de suite...

C'est la fameuse réaction en chaîne, entretenue dans les

centrales nucléaires. Elle libère une énergie considérable : la fission complète d'un kilo d'uranium 235 produit autant d'énergie que la combustion de 2 500 tonnes de pétrole ! Mais la fission produit aussi des "morceaux" issus de la désintégration de l'atome d'uranium : les tristement célèbres déchets, très instables et donc fortement radioactifs.

Pour entretenir la réaction en chaîne, encore faut-il qu'à chaque fission, au moins un des neutrons éjectés soit absorbé par un autre noyau d'uranium 235. Or l'isotope 235 est très rare : il constitue seulement 0,72 % de l'uranium naturel, tout le reste étant formé d'uranium 238, non fissile. Un neutron a donc cent quarante fois plus de chances de rencontrer un noyau d'U 238 qu'un noyau d'U 235 ! C'est pourquoi il est

indispensable d'enrichir l'uranium en isotope 235.

Mais l'enrichissement coûte cher, on ne peut le pousser trop loin : la teneur en U 235 ne dépasse pas 3 à 3,5 % dans la plupart des réacteurs. On a donc recours à un autre stratagème pour poursuivre la fission : on ralentit les neutrons. En effet, des neutrons de faible énergie (on dit "thermiques") se laissent beaucoup plus facilement absorber par les noyaux d'uranium 235 que par ceux d'uranium 238.

Cette préférence compense l'infériorité numérique de l'isotope fissile et permet à la réaction en chaîne de se propager. L'eau est un des meilleurs ralentisseurs de neutrons : c'est elle qu'on utilise, en France notamment, dans les centrales de type PWR.

La réaction en chaîne est

quement 10 m de côté sur quelques centimètres d'épaisseur. L'uranium, sous forme de dioxyde d'uranium (UO₂) ou uraninite, atteint souvent une concentration de 40 %, voire de 60 %.

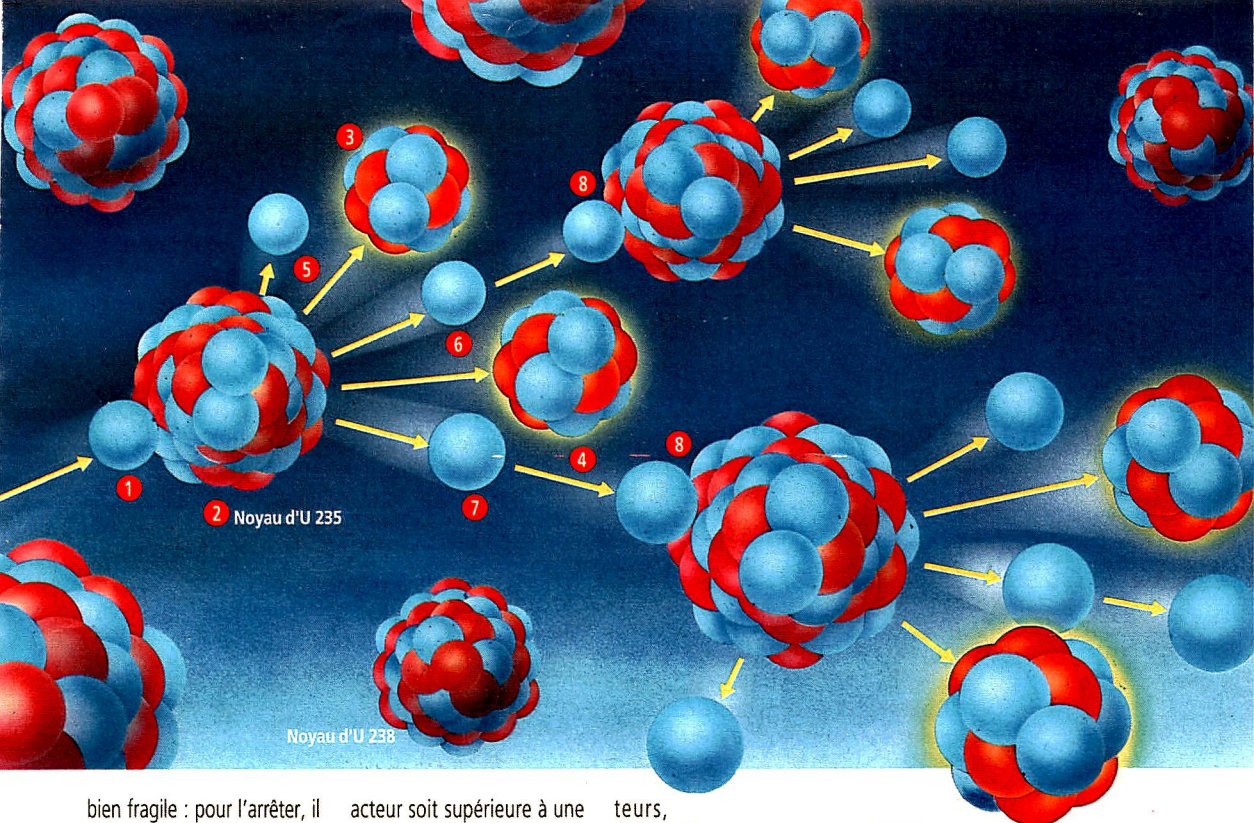
L'état de conservation exceptionnel de certaines zones de réaction a permis de recueillir des informations très complètes et de reconstituer l'histoire des réacteurs. Avec le temps, les débris de fission, hautement radioactifs, se sont transmutés en d'autres éléments, eux-mêmes radioactifs, qui se sont transformés à leur tour, et ainsi de suite jusqu'à aboutir à un élément stable.

Seuls subsistent aujourd'hui ces éléments stables de fin de chaîne. Et leur composition isotopique, dépendant des conditions de la fission au départ, nous renseigne, notamment, sur les neutrons de cette lointaine époque : leur nombre, leur vitesse, la proportion de ceux qui étaient ralentis, la distance moyenne qu'ils parcouraient, etc. On peut en déduire, par exemple, la quantité d'eau présente pour ralentir ces neutrons et dont il ne reste évidemment rien. Cette partie de la physique (la neutronique), développée pour les réacteurs industriels et qui étudie en détail tous les paramètres

de la fission, a permis de retracer l'histoire des réacteurs fossiles d'Oklo (?).

Il y a 1,970 milliard d'années, de l'uranium s'est trouvé concentré en grandes quantités à Oklo. Dans ces zones, la fission s'est immédiatement "allumée", et la réaction en chaîne a commencé à se propager. La date de cet événement, calculée par des méthodes radioactives (c'est la moindre des choses !), est confirmée par l'histoire géologique des sédiments. N'allez cependant pas imaginer de gigantesques foyers libérant une énergie phénoménale. Les réacteurs précambriens ont fonctionné très longtemps, mais au ralenti : selon les zones, les réactions en chaîne ont duré entre cent mille et huit cent mille ans. Pendant tout ce temps, elles ont produit à peine l'énergie fournie par un de nos réacteurs industriels pendant un an (soit de l'ordre de 15 000 mégawatts-an, pour les zones les plus réactives). La puissance atteinte dans ces foyers

(2) Un livre entièrement consacré à ce sujet a été écrit par Roger Naudet, physicien du CEA, premier chef de projet du programme de recherche sur Oklo - Oklo : des réacteurs nucléaires fossiles, collection du Commissariat à l'énergie atomique, chez Eyrolles, Paris. 695 pages.



bien fragile : pour l'arrêter, il suffit de la présence, même en très petites quantités, de "poisons" absorbant fortement les neutrons, tels que le bore. Enfin, il faut que la quantité d'uranium présent dans le ré-

acteur soit supérieure à une certaine "masse critique" : en-deçà de cette masse, trop de neutrons s'échappent du réacteur par rapport au nombre absorbé. Cette masse critique dépend de la forme des réac-

teurs, de l'enrichissement, etc.

En résumé, enrichissement en isotope 235, ralentissement des neutrons, très faibles quantités de poisons capturant ces neutrons, et

masse critique suffisante, telles sont les quatre conditions indispensables à la poursuite de la chaîne des réactions de fission.

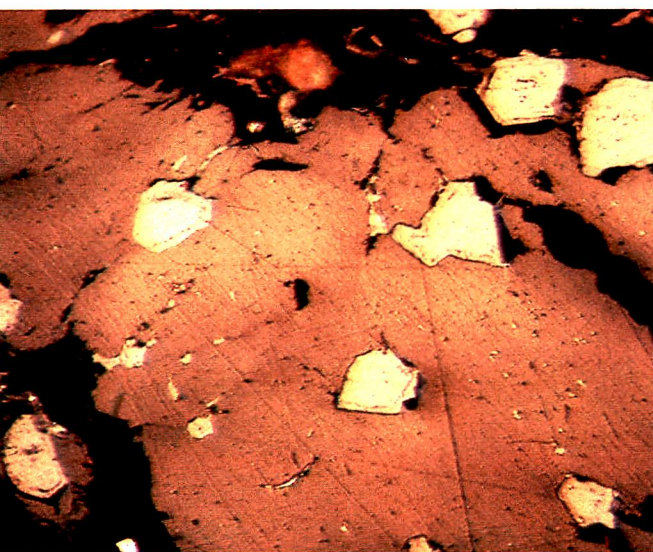
était en effet infime : quelques dizaines de watts, l'équivalent d'une ampoule électrique !

Enterré à quelque 3 000 mètres de profondeur, le cœur de ces réacteurs était soumis à des pressions élevées permettant à la température de monter jusqu'à plusieurs centaines de degrés. Or, pour que la réaction en chaîne se poursuive, l'eau doit avoir une densité minimale pour ralentir les neutrons. La température montant, la densité de l'eau diminue : il existe donc une température maximale au-delà de laquelle la densité de l'eau est trop faible, et les réactions de fission s'arrêtent. Toutefois, plus la pression est forte, plus cette température critique est élevée : à Oklo, elle devait atteindre 400 °C pour les réacteurs les plus puissants.

A l'intérieur des roches, la chaleur s'évacuait mal, ce qui explique la faible puissance produite. Car, lorsque l'intensité des réactions augmentait, la température s'élevait aussitôt. La densité de l'eau diminuait alors, et la réaction en chaîne tendait à s'éteindre. La température baissait à son tour, la densité de l'eau augmentait et les réactions pouvaient se poursuivre, et ainsi de suite. C'est ainsi que l'évacuation de la chaleur par l'eau a régulé le

fonctionnement des réacteurs. L'entretien des réactions en chaîne, contrôlé par l'eau, dépendait donc de la porosité et de la perméabilité des roches. Bien que complexes et différant beaucoup d'une zone à l'autre, les conditions de cette régulation sont, dans l'ensemble, assez bien comprises.

Et l'on a découvert un très curieux phénomène : les réacteurs généraient leur propre minerai, et ont eux-mêmes forgé les conditions de la poursuite de la réaction en chaîne. Les géologues, en effet, étaient intrigués par l'argile fine, abondante au cœur de certaines zones de fission, mélangée à l'uraninite : on n'en trouvait pas ailleurs dans la région. Ce n'est qu'en 1978 que l'on comprit : l'argile avait été "fabriquée" par les réactions nucléaires ! L'uraninite, au départ, baignait dans du grès. Puis les premières réactions de fission se sont déclenchées, créant localement des points chauds. Lorsqu'il y avait de l'eau, un phénomène de convection se produisait à cause de la différence de température entre l'eau chaude en ce point et l'eau froide ailleurs. Comme dans une casserole que l'on chauffe, l'eau se mit à circuler selon des courants convectifs, extrayant progressivement



La nature savait stocker les déchets

Ces cristaux d'uraninite (oxyde d'uranium) de couleur claire, provenant d'un des réacteurs fossiles d'Oklo, sont pris dans la matière organique, de couleur brune (photo en fausses couleurs, au microscope à balayage ; l'inclusion la plus grosse mesure environ trente micromètres). Dans cette gangue, l'uraninite est bien protégée de l'oxydation ou d'autres agressions extérieures, et les produits issus de la fission sont conservés. Une idée à creuser pour le stockage des déchets nucléaires modernes.

du grès toute la silice, très soluble dans l'eau chaude (c'est ce que les géologues appellent la "désilicification") et qui constituait jusqu'à 90 % du grès d'origine. Grès moins silice, restait de l'argile et, bien sûr, l'oxyde d'uranium qu'elle contenait. Du même coup, au voisinage des foyers réactifs l'uranium se trouva beaucoup plus concentré. D'une teneur de 15 % dans le grès, il atteignait jusqu'à 60 % dans l'argile.

Là où la concentration en uranium s'accroissait, les réactions nucléaires s'"allumaient" et, de proche en proche, la zone de fission gagnait du terrain. En outre, les failles et les creux laissés par le départ de la silice provoquaient des effondrements, des tassements, dans lesquels subsistaient des passages où l'eau pouvait se glisser, entretenant la fission. C'est ainsi que, en une sorte de "réaction en chaîne" géologique, le minerai s'est enrichi en se libérant de la silice et a créé les conditions propres à la poursuite de la fission.

Une question essentielle demeure cependant posée : comment de l'uranium s'est-il trouvé là en aussi grande concentration, alors que cet élément est très disséminé dans la croûte terrestre et que les minerais ont généralement d'assez faible teneur ? La réponse est donnée par la paléoclimatologie. Il y a 2 milliards d'années, en effet, l'oxygène faisait son apparition dans l'atmosphère. Composée jusqu'alors essentiellement de gaz carbonique,

d'azote et de vapeur d'eau, l'atmosphère commença à devenir respirable, grâce à l'oxygène que dégageait la photosynthèse de végétaux aussi primitifs que les algues bleues qui peuplaient les océans. Au contact de l'oxygène, l'uranium de la surface terrestre s'oxyde et devient soluble. Les eaux se chargent fortement en oxyde d'uranium, et lorsqu'elles rencontrent un sol réducteur (capteur d'oxygène), comme le grès, l'uranium précipite sous forme d'uraninite solide. Les concentrations d'uranium d'Oklo se sont formées ainsi, grâce à l'action de l'oxygène libéré dans l'atmosphère.

Reste peut-être le plus étonnant : par quel miracle les réacteurs fossiles ont-ils traversé les cataclysmes et remaniements géologiques sans en être altérés, jusqu'à leur récente découverte ? Ils ont simplement eu de la chance, pourrait-on dire : ils sont apparus au bon endroit, dans des sédiments reposant sur un vieux socle très stable qui, jusqu'à une époque tardive, n'a pas bougé. A 3 000 mètres de profondeur, protégés de l'oxydation – et donc de la dispersion par dissolution – par un milieu réducteur (grès, matières organiques), ils n'ont pas été attaqués et sont restés au repos des centaines de millions d'années. Puis, récemment – il y a quelques millions d'années –, au début du Tertiaire, le socle est remonté à l'occasion de bouleversements géologiques (formation de chaînes de montagnes...), et l'érosion a repris. Les foyers de fission fossiles se sont rapprochés de la surface ; ils sont arrivés à portée de la main juste à l'époque où les hommes avaient réinventé la fission nucléaire... et avaient besoin d'uranium. Il a donc fallu d'abord une histoire mouvementée aboutissant à la concentration de l'uranium, puis un très long repos, et enfin une reprise d'activité récente, pour que nous découvriions les réacteurs fossiles d'Oklo.

Un autre hasard, plus prosaïque, a permis cette découverte : à la fin 1971, l'exploitant minier était en retard dans sa production et, pour faire face à ses échéances, il a creusé une tranchée directement dans les parties du gisement les plus riches en uranium – les plus appauvries en isotope 235 puisque la fission s'y était produite. Il fournit donc à ses clients un uranium appauvri qui, même après de multiples dilutions, a pu être repéré par le technicien de Pierrelatte.

Après l'énumération de cette incroyable série de circonstances favorables, on ne s'étonnera pas que les réacteurs d'Oklo soient uniques au monde. Ce phénomène, on l'a vu, n'a pu survenir qu'à une période précise de l'histoire géologique : vers deux milliards d'années. Pas après, car la proportion d'uranium 235, qui diminue avec le temps, devient

trop faible pour que se propagent des réactions en chaîne. Pas beaucoup avant non plus, car il faut de l'oxygène pour que se forment d'importantes concentrations d'uraninite. Sans compter qu'il a fallu une très grande stabilité géologique pour que ces réacteurs fossiles parviennent jusqu'à nous. Des recherches menées dans des gisements d'uranium du même âge que ceux du Gabon, au Canada et en Australie, n'ont d'ailleurs rien donné.

Les réacteurs nucléaires fossiles d'Oklo, superbes curiosités géologiques, ont donné des idées aux chercheurs de nombreux pays. Rassemblés sous l'égide de la CEE dans le "Groupe Oklo", ils considèrent les réacteurs fossiles comme des "ana-

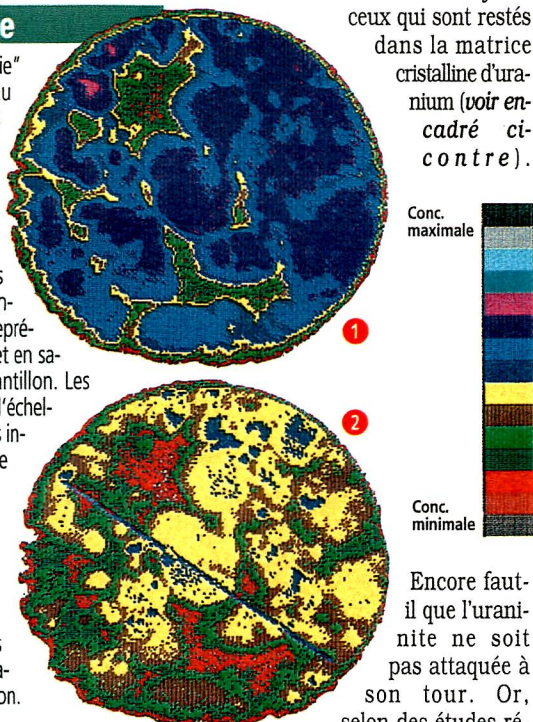
bitume. Il y a deux milliards d'années, à l'époque du fonctionnement de ces réacteurs, et même après, ces matières organiques, issues de la décomposition d'algues (il n'y avait pas encore de végétaux terrestres), étaient liquides. Réductrices, elles ont contribué à la précipitation de l'uranium soluble en uraninite solide, donc à la concentration de l'uranium. Puis, au cours de leur maturation, les matières organiques se sont solidifiées, protégeant l'uraninite de toute décomposition et empêchant du même coup la fuite des produits de fission emprisonnés dans les cristaux d'uraninite.

Car le meilleur piège pour les produits de fission, c'est l'uraninite elle-même : les éléments les mieux conservés sont toujours

ceux qui sont restés dans la matrice cristalline d'uranium (voir encadré ci-contre).

Le cœur d'un réacteur vu à la loupe

Grâce à une sonde ionique, on obtient une "photographie" des échantillons de sol montrant la concentration *in situ*, au micromètre près, des différents éléments présents dans une roche. Le procédé consiste à bombarder la surface polie d'un échantillon de cette roche avec un faisceau d'ions d'argon ou d'oxygène : cela pulvérise les premières couches d'atomes de l'échantillon, qui sont ensuite collectés et identifiés. Dans le cas des réacteurs nucléaires fossiles d'Oklo, on a pu déterminer ainsi quels éléments sont restés sur place depuis deux milliards d'années, et lesquels ont migré. Les deux disques ci-contre représentent respectivement la concentration en uranium (1) et en samarium, un produit de fission (2), dans un même échantillon. Les couleurs indiquent des concentrations croissantes suivant l'échelle ci-contre. Le samarium apparaît, certes, en quantité très inférieure à l'uranium, mais on voit immédiatement que le dessin est à peu près le même dans les deux cas : les régions à plus haute teneur en uranium, donc celles où s'est produit le plus de réactions de fission, sont aussi celles où le samarium est le plus concentré. Conclusion : le samarium est resté sur le lieu de sa naissance, et n'a pas migré. C'est-à-dire que la gangue rocheuse enveloppant, dans le réacteur naturel, le minerai d'uranium a préservé des agressions extérieures ce minerai et, du même coup, le samarium produit in situ au cours des réactions de fission.



Encore faut-il que l'uraninite ne soit pas attaquée à son tour. Or, selon des études récentes, les matières orga-

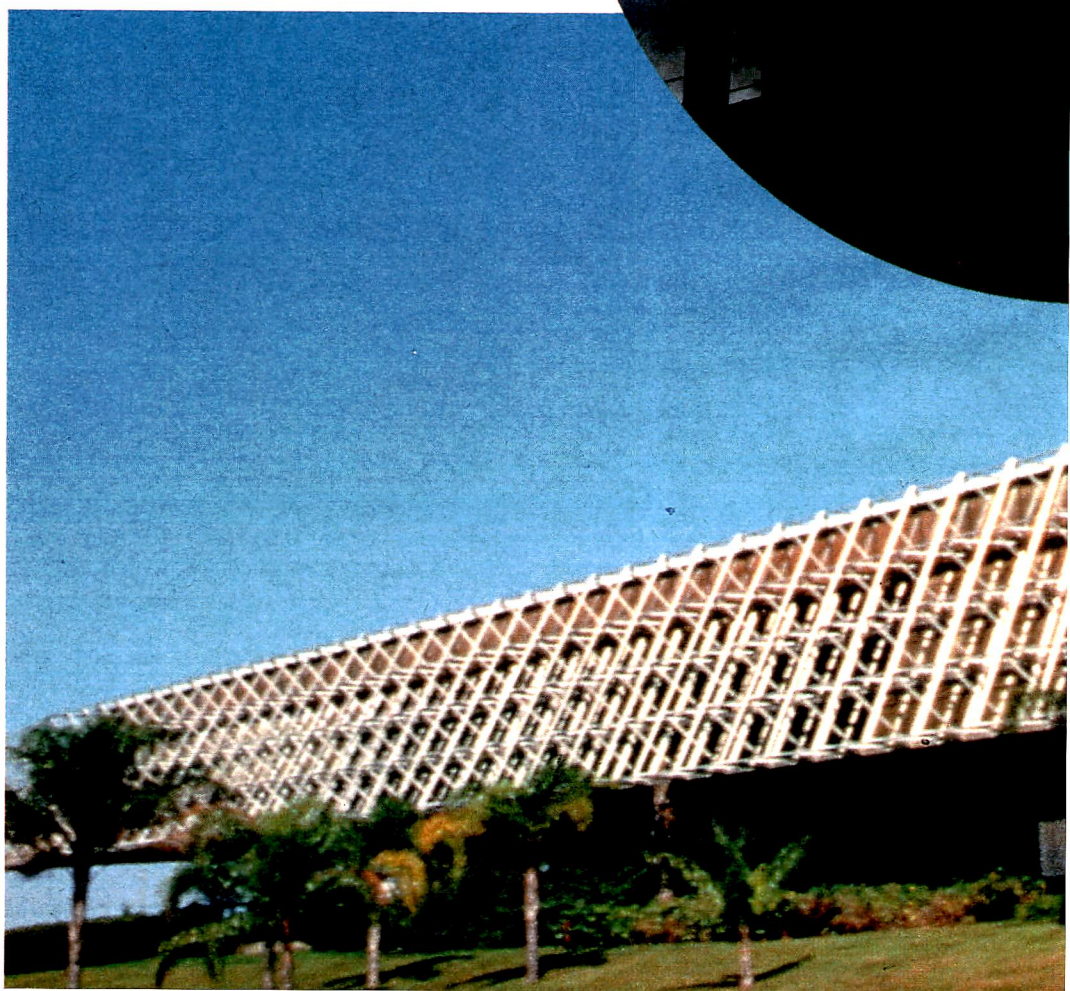
niques offrent à l'uraninite, et par suite aux produits de fission, une rétention bien meilleure que celle de l'argile. Celle-ci, séparée de la silice, tassée, parcourue par des courants de convection, attaquée par les rayonnements nucléaires, n'assure pas une très bonne protection à l'uraninite. Les fluides y circulent dans des microfissures du terrain, dissolvent les cristaux d'oxyde d'uranium et dispersent les produits de fission qu'ils retenaient. Il y a, évidemment, des exceptions : à Oklo, le réacteur le mieux conservé de tous est enserré dans une épaisse gangue argileuse... Mais à part ce cas parti-

logues naturels" des réacteurs industriels, et à ce titre censés nous en apprendre beaucoup sur la meilleure façon de stocker nos déchets radioactifs.

Les conditions de conservation des réacteurs d'Oklo sont en effet assez différentes suivant les zones. Dans les six premières zones explorées, qui ont été étudiées le plus en détail par les physiciens, le minerai d'uranium est mélangé à une gangue argileuse, apparue à la suite du phénomène de "désilicification" décrit plus haut. En revanche, dans les zones 7 à 9, l'uraninite se trouve souvent immobilisée dans des matières organiques solides, du type

PAR GABRIEL VERALDI

SOMMET DE RIO : L'ENFER PAVÉ DE BONNES INTENTIONS





Les Nations unies vont tenir des assises sur l'écologie, à Rio de Janeiro, du 1^{er} au 12 juin. C'est sans doute le motif de réunion le plus sérieux de l'Histoire. Mais les bruits qui courent à Genève ne laissent pas préjuger d'un résultat à la hauteur de l'intention. Le Sommet de la Terre pêche d'avance par démagogie, et aussi par hypocrisie. Il semble qu'on s'apprête à y faire des promesses intenables et, surtout, qu'on y éludera des problèmes véritables.

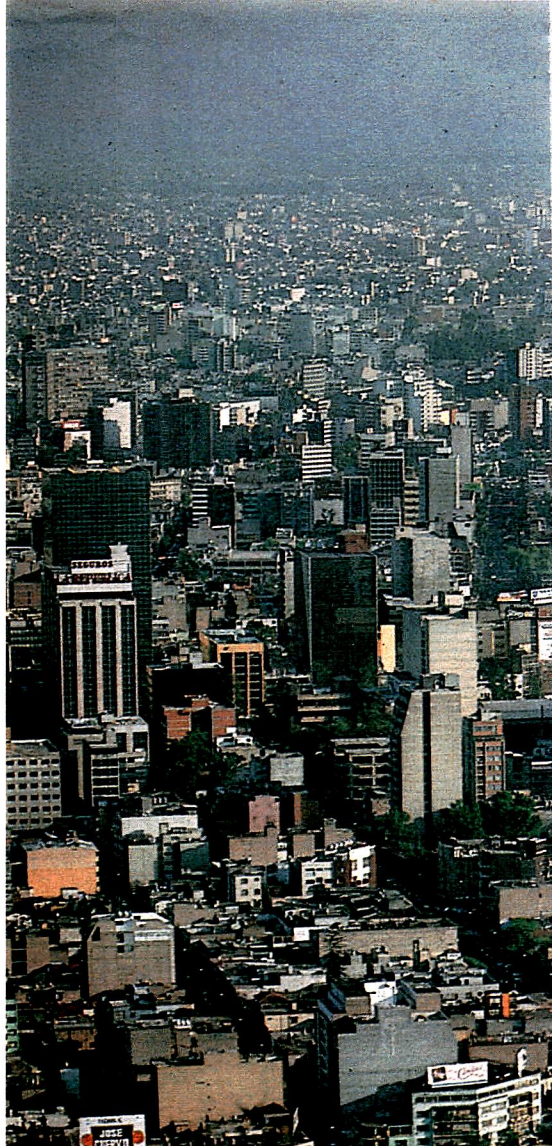


«Un nombre jamais atteint de dirigeants mondiaux, d'organisations non gouvernementales, de chefs d'entreprise, de spécialistes», dit-on à l'ONU, vont être confrontés à «la menace la plus catastrophique de toute l'histoire humaine». Il s'agit du Sommet de la Terre, événement qui fera date de toute façon. Relevons incidemment l'emphase du discours. Car elle contraste avec le sentiment de certains observateurs, selon lesquels ce conglomérat de courants inconciliables, précédé d'un véritable cyclone médiatique, risque, hélas, de tourner à la farce.

On y décèle déjà une faille : si l'on y attend bien 120 chefs d'Etats ou de gouvernements, la dernière superpuissance de la planète la boude : trois semaines avant l'ouverture de la conférence, le président Bush n'avait toujours pas répondu à l'invitation (*). Ne croirait-il donc pas à la gravité de la situation écologique ? Ou bien serait-ce que la «révolution globale» qui sera proposée à Rio s'annonce, non seulement difficile et coûteuse pour un grand pays industrialisé, mais encore véreuse : manœuvres et magouilles y font déjà florès, comme le révèle une enquête dans les coulisses.

D'abord, y a-t-il vraiment urgence ? Oui. Certes les hommes ont plusieurs fois modifié, au moins localement, les équilibres naturels ; le feu, l'agriculture, l'irrigation, la domestication, la déforestation, la navigation lointaine, les migrations, la diffusion d'espèces végétales et animales ou de maladies contagieuses, etc. ont sensiblement changé la vie sur la Terre ; il est même possible que les chasseurs du Pléistocène aient exterminé déjà la «mégafaune» qui survivait au début de l'ère quaternaire ; mais depuis trois siècles, la technologie va plus vite que les rééquilibrages naturels. Auparavant, les imprudences écologiques étaient sanctionnées par des ruptures éco-sociologiques, et les équilibres se rétablissaient assez vite. Ainsi, un siècle après l'effondrement de la civilisation maya, vers l'an 1000, la forêt ensevelissait les ruines de cette grande défricheuse. Les désertifications durables se compensaient par l'émigration à travers des continents sous-peuplés. Le plus vaste bouleversement écologique avant l'époque industrielle, la colonisation des Amériques, ne dégrada pas encore la biosphère, cette mince couche de vie qui évolue à la surface de la Terre. Mais aujourd'hui, les équilibres semblent vraiment en péril : effet de serre, pollution, trou d'ozone, surpopulation... la crise est sans précédent et elle est planétaire. Sans parler des armes de destruction massive, atomiques, biologiques, chimiques, climatiques, qui pourraient rendre la Terre inhabitable, voire en expulser l'atmo-

* Enfin, le 13 mai, après un sévère marchandage, le président Bush a accepté de passer à Rio.



sphère et la réduire à l'état lunaire, risque évoqué par l'un des maîtres du feu atomique, Nikita Khrouchtchev, à propos de la bombe de 100 mégatonnes.

La crise n'est pas virtuelle, elle est présente. Nos modes de vie ordinaires suffisent, conclut une synthèse scientifique récente (1), «à mettre en question la biosphère et la capacité, tant de la nature que de la société, à permettre la continuation de la vie». Le dilemme est brutal : d'un côté, une nature qui n'en peut mais, de l'autre, le développement industriel qui réclame l'immense majorité des humains. Or, les deux termes en sont inacceptables.

La communauté scientifique l'a vu et dit assez vite. A Genève, «capitale de l'environnement» où sont basées la plupart des agences compétentes de l'ONU et maintes organisations non gouvernementales, les «ONG» en jargon onusien, on dit : «Nous avons été les premiers à comprendre l'urgence des problèmes écologiques.» C'est en gros exact. Dès 1956, au sympo-



Déserts "artificiels" et villes tentaculaires

La mer d'Aral devenue une flaque de boue desséchée et l'informe tissu urbain surpeuplé de Mexico ne sont pas des accidents déplorable comme ceux de Tchernobyl ou de l'Amoco Cadiz : ce sont, parmi d'autres, les produits prévisibles de notre mode de vie ordinaire, ce qui est beaucoup plus alarmant..



premiers à comprendre l'urgence des problèmes écologiques.» C'est en gros exact. Dès 1956, au symposium marquant *Man's Role in Changing the Face of the Earth* ⁽²⁾, on évoquait les risques, et l'anthropologue et théologien Teilhard de Chardin popularisait le terme "biosphère", forgé en 1929 par W.I. Vernadsky ⁽³⁾. Le conflit entre écologie et technologie fut, lui, défini en 1959 à un autre symposium, à l'université de Princeton, sous le titre *The Careless Technology* ⁽⁴⁾.

Malheureusement, le débat fut alors faussé par une politisation effrénée. S'en souvient-on, les Marcuse, Roszak, Illich et autres gourous de la "contre-culture" accusèrent en bloc les scientifiques de "crimes contre l'humanité". Termes excessifs, sans doute, car qui d'autre que les scientifiques pouvait

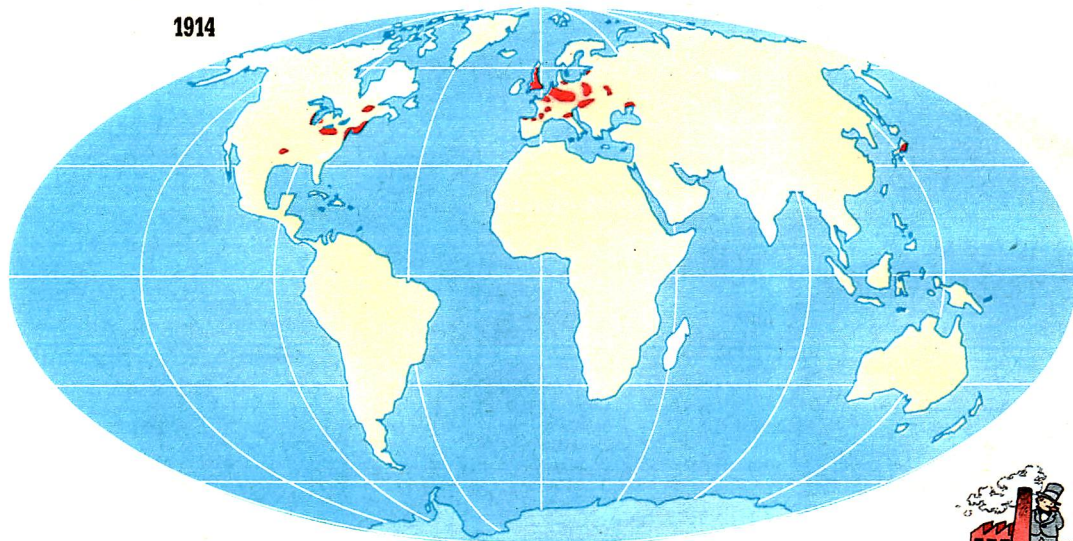
2) W.L. Thomas, Chicago University, 1956.

(3) *La Biosphère*, W.I. Vernadsky, Alcan, Paris, 1929.

(4) *The Careless Technology, Ecology and International Development*, M.T. Farvar et al., Stacey, London, 1969.

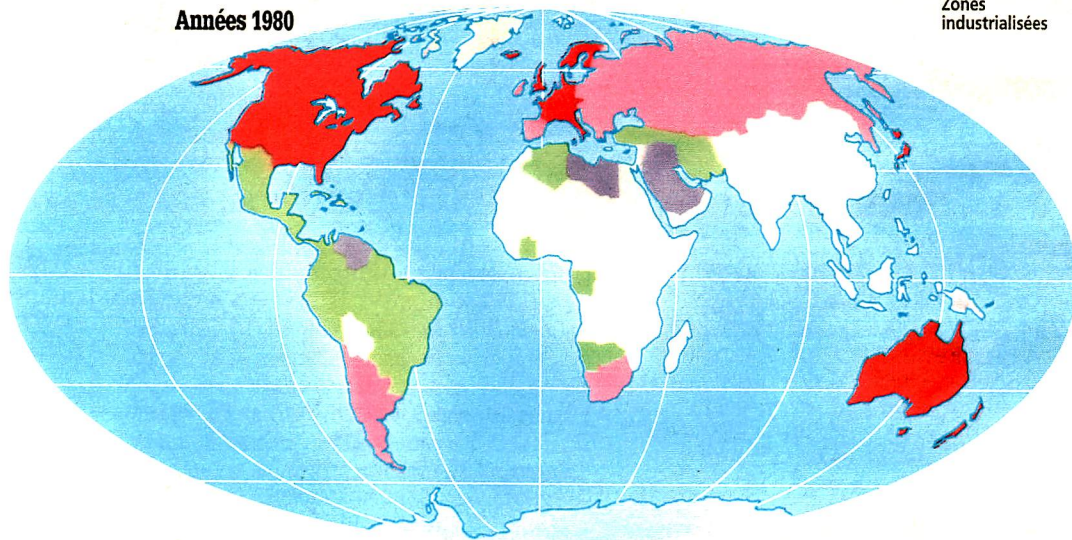
SURINDUSTRIALISATION CHEZ LES RICHES...

1914



Zones
industrialisées

Années 1980



Pays de forte
consommation



Pays de faible
consommation



Pays pétroliers
autres que les pays
industrialisés



Pays en voie de
développement



Pays sous-
développés

trouver remède aux problèmes ? Au nom de l'écologie, des revues comme *Le Sauvage*, éphémères mais un moment à la mode, appelèrent à la fin de la civilisation industrielle – «Travailleurs de tous les pays, reposez-vous» (n° 6) – et dénoncèrent «le grand complot écofasciste de la bourgeoisie» (n° 4). L'écologie politique, l'"éco-pol", était récupéré par des opérations électorales : «La véritable écologie débouche sur un combat militant pour la politique socialiste.» Molière n'eût pas mieux dit : voilà l'ozone devenue socialiste !

Il faut dire que dans tous les camps, l'écologie ou la contre-écologie se portaient à la boutonnière plutôt que dans la tête ou dans le cœur. Rappelons qu'alors cadres, sociologues de couloir et de salon, certains éditorialistes amateurs et professionnels, technocrates saisis par l'enthousiasme prophétique et même scientifiques passés aux affaires cultivaient une sorte de "bible", *le Choc du futur* (5), traduite dans une trentaine de langues. L'auteur y annonçait, sans ciller, que la production doublerait désormais tous les quinze ans, et que nous entrions dans la *throw-away society* (la société du jetable) : nous nous débarrasserions bientôt non seulement de nos vêtements portés une fois, mais de nos habitudes d'avarice, restes des temps de pauvreté. Le choc pétrolier de 1973 fit pièce de ces extravagances, basées sur l'une des pires erreurs de la prospective : établir une courbe, ou une droite, à partir des données d'une courte période et la prolonger indéfiniment.

L'écologie, néanmoins, avançait. Les organisateurs du prochain Sommet de la Terre aiment à le rappeler : «Le voyage a débuté le 5 juin 1972, quand les délégués de 113 pays et de nombreuses organisations, ainsi que des représentants de toutes les parties du monde se sont réunis à l'opéra de Stockholm, où leurs hôtes suédois leur ont souhaité la bienvenue à la Conférence des Nations unies sur l'environnement.»

D'autres sommets des Nations unies suivirent. L'efficacité en est douteuse, selon la plaisanterie en cours à l'ONU : «Nos travaux ressemblent à la copulation des éléphants. Ils se passent à un niveau élevé. Ils font beaucoup de bruit et de poussière. Mais il faut



... ET SURPOPULATION CHEZ LES PAUVRES

Le Tiers Monde surpeuplé n'espère se tirer de la pauvreté que par l'industrialisation qui menace tous les équilibres naturels. C'est le dilemme numéro un qu'aura à résoudre le Sommet de Rio. Ci-contre, les redoutables progrès de l'industrialisation en soixante-cinq ans, dans le monde. Ci-dessus, des Ethiopiens fuyant la famine.

attendre longtemps le résultat » Toutefois, il fallait bien débattre, car la situation appelait des résolutions. Au-delà des éclats de voix des "bons sauvages" et des "saboteurs", le Club de Rome, groupe de réflexion créé en 1968 par l'industriel italien Aurelio Peccei, lança une bombe : son rapport *Halte à la croissance* (6). A partir d'études, d'ailleurs contestables, du Massachusetts institute of technology, ce manifeste proclamait la nécessité, pour des motifs essentiellement écologiques, de freiner la production économique, qui avait paru indispensable et inévitable, depuis le redémarrage de l'après-guerre. Le Néerlandais Sicco Mansholt, vice-président de la CEE, avait même radicalisé les propositions de Rome en appelant à une "croissance zéro".

Le Tiers Monde s'insurgea : ces salauds de riches voulaient garder la prospérité pour eux ! Au nom de l'Inde et des pays du Sud, Indira Gandhi trouva une belle formule : «La plus grande des pollutions, c'est la pauvreté.» On va en mesurer plus loin le bien-fondé.

Mais, avant, revenons sur l'"internationale écologique". En France, on connaît à peine l'immense réseau mondial des spécialistes, gestionnaires, militants, sympathisants actifs, et aussi illuminés et profiteurs de la cause écologique. Traditionnellement, les pays latins sont plus réservés et sceptiques que les anglo-saxons, nordiques et germaniques, où les grandes causes humanitaires se nourrissent de prophétisme biblique. Le succès des deux partis écologiques français aux dernières élections a fait beaucoup plus parler de leur poids

5) Par Alvin Toffler, Editions Fayard.

(6) Editions Fayard.



«La plus grande pollution, c'est la pauvreté»,

disait Indira Gandhi. Pollution d'autant plus inacceptable que, tandis que les enfants d'un Tiers Monde insolvable meurent de faim, des montagnes de produits agricoles, comme ici pommes et poires en Vaucluse, pourrissent faute d'acheteurs. Quelle solution trouvera le Sommet de Rio ?



dans le jeu politique que des problèmes de fond.

Il n'existe pas à cette date d'annuaire complet de l'écologie mondiale. Signalons qu'une "ONG" française, le Centre de documentation sur l'écophilosophie (7), prépare ce "livre de référence international" très attendu. On peut cependant indiquer qu'il existe un bon millier d'instituts universitaires, en titre ou en département spécialisé. Il y a à peu près autant de services attachés à des gouvernements ou à des administrations publiques. Le nombre des services similaires fonctionnant dans les entreprises privées et des groupements économiques est difficile à évaluer. Ils sont en tout cas nombreux et se multiplient rapi-

dement, avec des fonds collectifs comme Ecofund, à New York, ou, à Genève, The Business Council for Sustainable Development, qui a rassemblé trente-huit des plus puissants P-DG de la planète autour du jeune industriel zurichois Stephan Schmidheiny (8).

Mais, bien sûr, les gros bataillons de militants se trouvent dans les "ONG" les plus diverses. Elles menaçaient de submerger les travaux officiels du sommet, au point qu'il a fallu créer un "forum global", tenant parallèlement ses assises. On attend plus de 1 200 de ces organismes non gouvernementaux.

A Rio, les fonds sont à la mesure du gigantisme : 170 pays invités, 40 000 participants, 2 000 journa-

listes accrédités, 30 millions de dollars annoncés pour la conférence elle-même et un total de 500 millions de dollars en installations, préparations, voyages et autres débours ! «Ça va finir comme la tour de Babel», soupire le président d'une grande multinationale, qui a signé l'avant-veille un chèque à six chiffres en francs suisses. «Maurice Strong (voir encadré ci-dessous), l'organisateur, a voulu frapper si fort qu'il va tout casser. En s'efforçant de rassembler absolument tout le monde, il a fabriqué un mélange explosif de points de vue inconciliables – ou au contraire une mixture tellement mêlée qu'elle sera décomposée et inerte.»

Pour justifier cette énorme affaire et intéresser un Tiers Monde méfiant, il a fallu afficher des ambitions démesurées : «La principale cause de la dégradation de l'environnement mondial est le mode de production et de consommation, en particulier dans les pays industrialisés. (...) Le programme d'action engagera les gouvernements à prendre une série de mesures concrètes, qui modifieront entièrement les fondements de notre vie économique, de nos relations avec les autres, et de nos perspectives pour l'avenir, (...) des sommes colossales seront nécessaires...» Colossales, en effet, puisque, d'après le programme, dé-

taillé dans l'*Agenda 21*, un document de quelque 800 pages, pour obtenir, et vite, un monde prospère, juste, hospitalier, fertile, équitable, propre – et «populaire», selon le texte anglais (on a apparemment oublié «fraternel», «convivial», «pacifique» et «riant») –, on parle de 600 milliards de dollars par an. Où les trouverait-on ? Les trois quarts, selon la littérature lyrique disponible, seraient produits par l'activité économique et les 125 milliards de dollars restants seraient donnés, bien sûr, par les pays industrialisés. Ceux-ci fournissant actuellement 55 milliards de dollars, il leur faudrait immédiatement en rajouter 70. Or on sait déjà que leur effort dépassera difficilement une dizaine de milliards.

La seule grande mesure réaliste que le public attendait – et attend encore – du sommet, c'est l'impôt sur le CO₂. Dans les coulisses de Genève, on n'en parle plus guère. Espérons qu'elle n'est pas tombée dans les oubliettes.

On conçoit que le pessimisme ait saisi les participants et les organisateurs eux-mêmes, le comité préparatoire de quarante membres réuni autour du président singapourien Tommy Koh et du rapporteur algérien Ahmed Djoghlaïf. Les déceptions risquent d'être à la mesure du fracas titanesque de l'entreprise.

Ensuite, on ne dira pas la vérité. En effet, comme cette rencontre prétend rassembler des positions radicalement opposées, la méthode pour ne pas faire peur aux participants a consisté à ne pas aborder les questions litigieuses. Or, la plus brûlante est naturellement la surpopulation. La pollution augmente non seulement en raison des polluants, mais parce qu'il y a de plus en plus de gens qui consomment et qui polluent. Le méthane de dix vaches ou les CFC des réfrigérateurs de cent personnes, passe encore, mais le méthane d'un milliard de vaches ou les CFC d'un milliard de réfrigérateurs, c'est autre chose.

Grande agence de l'ONU, l'Organisation mondiale

(7) CEDEP, Le Château, Sigoyer, 04200 Sisteron.

(8) Le 7 mai a été présenté officiellement à Maurice Strong le rapport de Stephan Schmidheiny, *Changing Course*, dont la version française *Changer de cap* est publiée par Dunod. La finance est, par ailleurs, en train de rattraper son retard sur l'industrie. En 1991, 14 des 229 projets approuvés par la Banque mondiale étaient réservés à l'écologie et représentaient des prêts de 1 milliard et demi de dollars. Mais 40 % de tous les projets comportaient des «composantes environnementales». Un fonds mondial, le GEF (Global Environment Facility) finance des opérations de défense de l'environnement dans les pays où le produit national par habitant est inférieur à 4 000 dollars. Le premier don, 4 millions et demi de dollars, a été attribué à la protection des forêts en Pologne. La nouvelle banque pour les pays de l'Est, la BERD, a inscrit la défense de l'environnement dans ses statuts. On voit apparaître un financement spécifiquement écologique, des «fonds verts», à l'image du Social Investment Forum américain – en Suisse, par exemple, des «éco-obligations» rémunérées 1 % plus bas que les taux usuels, ou, en France, des premières «sicav vertes», le fonds Ecociv du CIC, etc.

(suite du texte page 166)

MAURICE STRONG. "THE STRONG MAN"

Né en 1929, le Canadien Maurice Frederick Strong passe dix-huit dans l'industrie. En 1966, il quitte la présidence de la Power Corporation of Canada et prend la tête du Canada's External Aid Office, qui s'occupe des programmes internationaux de développement.

De 1970 à 1972, il organise puis préside la conférence fondatrice de Stockholm, qui officialise la reconnaissance par l'ONU des problèmes de l'environnement. Il est le premier directeur général du PNUE-UNEP, le Programme des Nations unies pour l'environnement. De 1975 à 1985, il dirige la compagnie nationale Petro-Canada, tout en développant les institutions relatives à l'environnement de l'ONU. En 1989, il prend la présidence du

CNUED-UNCED, la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement, et s'installe à Conches, près de Genève, au siège de l'Académie internationale de l'environnement, pour préparer le sommet de Rio.

Cet homme massif, nerveux, d'une énergie impressionnante, connaît à fond l'administration et l'industrie. Il se sent manifestement chargé d'une mission historique et spirituelle pour réformer et sauver le monde.



Toutes les Opel ont déjà un catalyseur.*

Autant partir à la campagne en aimant la campagne.



* SAUF CERTAINS MOTEURS DIESEL ET TURBO DIESEL QUI SONT CONFORMES AUX NORMES ANTIPOLLUTION US 83.



constructeur rentre en jeu. Car le meilleur moyen d'inciter un consommateur à s'équiper d'un catalyseur, c'est avant tout de le lui proposer. C'est pour cela qu'Opel a été le premier constructeur

Pour la plupart des gens, quelqu'un qui n'aime pas la campagne est quelqu'un qui préfère rester en ville le week-end.

Point du tout. Quelqu'un qui n'aime pas la campagne, c'est quelqu'un qui adore le grand air, qui adore les arbres et les petits oiseaux, et qui part tous les week-ends avec sa voiture équipée d'un superbe pot d'échappement polluant.

C'est ici que la responsabilité d'un constructeur rentre en jeu. Car le meilleur moyen d'inciter un consommateur à s'équiper d'un catalyseur, c'est avant tout de le lui proposer. C'est pour cela qu'Opel a été le premier constructeur

généraliste européen à avoir proposé systématiquement en France tous ses modèles de voiture avec des catalyseurs 3 voies, et cela, même sur les plus petits modèles.

Une philosophie certes poussée à l'extrême, mais en matière d'environnement, un effort n'a aucun sens s'il est fait ponctuellement ou isolément.

C'est pour cela qu'Opel a été aussi le premier fabricant automobile à utiliser des peintures hydrosolubles et que toutes les Opel sont recyclables à plus de 90%. Conclusion, si vous partez à la campagne ce week-end pour respirer, roulez plutôt en Opel.

OPEL 

Opel. Faites-vous une idée neuve.

PAR ALAIN MEUNIER ET GERALD MESSADIÉ

L'AFFAIRE DU GAZ DANS LE CERVEAU

Plusieurs équipes de pointe dans le monde sont sur la piste d'une découverte stupéfiante : un gaz des plus communs, le NO (qu'on trouve, par exemple, dans l'échappement des automobiles), pourrait peut-être avoir dans notre cerveau le même rôle que ces substances complexes qui transmettent les informations d'un neurone à l'autre ! Dans la crainte de se faire coiffer au poteau, l'une de ces équipes parmi les plus prestigieuses crie victoire, annonce qu'elle a élucidé le mystère, et même que le NO aurait un rôle dans le mécanisme de la mémoire.

Or, quels que soient les mérites de cette équipe, il semble que l'annonce, largement reprise par les publications scientifiques, soit pour le moins prématurée.

Une hypothèse récente, qui s'est un peu vite fait passer pour une découverte, fait d'un gaz très commun, le monoxyde d'azote (NO), un neuromédiateur ! Ce serait une grande découverte, en effet, qu'un gaz puisse jouer un rôle analogue à celui de substances chimiques telles que l'acétylcholine, la noradrénaline, l'adrénaline, la dopamine, etc., neuromédiateurs connus. Un neuromédiateur est une substance qui joue un rôle fondamental dans la transmission de l'information entre les neurones aussi bien dans le cerveau que dans le reste de notre système nerveux.

L'enjeu scientifique est de taille, puisque cette "découverte" expliquerait enfin le mécanisme par lequel s'opère ce que l'on appelle en neurophysiologie la potentialisation par action rétrograde. Ce mécanisme est bien reconnu et démontré dans notre système hormonal : on sait, en effet, comment les sécrétions hormonales sont soumises à des phénomènes de régulation en boucle. Ainsi, la sécrétion des hormones T3 et T4 par la glande thyroïde (hormones responsables du métabolisme de nos cellules) est activée par une autre hormone, la TSH, sécrétée, elle, par l'hypophyse dans le cerveau : plus de TSH, donc, donne plus de T3 et T4. Mais T3 et T4 sont des inhibiteurs d'une troisième hormone, le TRH, sécrétée par le thalamus. Résultat : plus de T3 et T4 donne moins de TRH. Or le TRH entraîne la sécrétion de TSH. Au total, donc,

cette cascade d'événements consitue une boucle rétroactive qui maintient à son niveau optimal le taux des hormones T3 et T4, et donc garantit le bon fonctionnement du métabolisme cellulaire.

Or tous nos systèmes hormonaux fonctionnent de la sorte. On comprend alors l'impact qu'aurait la découverte du mécanisme neuronal qui commande cette boucle rétroactive de régulation, c'est-à-dire le mécanisme par lequel un neurone aval excité par un neurone amont agirait à son tour sur ce dernier. Car cette boucle de régulation neuronale – qu'on appelle potentialisation à long terme (LTP, sigle de l'anglais *Long Term Potentiation*), est à la base du fonctionnement équilibré de tout notre organisme; sans la modulation permanente qu'elle permet, la machine s'emballerait à chaque instant rendant impossible toute adaptation, toute vie même. La plus bénigne des douleurs nous infligerait la plus atroce des souffrances; le moindre désir, la moindre pulsion nous pousserait irrésistiblement à une satisfaction immédiate quel qu'en soit le prix.

Si l'oxyde d'azote est bien un neurotransmetteur, donc, la neurophysiologie aura fait un formidable bond en avant, et cette découverte vaudrait à coup sûr un prix Nobel à son auteur. Plusieurs équipes travaillent d'ailleurs sur cette question : celle du très célèbre Solomon Snyder, de l'université Johns Hopkins ; celle de Moncada, aux laboratoires Well-

come ; celle de Ferrendelli, à l'université Washington de St Louis ; celle de Murad, à l'université Stanford. Grosse affaire, donc, où l'on se dispute les places au palmarès final, qui ne saurait être que glorieux. Cela explique que certains, de peur de se voir coiffer au poteau, soient tentés de publier des résultats qui n'en sont pas encore.

La revue *Science*, l'un des journaux savants les plus influents, a publié là-dessus un article intitulé : «Un nouveau rôle pour les gaz : la neurotransmission.» Sous-titre : «La remarquable découverte que le monoxyde d'azote transmet les impulsions nerveuses ouvre un nouveau chapitre de la neurotransmission.» Voilà donc l'hypothèse transformée officiellement en "découverte". Un confrère français très respecté a également publié un article d'un chercheur qualifié, qui ne laisse pas de doute sur la réalité de la "découverte", et qui l'explique même de façon détaillée.

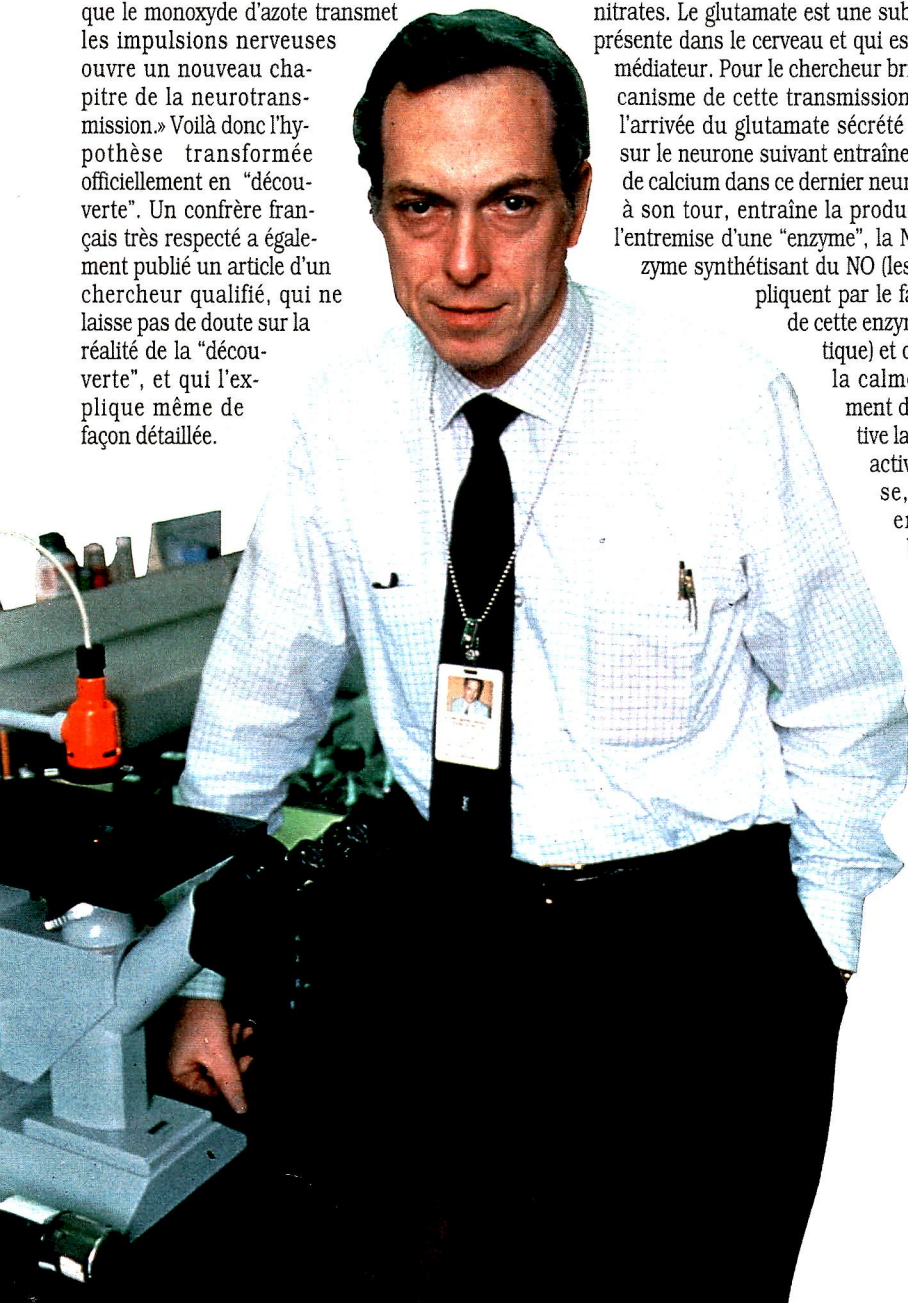
Fort de l'accueil prématurément chaleureux qui lui a été fait, Snyder a été plus loin : il a lancé une "bombe" en avançant que le NO serait même un élément-clé des mécanismes de la mémoire. On parle maintenant d'expliquer la maladie d'Alzheimer — responsable, justement, de troubles de la mémoire — grâce à la "découverte" en question.

Résumons l'hypothèse, proposée pour la première fois en 1988 par John Garthwaite, de l'université de Liverpool : lorsqu'on ajoute du glutamate à des cultures de neurones, on obtient des nitrites et des nitrates. Le glutamate est une substance excitante présente dans le cerveau et qui est bien un neuro-médiateur. Pour le chercheur britannique, le mécanisme de cette transmission est le suivant : l'arrivée du glutamate sécrété par un neurone sur le neurone suivant entraîne l'entrée massive de calcium dans ce dernier neurone. Ce calcium, à son tour, entraîne la production de NO par l'entremise d'une "enzyme", la NO-synthase, enzyme synthétisant du NO (les guillemets s'ex-

pliquent par le fait que la nature de cette enzyme est problématique) et d'une co-enzyme, la calmoduline. Autrement dit, le calcium active la calmoduline qui active la NO-synthase, qui produirait enfin du NO, le banal monoxyde d'azote, que l'on

Contredire un ponté ...

Solomon Snyder de l'université Johns Hopkins, aux États-Unis, un savant américain d'une valeur incontestable, est devenu, par la puissance des médias, une vedette internationale incontestée. Ainsi sa communication sur le rôle du NO dans le cerveau, aussi documentée qu'elle soit, est à peu près unanimement considérée comme approximative et prématurée par ses différents confrères, qui ne se privent pas de le répéter en privé mais se gardent de le dire en public.



trouve dans les gaz d'échappement des voitures

Ce NO diffuserait alors à travers ce neurone récepteur et passerait dans le neurone précédent ou pré-synaptique, celui-là même qui avait libéré le glutamate (*voir dessin p. 71*). Là, il activerait une autre enzyme, la guanylate-cyclase, une métallo-enzyme (le NO ayant une forte affinité pour le fer de cette enzyme, et pour les métaux en général), laquelle entraînerait de nouveau la libération de glutamate. Le monoxyde d'azote serait ainsi l'agent par lequel un neurone aval (post-synaptique) excité par un neurone amont (pré-synaptique) agirait rétroactivement sur ce dernier.

De tout cela, il faut retenir deux postulats étonnants: l'un est que le neurone produirait du gaz NO et l'autre est que ce gaz serait un neuromédiateur.

Il faut comprendre l'excitation de Garthwaite. Dès la fin des années 1970, en effet, une substance mystérieuse tient en échec les physiologistes. Il y a une douzaine d'années, on (!) a ainsi trouvé que si l'on applique de l'acétylcholine (qui, elle, est un vrai neurotransmetteur) sur la membrane interne (l'endothélium) de vaisseaux sanguins isolés, on déclenche la sécrétion d'une substance qui, appliquée immédiatement (entre 2 et 6 secondes) sur une série d'autres vaisseaux, provoque une vasodilatation. Quelle substance ? On n'a jamais réussi à l'identifier : avant elle, on sait que dans le milieu étudié il y a un acide aminé, en l'occurrence l'arginine, et de l'oxygène ; après, on trouve des nitrites, des nitrates et de la citrulline. Entre les deux, se produit puis se dégrade la mystérieuse substance – baptisée à l'époque EDRF (pour *Endothelium Derived Relaxing Factor*) –, dont l'existence est trop éphémère pour qu'aucune mesure ni aucun examen permette de révéler sa présence.

De cet EDRF qui n'a jamais été identifié, on sait

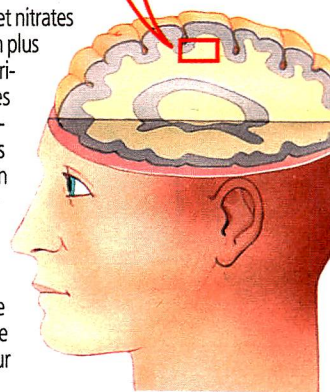
DU VAISSEAU AU NEURONE. UN PASSAGE OSÉ

Lorsqu'on applique de l'acétylcholine, un des neuromédiateurs (substances qui permettent la transmission de l'information entre neurones) du cerveau et du système nerveux, sur la membrane interne (l'endothélium) de vaisseaux sanguins isolés au laboratoire, on déclenche la sécrétion d'une substance qui provoque une vasodilatation : les cellules lisses de la paroi des vaisseaux (1) se relâchent, ce qui dilate ces derniers en agrandissant leur diamètre intérieur (2).

A cause de sa durée de vie trop courte, cette substance vasodilatatrice – baptisée EDRF – n'a jamais pu être identifiée; elle resta un mystère. Cette expérience, entreprise dans les années 1970, avait seulement montré que cette substance énigmatique était fabriquée à partir d'un acide aminé, l'arginine, et d'oxygène, et qu'elle donnait en se dégradant des nitrites et des nitrates, ce qui peut être le cas d'un certain nombre de substances, dont le monoxyde d'azote.

En 1988, ayant observé ces mêmes nitrites et nitrates dans une expérience sur les neurones – et non plus sur les vaisseaux sanguins –, un chercheur britannique, John Garthwaite, retint, parmi les candidats possibles à l'origine de ces molécules, le monoxyde d'azote, mais sans jamais en détecter la présence. Pourquoi lui et pas un des autres candidats possibles ? Apparemment parce que les propriétés chimiques (diffusion et neutralité électrique, notamment) de ce gaz "collaient" le mieux au modèle d'explication – analysé dans notre article – qu'il proposait pour démontrer que ce même gaz jouait un rôle de neuromédiateur dans le cerveau (*voir encadré p. 70*).

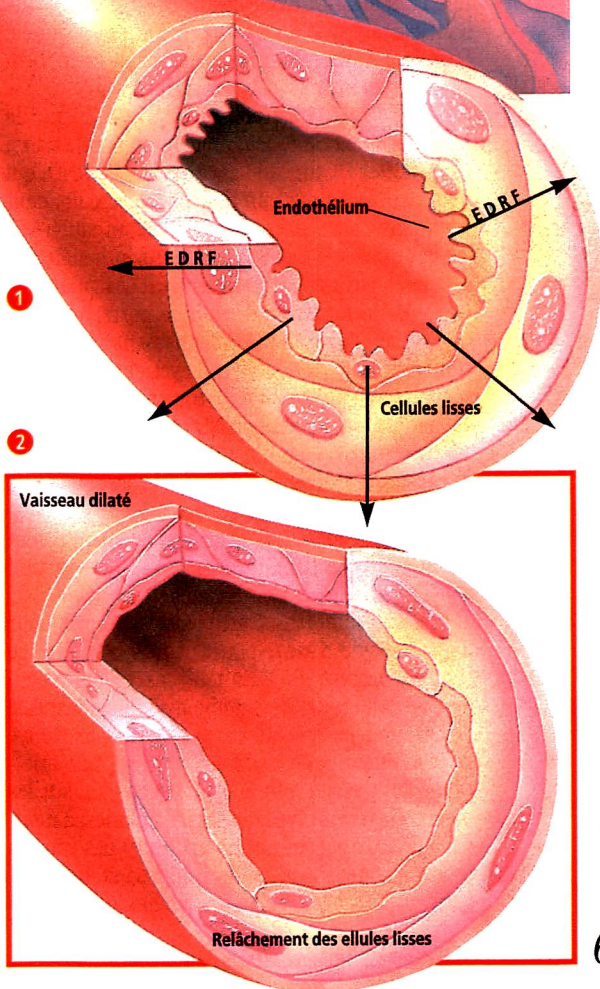
quand même un certain nombre de choses : on a remarqué qu'il est produit dans tous les tissus endothéliaux des vaisseaux sanguins (les grosses artères du cœur comme les capillaires du cerveau) ; que c'est une substance ionisée, c'est-à-dire possédant une charge électrique ; qu'il agit sur la fibre lisse du muscle du vaisseau par l'entremise de l'enzyme guanylate-cyclase. C'est donc un vasodilatateur endogène – l'équipe de Moncada vient d'ailleurs d'établir que chez les malades du rein, qui n'éliminent plus leurs urines, l'inhibition de sa synthèse (par un inhibiteur naturel accumulé dans l'urine, la diméthylarginine asymétrique ou ADMA) provoque l'hypertension par vasoconstriction (2). On sait aussi,





pour l'avoir vérifié expérimentalement, que lorsque l'endothélium est détruit, ce facteur vasodilatateur n'est pas produit.

La clé de l'affaire semble résider dans les produits de synthèse et de dégradation de l'EDRF : arginine, oxygène, d'une part, et nitrites, nitrates et citrulline, d'autre part, soit les mêmes que ceux constatés par Garthwaite dans son expérience sur les neurones. Comme on sait que le NO peut se dimériser en N_2O_2 (c'est-à-dire se transformer par association de deux molécules) qui se dégrade lui-même en une molécule de nitrite et une de nitrate, il était trop tentant de faire le rapprochement. Garthwaite retint donc le monoxyde d'azote comme précurseur des nitrites et nitrates de son expérience. D'autant que les propriétés chimiques de ce gaz (diffusion et neutralité électrique, notamment) "collaient" au modèle d'explication qu'il proposait, ce qui n'était pas le cas des autres candidats possibles (en particulier des substances ionisées comme celles mentionnées plus bas) comme origine de ces produits de dégradation. Le chercheur britannique en déduit, donc, que le mystérieux EDRF est tout simplement du NO : un gaz électriquement neutre. Il affirme, de plus, que le NO a une durée de vie de quelques secondes et que, comme tous les gaz, il diffuse facile-



(2) Vallance, Leone, Calver, Collier et Moncada, "Accumulation of an Endogenous Inhibitor of Nitric Oxide Synthesis in Chronic Renal Failure", *The Lancet*, 7 mars 1992.

ment dans tous les milieux (tissus vivants, eau, gaz). Il bâtit à partir de là son audacieuse hypothèse.

Audacieuse est un qualificatif bien faible. Car même si l'hypothèse en question a été reprise depuis par un des pontes de la neurophysiologie, le célèbre Solomon Snyder, et même si elle est traitée comme une découverte réelle par une bonne partie de la presse spécialisée, elle reste, nous allons le voir, pour le moins extrêmement fragile sinon hasardeuse.

Le monoxyde d'azote, rappelons-le, est un polluant atmosphérique bien connu, relâché dans les gaz d'échappement des autos, avec un "compère", le dioxyde d'azote, NO_2 (l'ensemble est souvent appelé NO_x). Il est aussi produit industriellement, parce qu'il sert à la fabrication de l'acide nitrique. Or, si le monoxyde d'azote est un polluant, c'est qu'il reste un certain temps dans l'air avant de réagir avec l'oxygène. Cette longévité, à elle seule, suffit pour réfuter la théorie de Garthwaite et Snyder, puisque leur gaz supposé ne vit que quelques secondes. C'est là une des faiblesses majeures de cette théorie. Nous allons voir qu'il y en a d'autres.

De quelle substance pourrait-il s'agir ? Pour de nombreux scientifiques, dont Alain Meulemans, biophysicien ⁽³⁾, un candidat possible est RNO, qui n'est pas un gaz mais un composé nitrosé donnant par scission spontanée un anion R^- et un cation NO^+ (ce qui s'observe très souvent dans la famille des composés nitrosés). RNO (le terme R désignant une partie de la molécule d'arginine porteuse d'une charge électrique) ou NO^+ interagissent immédiatement avec le fer de la guanylate-cyclase. Les nitrovasodilatateurs utilisés dans le traitement de l'angine de poitrine, qui libèrent du NO^+ , ainsi que les nitroso-urées utilisées dans le traitement du cancer sont des exemples de composés nitrosés passant par ces mêmes réactions. Chose particulièrement intéressante : ces composés relativement instables libèrent du NO^+ , qui se transforme, dans une solution aqueuse, en nitrites puis nitrates.

Ainsi, ce que John Garthwaite avait pris pour du monoxyde d'azote pourrait très bien être ce composé nitrosé RNO. En tous cas, et il faut bien insister là-dessus, personne n'a jamais identifié de NO dans le cerveau. Certes, on n'a pas trouvé de RNO en tant que tel, mais un travail de Marletta, de l'université Ann Arbor, à Michigan, sur les macrophages (un type de globules blancs) a montré que ceux-ci produisent eux aussi des nitrites et des nitrates, ainsi qu'un composé stable, l'hydroxyarginine, qui, selon un schéma qu'il propo-

se, est elle-même un précurseur du composé RNO.

Résumons l'état des choses à ce stade : rien ne permet d'affirmer que la substance agissant dans l'endothélium des vaisseaux et des macrophages soit du monoxyde d'azote. Elle reste à découvrir. Elle ne semble pas suivre un circuit unique, et on la trouve partout.

Enfin, la question la plus importante : la substance hâtivement baptisée NO pourrait-elle jouer un rôle de neuromédiateur (c'est le terme que l'on trouve dans toute la littérature disponible sur la question) ?

D'abord, ce serait un neuromédiateur unique en son genre, car, contrairement à tous les neuromédiateurs connus, il n'a pas de récepteur spécifique sur les neurones. Claire Ducrocq, de l'Institut de chimie des substances naturelles du CNRS de Gif-sur-Yvette, l'admet et reconnaît cette singularité. Or, répétons-le, si l'on appelle neuromédiateur une substance qui a un récepteur, le NO ne peut en être un. C'est tout simplement un activateur de l'enzyme guanylate-cyclase (voir dessin p. 71). Or, cette guanylate-cyclase, par ailleurs, peut être activée par de nombreuses autres molécules. Rien ne permet donc de dire qu'elle ne soit activée que par le fameux NO, ni que le fait qu'elle soit activée implique la présence du NO.

Pluies acides dans le cerveau ? Ensuite, si la substance en question est bien un gaz, souligne encore Alain Meulemans, « la théorie est mise à mal dans son essence même, puisqu'elle tient que ce gaz diffuse librement à travers la membrane du neurone post-synaptique vers le neurone pré-synaptique – de même que l'oxygène diffuse à travers la paroi des capillaires dans les tissus :

- si c'est du NO proprement dit, du monoxyde d'azote donc, rien ne peut l'empêcher de diffuser également vers les cellules gliales et vers les capillaires. De plus, les cellules gliales et les cellules endothéliales des capillaires sécrèteraient elles-mêmes aussi du NO, puisque l'EDRF serait du NO. Celui-ci baignerait donc en même temps les neurones pré- et post-synaptiques (au lieu d'aller uniquement des seconds vers les premiers, comme le veut la théorie). On va ainsi rapidement trouver toutes les cellules baignant dans du NO. Avec un peu d'imagination, on peut même supposer qu'avec l'oxygène présent dans le cerveau, il se formera du NO_2 , ou dioxyde d'azote, polluant atmosphérique bien connu qui, en milieu aqueux, se transformera en acide nitrique, celui des "pluies acides". C'est ainsi que cela se passe dans la stratosphère. En d'autres termes, en produisant de l'acide nitrique, le cerveau se comporterait donc

(3) De l'unité de biophysique de l'hôpital Bichat à Paris.

comme l'estomac, qui produit de l'acide chlorhydrique».

• Si c'est du NO⁺ ou du RNO, poursuit Meulemans, «il est donc chargé électriquement et ne pourra diffuser en dehors d'un neurone, puisqu'on sait que les substances chargées ne peuvent diffuser à travers la membrane cellulaire.»

Donc, sous la forme monoxyde d'azote, le NO entraînerait une inondation ; sous l'autre (RNO ou NO⁺), il ne passerait pas.

D'autre part, NO est un gaz stable, et sa durée de vie est beaucoup trop longue (contrairement à ce qui est affirmé dans l'hypothèse de Garthwaite-Snyder) : dans une solution aqueuse biologique, en présence d'oxygène à la pression atmosphérique, il se transforme en dioxyde d'azote (NO₂) en une demi-heure, alors qu'un neuromédiateur n'est, par définition, produit que localement, à la demande, et ne dure qu'une fraction de seconde.

Nous avons soumis ce problème à un neurophysiologiste d'un grand institut parisien, qui tient à son anonymat, ainsi qu'à Joël Bockaert, du Centre CNRS-INSERM de pharmacologie-endocrinologie, à Montpellier, et à Claire Ducrocq, déjà mentionnée. Notre question était formulée en ces termes : «Cela ne vous trouble-t-il pas qu'un neuromédiateur présumé soit sécrété en continu dans tout l'organisme et par toutes sortes de cellules, et qu'il baigne donc le cerveau de manière permanente ? Et cela ne vous trouble-t-il pas qu'un neurotransmetteur ne puisse franchir la membrane cellulaire ?» Notre neurophysiologiste anonyme, qui maintient son intérêt pour l'hypothèse de Snyder, a décliné de se prononcer de façon spécifique sur cet aspect de la question et a admis qu'«en dépit de son intérêt indiscutable, l'hypothèse de Snyder présente quelques points obscurs». Il nous a donc renvoyés à Philippe Ascher, neurophysiologiste (spécialiste des récepteurs de glutamate, entre autres) de l'Ecole normale supérieure, qui a maintenu que l'hypothèse de Snyder et des autres reste extrêmement intéressante, tout en n'étant évidemment qu'une hypothèse de travail.

Si l'on admet que du NO sort de l'endothélium vasculaire, demande Ascher, pourquoi n'admettrait-on pas aussi qu'il soit libéré par les neurones et qu'il puisse en traverser les membranes ? Outre que cette

question est irrecevable, pour les raisons détaillées plus haut, on peut ajouter que la diffusion n'est pas le seul mécanisme par lequel une substance pénètre dans une cellule : elle peut y être véhiculée par des protéines spécialisées que l'on appelle des transporteurs. C'est d'ailleurs le cas pour les acides aminés et cela pourrait être le cas pour la molécule RNO, dans l'hypothèse alternative à celle de Snyder et décrite plus haut. De plus, les vasodilatateurs et les nitroso-urées déjà mentionnés pénètrent facilement dans les cellules sans être des gaz.

Joël Bockaert, lui, nous a dit en substance que le propre d'une hypothèse est de n'être pas complète. Claire Ducrocq enfin, a insisté, elle aussi, sur le fait qu'il ne s'agit là que d'une hypothèse et qu'il est bien possible qu'on trouve plus tard d'autres phénomènes, qui pourraient modifier ce qu'on avance actuellement.

Soit. Mais nous voilà à distance raisonnable, même chez ceux qui trouvent l'hypothèse intéressante, des affirmations relatives à la "découverte" claironnée.

Hypothèse, donc. Mais en plus des obscurités et bizarreries déjà exposées, elle en présente d'autres.

Ainsi, Snyder et ses commentateurs vont déjà beaucoup plus loin, ils font intervenir le NO dans la mémoire. L'hypothèse se fonde sur le fait que la mémoire dépendrait d'une stimulation prolongée, due à une excitation durable des synapses. Travaillant sur des tranches d'une partie du cerveau, l'hippocampe (choisie parce qu'elle jouerait un rôle important dans la mémorisation), différents chercheurs (notamment Gary Lynch et R. Nicoll, de l'université de Californie à San Francisco, ainsi que J. Garthwaite, déjà mention-

né) ont trouvé, en gros, que lorsqu'on stimule électriquement des neurones pré-synaptiques, on y déclenche des décharges de glutamate, neurotransmetteur reconnu. Cette excitation se transmet aux neurones post-synaptiques, comme dans tout fonctionnement neuronal normal. Si l'on augmente la stimulation au-delà d'un certain seuil, toutefois, les récepteurs post-synaptiques ne réagissent plus. Tout se passe comme s'ils avaient atteint un nouvel état, comme s'il y avait transformation des récepteurs. C'est le phénomène de la potentialisation à long terme, ou LTP. A preuve : si

Un neuro-médiateur sans récepteurs, c'est à peu près aussi utile qu'une clé sans serrure

on bloque les récepteurs du glutamate, déclencheur de cette potentialisation à long terme chez des rats en apprentissage, ils perdent la mémoire de ce qu'ils ont appris (par exemple, appuyer sur une pédale pourvoyeuse de nourriture). Or, les cellules du cerveau, en culture, produisent des nitrites et des nitrates quand on y ajoute du glutamate. D'où la conclusion de Garthwaite et de Snyder : ce qui aurait modifié, d'après eux, les récepteurs pré-synaptiques, par action rétrograde, ce serait le fameux NO. Incidemment, on a trouvé bien d'autres types de cellules qui sécrètent aussi des nitrites et des nitrates, ces molécules qui semblent à la base de toute l'affaire : les cellules de Kupfer du foie, les pneumocytes du poumon et d'autres encore.

La potentialisation par action rétrograde est, nous l'avons vu au début de cet article, une théorie reconnue et démontrée en neurophysiologie. C'est son mécanisme, répétons-le, qui demeure inconnu et c'est pour l'expliquer que Snyder et Garthwaite proposent le NO comme agent de la rétroaction entre neurones. Or, même si l'on admettait pareille explication, elle appellerait deux objections.

La première est que ce NO est censé se former, on l'a vu plus haut, par l'entremise d'une enzyme, la "NO-synthase", que nous avons qualifiée de problématique. Snyder et ses collaborateurs l'ont isolée (sans analyser son mécanisme), l'ont clonée et lui ont trouvé des anticorps qui permettent de faire des expériences (on est ici dans le domaine de l'histochemie). L'expérience classique consiste à rendre ces anticorps fluorescents, à les déposer sur une tranche de cerveau théoriquement riche en NO-synthase, et à faire des mesures. Tous les neurones qui sont, selon la théorie, censés contenir cette enzyme devraient devenir fluorescents quand les anticorps vont s'y loger sur ladite enzyme. Or, bizarrement, relève Meule-

DU GAZ POLLUANT DANS LE CERVEAU ?

Dans une expérience de laboratoire conduite en 1988, John Garthwaite, de l'université de Liverpool, remarque que lorsque des cellules neuronales en culture sont mises en présence d'une substance qui leur fait libérer du glutamate (un des principaux neuromédiateurs cérébraux), on observe la formation de molécules de nitrites et de nitrates dans le milieu de culture.

Parmi les nombreuses substances susceptibles de donner naissance à ces molécules, Garthwaite choisit de retenir le monoxyde d'azote – celui-là même qui sort des pots d'échappement des voitures –, bien que, à aucun moment, il n'a détecté la présence de ce gaz dans son expérience.

Le chercheur britannique propose le schéma suivant pour en expliquer la fabrication dans le cerveau et le rôle de neuromédiateur qu'il y joue : lorsqu'un neurone présynaptique libère du glutamate (1) dans la fente synaptique, celui-ci est capté par les récepteurs qui lui correspondent sur le neurone post-synaptique, ce qui a pour conséquence d'y ouvrir les canaux à calcium. Les ions Ca^{++} (2) présents dans la fente pénètrent alors (3) dans le neurone post-synaptique, où ils activent une enzyme, la

NO-synthase (4), par l'intermédiaire de sa "co-enzyme" la calmoduline (5). NO-synthase fabrique alors du gaz NO (6) – ainsi que de la citrulline (7) –, qui diffuse à travers la membrane du neurone pour aller rejoindre immédiatement le neurone présynaptique, où il agit sur l'enzyme guanylate-cyclase (8), laquelle produit de la GMPc (9), molécule qui renforce la libération de glutamate (10).

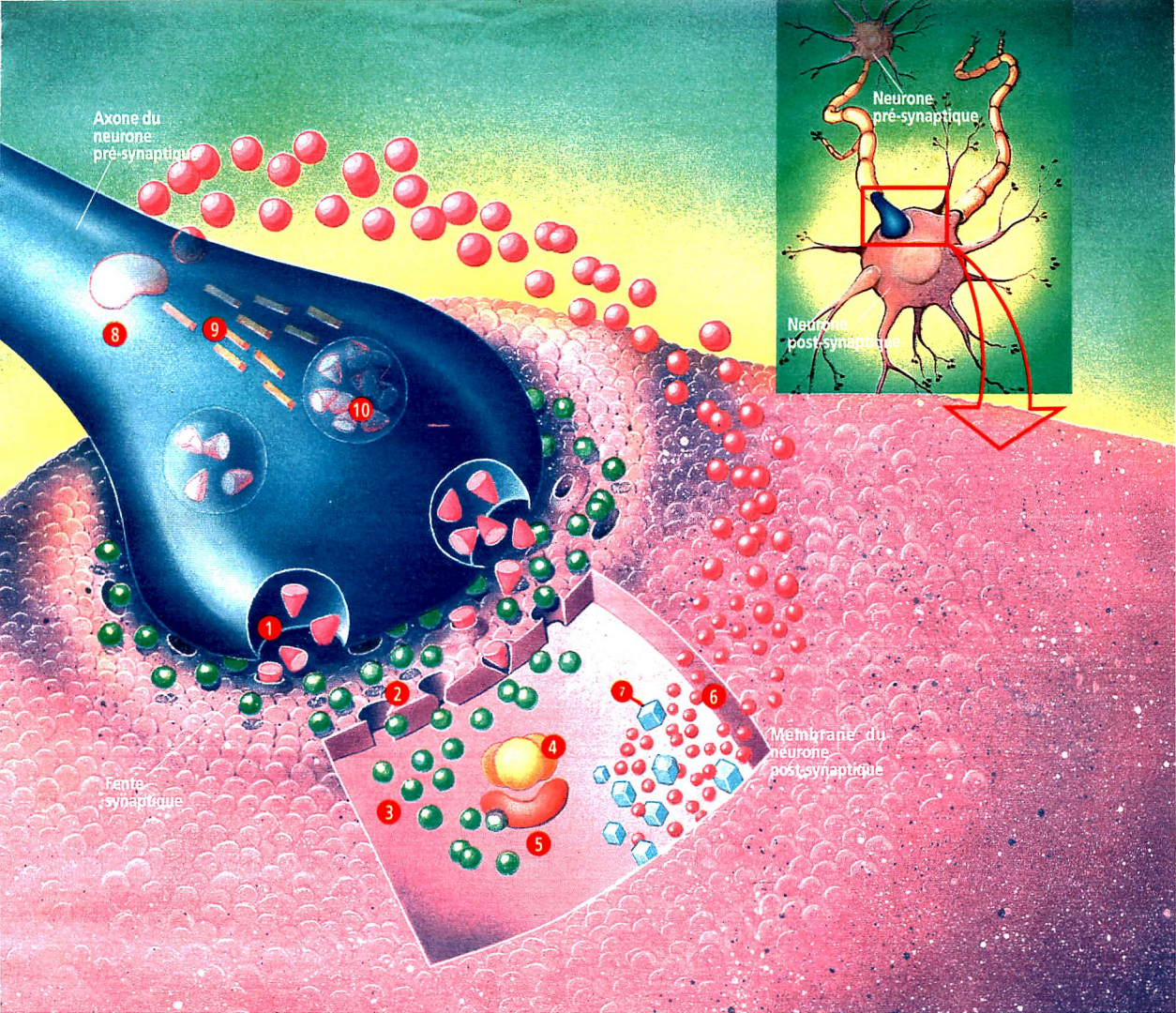
En neurophysiologie, pareille boucle rétroactive est bien connue ; cela s'appelle la potentialisation à long terme. C'est ce processus qui, par un jeu de stimulations et d'inhibitions (voir l'article), permet à notre cerveau et à notre système nerveux de fonctionner de manière équilibrée et harmonieuse. Cette potentialisation expliquerait aussi certains processus de mémorisation (parce que l'excitation des neurones de la boucle dure un certain temps ; on a donc "mémorisation" de la première excitation).

Ainsi, on tiendrait l'agent de transmission – le gaz NO, donc – de ce processus essentiel dans le fonctionnement du cerveau ? Plusieurs laboratoires partagent cette idée, dont celui du célèbre Pr Solomon Snyder, de la Johns Hopkins University School of Medicine.

mans, on ne voit "fluorescer" qu'un petit nombre de neurones ; plus troublant encore, il ne s'agit pas de ceux concernés par la théorie sur la mémoire !

La seconde objection est tirée des travaux antérieurs sur la mémoire (de Kandel, de l'université de Columbia). Pour mieux analyser les mécanismes de celle-ci, on les a étudiés sur l'aplysie, mollusque marin qui a pour les chercheurs l'avantage d'avoir des neurones géants, ce qui facilite les manipulations expérimentales. Et on a trouvé qu'ils font intervenir la formation d'une substance bien connue, l'AMPc ou AMP cyclique, dont la synthèse est déclenchée par une hormone. Or, l'action du présumé NO met en jeu, elle, une tout autre substance, le GMP cyclique. Rien à voir.

Nous avons exposé cette difficulté à Joël Bocckaert. Il a admis la contradiction, mais a observé : « Les mécanismes qui mettent en jeu l'AMPc ne sont peut-être pas les seuls qui interviennent dans la mémoire. On peut très bien supposer qu'il en est d'autres qui fassent appel au GMPc. » Ce qui est, évi-



demment, tout à fait plausible, mais qui augmente encore le nombre d'inconnues qui nous semblent grever la théorie du "cerveau à gaz".

Enfin, et encore à propos de l'action présumée du NO sur la mémoire sous une forme ou sous l'autre : il se trouve que ce gaz peut agir avec toutes les métallo-enzymes, quel que soit le métal, quel que soit l'endroit. En effet, les guanylate-cyclases ne sont pas les seules enzymes contenant du fer ou d'autres métaux ; un grand nombre d'autres enzymes sont donc susceptibles de réagir avec ce NO. Or, dans les cas d'intoxication par NO chez l'homme, alors que ce gaz diffuse partout y compris dans le cerveau, on n'a observé que des troubles respiratoires dus aux lésions pulmonaires ; jamais aucune modification de la mémoire dans un sens ou l'autre. Beaucoup de gens atteints de maladies coronariennes prennent des vasodilatateurs nitrés : on n'a jamais observé chez eux non plus d'effet sur la mémoire.

Ducrocq fait observer que l'arginine, précurseur de la fameuse molécule, et qui est un principe actif

de médicaments, « a des effets bénéfiques sur la mémoire ». Admettons, mais relevons que beaucoup d'autres molécules, du ginseng aux différentes vitamines et acides aminés, ont le même effet. De plus, l'arginine est métabolisée dans l'organisme et rentre dans plusieurs autres circuits. Donc, elle n'est pas spécifique de la mémoire.

Conclusion: sans récepteur, sans réservoir puisqu'il est produit au fur et à mesure, incomplètement exploré, et de surcroît produit par tous les tissus endothéliaux et par les macrophages, le NO ne peut donc pas, pour le moment, être qualifié de "neuro-médiateur". Cela n'a pas, semble-t-il, gêné ceux qui, d'une simple hypothèse de travail ont fait une découverte quasiment établie.

Si l'on a bien décelé du NO dans les neurones, il faut peut-être se demander si son rôle ne serait pas, là, classiquement vasodilatateur. Ce serait la vasodilatation qui favoriserait un certain nombre de phénomènes. Ainsi, comme le glutamate est, au-delà d'un certain seuil, toxique pour les neurones, la produc-

tion de NO qu'il entraîne pourrait être considérée comme une réaction de défense. On en reviendrait à la notion d'un NO effecteur, et non "neuromédia-teur", à supposer une fois de plus que ce soit bien du NO et pas du RNO ou une autre molécule.

Ferions-nous montre de "mauvais esprit" en indiquant les faiblesses de la théorie de Snyder ? Il ne le semble pas : *Nature*, autre grande publication scientifique, a proposé plusieurs autres candidats que le "gaz NO" pour la molécule ionisée : par exemple de l'hydroxylamine ou de la cystéine-NO. Ils ont été abandonnés, mais il y en aura sans doute d'autres.

Aucun des travaux et connaissances sur la question ne permettent donc, pour le moment, de transformer l'hypothèse en "découverte". Celle-ci est une construction qui "tient" en grande partie par le prestige de Snyder. Le célèbre neurophysiologiste anonyme cité plus haut, par exemple, bien que favorable à l'hypothèse du NO, admet officieusement que la "machine médiatique" américaine s'est emballée et qu'elle a exagéré les faits. Ascher nous fait observer que les articles de Snyder sont plus prudents que ceux de *Science*, et qu'on ne peut donc lui imputer la responsabilité d'avoir transformé une hypothèse en fait établi.

L'ennui est que personne de qualifié n'ose le dire, et cela pour une raison simple, c'est qu'on ne conteste pas un patron tel que Snyder ; on le voit bien, ne fût-ce qu'à l'anonymat requis par l'éminent spécialiste mentionné au début de ces lignes. Aucun neurophysiologiste ne s'y risquerait, parce que les grands patrons règlent leurs problèmes entre eux et parce qu'un tel audacieux serait alors exclu des grandes avenues de la neurophysiologie : plus de publications, plus de crédits, plus de place dans les grandes équipes. Aucune revue, d'ailleurs, ne publierait un papier mettant en cause la "découverte" de Snyder, pour ne parler que de lui, parce qu'elle ne prendrait pas le risque de s'aliéner un patron comme lui.

Il reste qu'on a l'impression désagréable que l'autorité de quelques brillants mandarins impose des idées fausses à la science internationale, ou tout au moins des idées approximatives. Et cela évoque des souvenirs fâcheux. Par exemple, celui de Robert Gallo, qui, aux congrès internationaux et alors qu'on cherchait encore l'agent du sida, soutenait avec énergie, de tout son poids de grand patron aux National Institutes of Health, que l'HTLV1 était bien le virus du sida, allant jusqu'à tancer publiquement Montagnier, qui répondait à juste titre que c'était l'HIV. Pourtant, Gallo ne pouvait ignorer l'impossibilité fondamentale et criante que "son" virus fût la cause du sida, cette maladie se caractérisant par la destruc-

tion des globules blancs, alors que l'HTLV les faisait proliférer. Ou encore l'affaire Baltimore, où l'on a vu un grand savant authentique, prix Nobel de surcroît, soutenir de toute son autorité des travaux publiés sous sa responsabilité, alors qu'ils étaient fabriqués. Ce qui eut comme conséquences le renvoi d'une collaboratrice de grand mérite, Margot O'Toole, "coupable" d'avoir dénoncé la falsification, et un scandale retentissant à l'université Rockefeller dont Baltimore était président et dont il a été finalement forcé de démissionner.

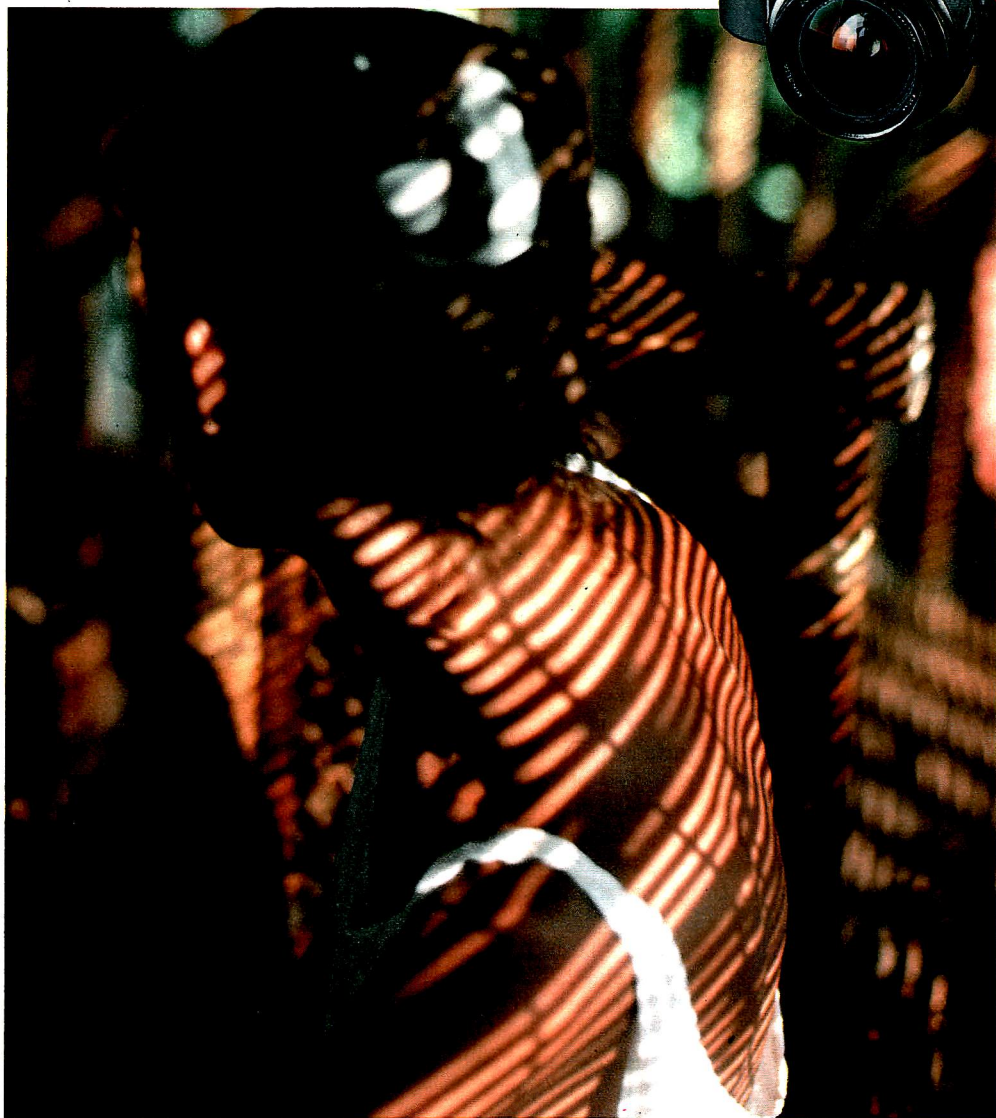
Certes, Snyder est un savant de grand mérite, comme Gallo et Baltimore sont, en dépit des scandales, des biologistes de très haut niveau. Mais la "machine" de la recherche aux Etats-Unis est ainsi faite qu'elle finit par s'emballer, entraînant son conducteur et les autres dans des accidents pénibles pour tout le monde. Snyder a commencé par travailler sur une hypothèse et c'est la presse, contente de tenir un "coup", qui en a fait une "découverte". Aux Etats-Unis encore plus qu'ailleurs, un grand savant est un "crack" comme un vainqueur à un Grand Prix d'Auteuil ; des foules entières, surtout quand des amours-propres nationaux sont en jeu, s'empressent de les encourager à grands cris. Une fois sur la piste, Snyder ne pouvait faire autrement que d'aller de l'avant. De plus, quand on atteint le niveau d'un Gallo, d'un Baltimore, d'un Snyder, le Nobel devient une obsession, les crédits pour la poursuite des recherches deviennent stratégiquement nécessaires à la vie d'un laboratoire, et l'autorité se change en tyrannie.

Ajoutons à cela la solidarité forcée dans le monde scientifique, où personne, jamais, ne dira de mal d'un confrère, même s'il tient ses travaux pour une pure farce. C'est ainsi qu'en France aussi, tel et tel savant de renom qui, verbalement et en privé, tenaient des propos sanglants sur la "mémoire de l'eau", se refusèrent à coucher par écrit la moindre critique. Ce n'était guère la peine de dénoncer les abus de pouvoir d'un Lyssenko, aux temps noirs du stalinisme, comme folies d'un autre monde, si c'était pour en arriver là.

La communauté scientifique ne doit pas être une mafia liée, elle aussi, par la loi du silence, la fameuse *omertà*. Cela ne vaut rien pour la science. L'autorité n'a que faire dans le savoir. L'hypothèse du NO reste donc, au mieux, une simple hypothèse. Et, comme le disait à la fin du siècle dernier Pacinotti, le savant de l'université de Pise qui fut le père de la fabrication d'électricité à partir de l'énergie mécanique, «il reste beaucoup d'expériences à réaliser avant que la lumière jaillisse et confirme notre hypothèse».

**Alain Meunier
et Gerald Messadié**

*Elle dansait avec la lumière.
Séduit, mon Dynax 3xi
n'a rien perdu de son manège.*



Pour vous donner exactement les photos que vous souhaitez prendre, nous avons inventé un appareil en osmose totale avec vous-même: le Dynax 3xi. Il voit, pense et ressent comme vous.

Léger et compact, avec lui tout se passe vite et très simplement. Instantanément, il reconnaît la nature de votre sujet, portrait, sport, paysage... et sélectionne le programme le mieux adapté. Consacrez-vous unique-

ment à l'image, l'appareil contrôle tout. Son autofocus passe en mise au point continue dès qu'il détecte un mouvement. Son flash intégré entre automatiquement en action dès que la lumière devient difficile. De plus, il réduit le traditionnel effet des yeux rouges. Assistant très dévoué, votre Dynax 3xi respecte votre vision du monde. Avec lui, laissez parler votre créativité.

Prix conseillé au 15.04.92 avec zoom PZ 35-80: 2 990 F.



MINOLTA

**ON N'A JAMAIS FAIT
DES PHOTOS COMME ÇA.**

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

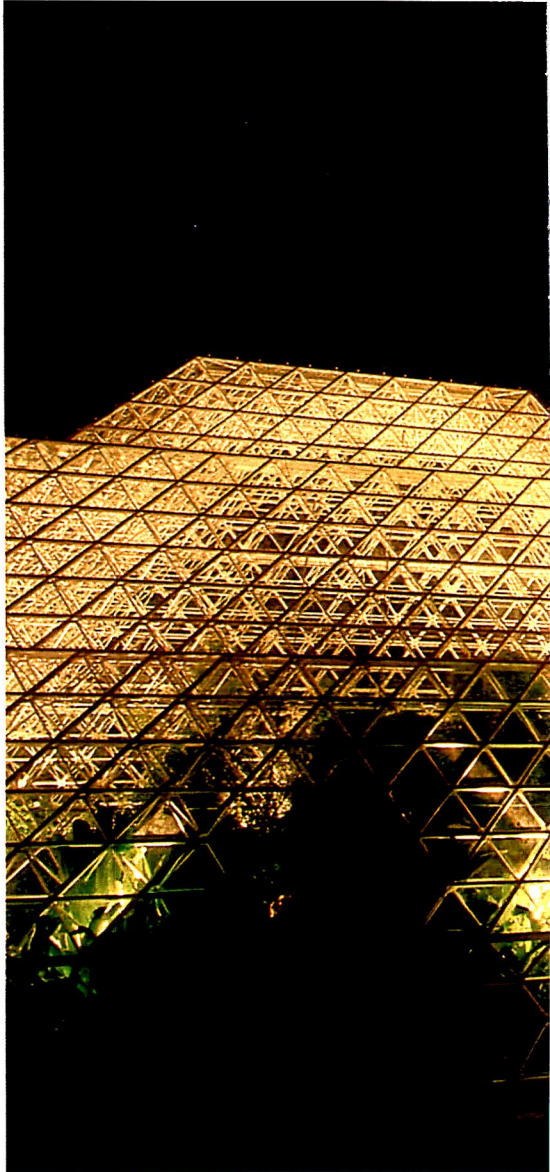
VIVRE EN BOUTEILLE

Quatre femmes et quatre hommes ont vécu pendant près d'un an dans Biosphère 2, espace clos de verre et de béton implanté dans l'Arizona. Plusieurs environnements terrestres, peuplés de plantes et d'animaux, y ont été recréés. Premier bilan, positif, d'une expérience riche d'enseignements mais encore controversée.

Après avoir passé près d'un an en bouteille, les habitants de Biosphère 2 se portent bien. Mieux même qu'ils ne se portaient lorsqu'ils ont été enfermés, en septembre 1991, dans un espace clos de verre pour y vivre en autarcie pendant deux ans. Selon le Dr Roy Walford, soixante-sept ans, spécialiste de la nutrition et "médecin de bord," le régime d'environ 1 800 calories par jour (avec un maximum de 9 % de graisses) a quasiment purgé l'équipage de tout excès de cholestérol. Un des "Biosphériens", plutôt enrobé au moment de la fermeture du sas qui sépare Biosphère 2 du monde extérieur, a perdu 22 kg, et son taux de cholestérol est tombé de 2,15 g/l à 1,25 g/l. S'attendant à "fondre", il avait pensé à embarquer des vêtements "taille mannequin" !

Mais, surtout, le projet Biosphère 2 est une démonstration réaliste de la possibilité pour un groupe d'hommes de vivre en autarcie, en maintenant à l'intérieur de leur "bouteille" de 1,25 ha et 200 000 m³ des conditions compatibles avec une vie normale. Rien ne peut être jeté, il faut recycler tout ce qui est enfermé à bord de la grosse capsule. Il faut aussi pourvoir à l'alimentation, maîtriser les fluctuations du taux de gaz carbonique (CO₂), pour maintenir une atmosphère respirable, recyclée par la végétation, purifiée par passage forcé à travers une couche de terre.

Rien n'est importé non plus de l'extérieur... sauf de l'énergie – beaucoup d'énergie même, puisque la station est alimentée par une usine de 3,7 méga-



watts, de quoi pourvoir aux besoins d'une petite ville. Le gros de cette énergie est dépensé pour réfrigérer un habitat qui n'est, somme toute, qu'une gigantesque serre implantée dans le désert semi-tropical de l'Arizona. Sans réfrigération, les Biosphériens seraient vite cuits.

Biosphère 2 est en fait une série de serres reliées entre elles, comprenant plusieurs imitations miniatures de biomes, c'est-à-dire d'environnements naturels terrestres : forêt tropicale humide, savanne, marécage, désert, océan et zone d'agriculture intensive. Une tour d'habitation comprend des studios individuels de 40 m², une salle de musique, une salle de sport, une cuisine commune avec salle à manger. A la fermeture des sas, l'an dernier, un séjour ininterrompu de deux ans était prévu. C'est bien parti.

Un des succès inespérés de l'expérience est la survie de la quasi-totalité des espèces enfermées.



«Nous nous attendions à perdre jusqu'à 20 % des quelque 3 800 espèces de plantes et d'animaux placés dans Biosphère 2», dit John Allen, directeur de recherche et développement du projet. «Il semble que nous n'en ayons perdu que deux : des pinsons, retrouvés morts près de la paroi de verre où ils avaient élu domicile, un matin suivant un coup de froid nocturne, l'hiver dernier. Et une espèce d'abeilles, qui semble avoir disparu sans que l'on sache pourquoi.»

Pendant les premiers mois d'isolation, les Biosphériens ont appris à vivre dans leur monde expérimental et à le faire fonctionner. Un de leurs principaux soucis était de maintenir à un niveau acceptable le taux de gaz carbonique (CO₂) qui, sur

Huit astronautes... sur la terre ferme

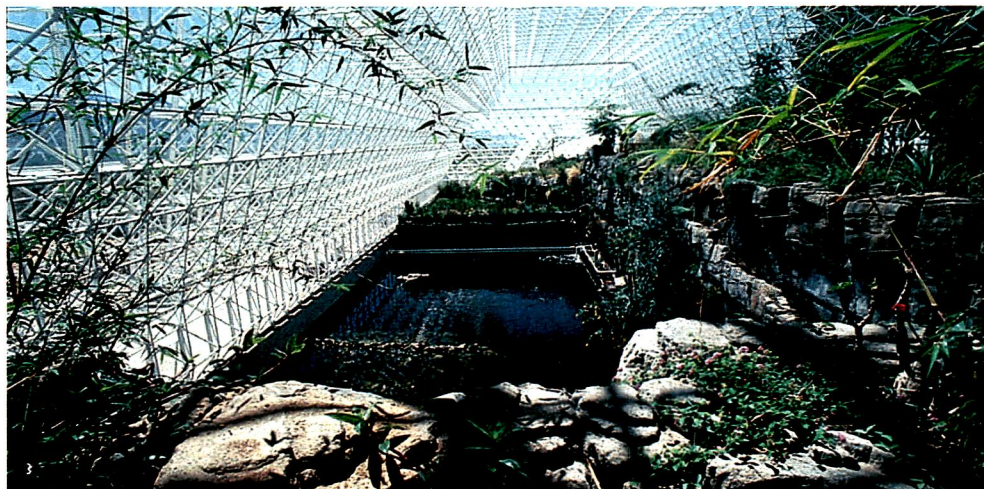
C'est à bord de ce grand vaisseau de verre arrimé en plein cœur du désert d'Arizona, que huit scientifiques (deux biologistes, trois ingénieurs, un technicien, un médecin et une polytechnicienne) ont déjà vécu neuf mois en autarcie. Il s'agit d'une mini-biosphère, avec des forêts, un océan, des marécages, des zones de culture intensive, etc. Autosuffisance alimentaire, recyclage des déchets, maintien d'une atmosphère viable et connaissance approfondie des écosystèmes, ce ne sont là que certains des multiples enjeux de cette passionnante expérience qui durera encore une année.

Terre, oscille aux alentours de 0,032 %, soit 320 parties par million (ou ppm). Pendant l'hiver, le ralentissement de la croissance végétale a amené une augmentation du taux de CO₂, bien au-delà de la norme terrestre puisqu'il a, par moments, dépassé 2 000 ppm, pour se stabiliser aux environs de 1 200 ppm, au début du printemps, avec des fluctuations quotidiennes atteignant 500 ppm.



Vivre dans l'arche de Noé

Pour survivre lors de leur grande traversée du temps (deux ans en autarcie), les Biosphériens ont "embarqué" 3 800 espèces de plantes et d'animaux. Ces derniers, de petite taille car ils requièrent moins de nourriture, sont destinés à pourvoir – comme ce porc vietnamien (1) – à l'alimentation du groupe. Des environnements terrestres naturels ont été recréés : ainsi cette mini-forêt équatoriale (2), qui contient 300 espèces végétales et baigne dans une atmosphère saturée d'humidité. Ou cet océan miniature (3) (une centaine de mètres de long et une profondeur maximale de 7 m), agité de vagues, habité d'environ 1 000 espèces de plantes et d'animaux (poissons, coraux, coquillages, algues) et bordé de grottes et de falaises... en roches artificielles !



« Dans Biosphère 2, nous avons créé une économie fondée sur l'échange d'atomes : carbone, azote et oxygène », écrit dans son journal Linda Leigh, directrice des écosystèmes terrestres à bord de la biosphère.

Plusieurs centaines de senseurs de l'air et de l'eau sont disposés dans Biosphère 2, et reliés à un système central d'informatique. « Chaque matin, écrit-elle, je me précipite sur l'écran de l'ordinateur pour examiner les graphiques des taux de carbone dans l'atmosphère, et d'azote dans l'océan [un petit lac d'eau salée, agité par des vagues et imitant l'environnement marin]. Nous savons que même la récolte d'arachides que nous avons faite hier a entraîné un effet sur le taux de CO_2 ... Aujourd'hui, nous avons commencé à tailler la ceinture de gingembre au nord de la forêt humide [un autre environnement miniature] afin de stimuler la croissance rapide des plantes pour la captation du gaz carbonique de l'atmosphère, une

tâche routinière de la gestion de l'atmosphère. » Une "ceinture" de gingembriers, bananiers et autres plantes à grandes feuilles a en effet été placée près de certaines parois de verre pour faire écran aux rayons du Soleil. La taille des feuilles équivaut à l'ouverture d'un rideau protecteur, ce qui favorise la photosynthèse dans la forêt humide.

Les Biosphériens utilisent aussi un épurateur mis au point l'année dernière et qui imite un processus géologique en captant le gaz carbonique atmosphérique pour l'intégrer à des pierres à chaux. Les pierres sont isolées dans la zone technique jusqu'au retour des longues journées, lorsque le CO_2 , extrait des pierres, peut être recyclé dans l'atmosphère pour répondre au besoin des plantes en pleine activité de photosynthèse.

Selon les Biosphériens, la filtration de l'air par le sol a été très efficace. Ce système (déjà connu sous le

(suite du texte page)

Apprenez efficacement à votre rythme par correspondance

LISTE DES ENSEIGNEMENTS DE L'ECOLE UNIVERSELLE

**ETUDES
METIERS
AVENIR**

ENSEIGNEMENT GENERAL

Etudes secondaires

■ Classe de 6e ■ Classe de 5e ■ Classe de 4e ■ Classe de 3e ■ Brevet des collèges ■ Secondes ■ Premières A.B.S. ■ Première d'adaptation ■ Première G ■ Premières F1.F3.F8 ■ Terminales A.B.C.D.E. ■ Terminales G1.G2.G3 ■ Terminales F1.F3.F8 ■ Terminale H.
Cours de vacances.
■ De la 6e aux classes terminales A.B.C.D.E.

Baccalauréat

■ Baccalauréat ■ A.Philosophie lettres ■ B.Economique et social ■ C.Mathématiques et sciences physiques ■ D.Mathématiques et sciences de la nature ■ E.Mathématiques et techniques ■ G1.Secrétariat ■ G2.Comptabilité ■ G3.Commerce ■ F1.Construction mécanique ■ F3.Electrotechnique ■ F8.Sciences médico-sociales ■ H.Informatique.

Langues étrangères

■ Cours universel anglais avec cassettes ■ Allemand, espagnol, italien avec cassettes ■ Arabe ■ Russe ■ Américain ■ Anglais commercial ■ Allemand commercial ■ First certificate in English ■ Certificat of proficiency in English ■ Diplôme européen d'anglais ■ Diplôme d'anglais des affaires ■ Chambres de commerce espagnole, franco-allemande ■ Interprète.

EXAMENS ET CONCOURS

Carrières sociales et paramédicales

■ C.A.P. employé de pharmacie ■ Baccalauréat F8.
Examens d'entrée écoles : ■ Aide-soignante ■ Moniteur éducateur ■ Infirmier(e) ■ Infirmier(e) en psychiatrie ■ Sage-femme (carrière médicale) ■ Masseur ■ Ergothérapeute ■ Laborantin ■ Pédicure ■ Educateur de jeunes enfants ■ Assistante sociale ■ Orthophoniste ■ Educateur spécialisé ■ Ecoles de cadres infirmier(e)s ■ Secrétaire médicale.

Fonctionnaire

■ Secrétaire comptable à la banque de France ■ Agent de constatation des impôts ■ Contrôleur des impôts ■ Rédacteur de mairie ■ Secrétaire administratif ■ Agent recouvrement trésor ■ Secrétaire de préfecture ■ Contrôleur des P.T.T. ■ Inspecteur des P.T.T. ■ Secrétaire administrative ■ Inspecteur de police ■ Préposé, agent d'exploitation P.T.T. ■ Rédacteur banque de France ■ Contrôleur du trésor ■ Inspecteur des impôts.

C.A.P. - B.E.P. - B.P. - BAC PRO

■ C.A.P. ESAC ■ C.A.P. banque ■ C.A.P. vente ■ C.A.P. esthéticienne (stage pratique) ■ C.A.P. coiffure ■ C.A.P. couture.
■ B.E.P. ACC ■ B.E.P. communication adm. et secrétariat ■ B.E.P. sanitaire et social.
■ B.P. banque ■ B.P. secrétariat ■ B.P. bureautique.
■ Bac pro comptabilité bureautique.

CULTURE GENERALE

Culture générale

■ Orthographe ■ Rédaction ■ Résumé texte ■ Analyse ■ Commentaire ■ Synthèse ■ Philosophie ■ Graphologie ■ Lecture rapide ■ Conversation ■ Perfectionnement culturel ■ Rédaction littéraire ■ Histoire des civilisations ■ Histoire des religions ■ Histoire du cinéma ■ Analyse oeuvres littéraires ■ Approche de la psychologie.

Dessin - Peinture - Décoration

■ Cours élémentaire de dessin ■ Cours pratique, cours universel de dessin et peinture ■ Dessinateur de publicité ■ Dessinateur illustrateur ■ Dessinateur figurines de mode ■ B.D. ■ Dessin humoristique ■ Décorateur d'intérieurs et ameublement ■ Antiquaire ■ Arts et styles ■ Histoire de l'art ■ Assistant décorateur ■ Décorateur designer.

Culture scientifique - Informatique

■ Mise à niveau mathématiques, physique, chimie ■ Ecologie ■ Connaissances médicales ■ Pratique du micro-ordinateur ■ Initiation informatique.

Ressources humaines

■ Conseiller en recrutement ■ Responsable du personnel ■ Directeur des ressources humaines ■ Approche de la psychologie.

ETUDES SUPERIEURES

Etudes de droit

■ Capacité en droit ■ D.E.U.G. de droit ■ D.E.U.G. de sciences économiques ■ Institut d'études politiques ■ Droit européen ■ Droit du travail ■ Préparation à l'examen spécial d'entrée à l'Université pour non-bacheliers.

Ecoles vétérinaires

■ Préparation au concours d'entrée.

Etudes supérieures de sciences

■ Admission non-bacheliers ■ D.E.U.G. sections A et B ■ Etudes médicales : P.C.E.M. ■ 1re année de pharmacie. Grandes écoles
■ Classes de maths sup. et maths spé. ■ Entrée écoles supérieures de commerce ■ Entrée Institut d'études politiques.

B.T.S. - D.P.E.C.F. - D.E.C.F.

■ B.T.S. action commerciale ■ B.T.S. commerce international ■ B.T.S. comptabilité et gestion ■ B.T.S. bureautique et secrétariat ■ B.T.S. communication et action publicitaires ■ B.T.S. tourisme ■ B.T.S. assurance ■ B.T.S. informatique de gestion.
■ D.P.E.C.F. ■ D.E.C.F. ■ Expertise comptable.

Possibilité de bénéficier des dispositions sur la formation continue

**ORIENTATION
CONSEILS**
► Appelez le :
(1) 47.71.91.19

**ECOLE
UNIVERSELLE**

Institution d'Enseignement Privé par Correspondance
soumis au contrôle du Ministère de l'Education Nationale
28, rue Pasteur - 92551 Saint-Cloud Cedex

Bon pour une documentation gratuite :

Oui, je désire recevoir sans aucun engagement une documentation complète sur les enseignements de l'Ecole Universelle.

M. ☐ Mme ☐ Mlle ☐

NOM Prénom

Adresse : N° Rue

Code postal Ville Tél.

Pour faciliter votre orientation, pouvez-vous nous donner les informations suivantes:

Age Niveau d'étude Diplômes obtenus

Profession exercée (si vous êtes en activité):

Si non, êtes-vous ☐ Lycéen ☐ Etudiant ☐ A la recherche d'un emploi ☐ Femme au foyer ☐ Autres

Quelle formation avez-vous choisie ?

Adressez-nous ce Bon dès aujourd'hui à l'ECOLE UNIVERSELLE
28, rue Pasteur - 92551 SAINT-CLOUD Cedex. Tél.(1) 47.71.91.19

INSCRIPTION
A TOUT MOMENT
DE L'ANNEE

US2026



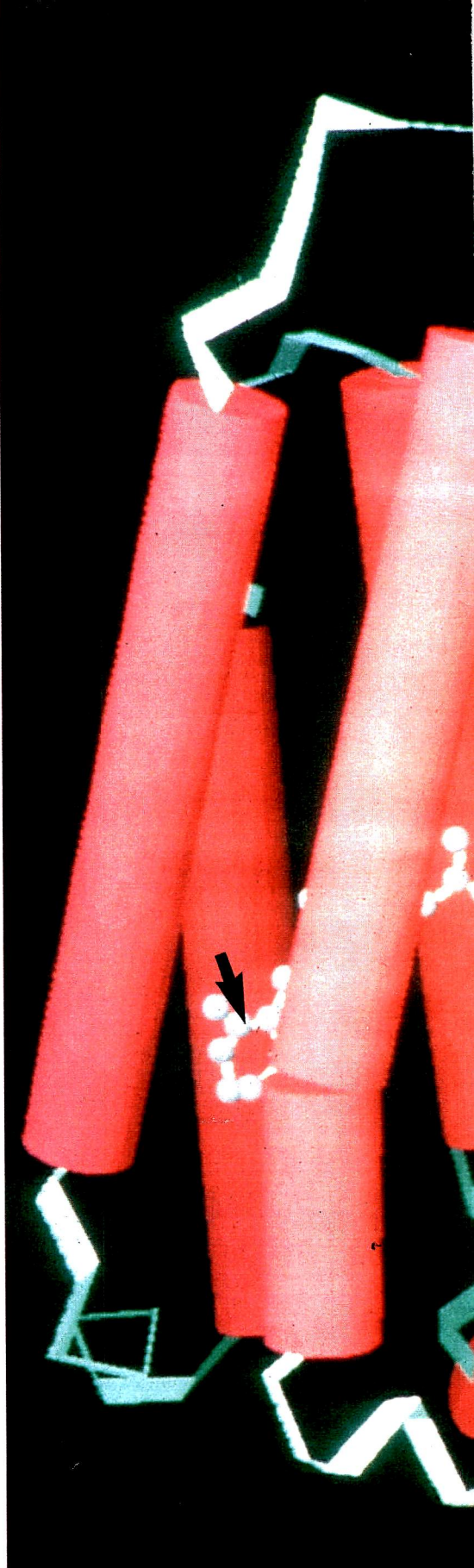
PAR FRANCOIS BOISSIER

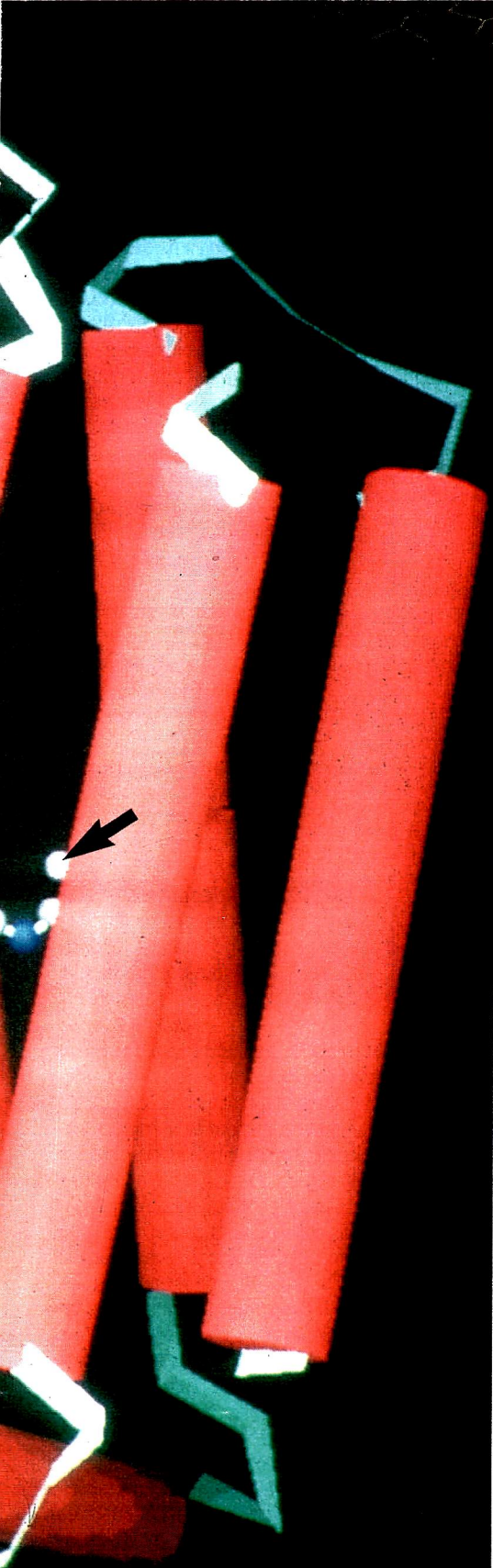
L'ŒIL BIOLOGIQUE ARTIFICIEL

Inclure des molécules biologiques dans des robots ne sera probablement bientôt plus de la science-fiction. Le premier prototype de détecteur d'images utilisant une protéine bactérienne vient de voir le jour.

Depuis longtemps, les recherches sur la vision artificielle se heurtent à un problème. Comment fabriquer des machines aussi performantes que notre système visuel et capables de "comprendre" ce qu'elles voient, c'est-à-dire, en particulier, de distinguer les différentes parties d'une image (fond, objets fixes ou mobiles) ? A l'heure actuelle, les systèmes de détection visuelle les plus perfectionnés peuvent effectuer des tâches simples, comme compter des points sur une image, reconnaître des signes ou des objets en petit nombre dans un décor fixe : choisir entre différentes pièces de moteur dans un bac, comme savent le faire les robots de chaîne de montage automobile, par exemple. C'est peu, comparé aux capacités de l'œil. De plus, lesdits robots ont enregistré dans leur mémoire une image grossière des objets à reconnaître. Quant à interpréter ce qu'ils enregistrent, c'est une tout autre histoire.

Désespérant de résoudre ces problèmes par l'électronique pure et dure, Tsutomu Miyasaka et ses collègues, de la firme japonaise Fuji Photo Film Company, se sont lancés dans une voie de recherche nouvelle et originale : ils ont construit un récepteur de lumière utilisant, comme matière première, une molécule biologique (!). L'idée de base est simple : pourquoi vouloir imiter la nature par des moyens compliqués, alors que celle-ci met à notre disposition des molécules sélectionnées par l'évolution pour réagir à la lu-





mière ? En l'occurrence, la matière première est la bactériorhodopsine, une protéine bactérienne réceptive à la lumière, très proche de la rhodopsine des cellules de la rétine de notre œil.

La rétine, rappelons-le, est constituée de cellules photoréceptrices, les bâtonnets et les cônes. Ce sont des neurones d'un type particulier, formés de deux parties. Côté cerveau, ce sont des neurones classiques, dont le corps cellulaire se prolonge vers le cerveau par un axone qui entre en contact avec d'autres neurones, lesquels acheminent l'influx nerveux jusqu'aux centres de la vision dans le cerveau. Côté œil, ils sont coiffés d'une structure en forme de bâtonnet ou de cône (d'où leur nom), contenant les pigments photosensibles responsables de la perception de la lumière. Le pigment des bâtonnets, spécialisés dans la reconnaissance des formes et des mouvements, est une protéine du nom de rhodopsine. Les cônes, spécialisés dans la perception des couleurs, sont de trois types, différant par le pigment qu'ils contiennent, sensible, selon le cas, au bleu, au vert ou au rouge. C'est par la différence d'intensité lumineuse reçue par les trois types de cônes que le cerveau peut identifier les couleurs, y compris les couleurs intermédiaires.

Malgré leurs propriétés différentes, les quatre pro-

Donner la vue aux robots

C'est la bactériorhodopsine, protéine photoréceptrice – modélisée ici par ordinateur – présente dans les bactéries *Halobacterium*, qui permet à ces microorganismes de capter la lumière nécessaire à leur survie. Les sept cylindres roses verticaux correspondent à la partie de la protéine qui se situe à l'intérieur de la membrane lipidique des cellules de la bactérie. Plus précisément, c'est la molécule de rétinol présente au centre de la protéine (*flèches*) qui est responsable de cette propriété que des chercheurs japonais sont en passe d'exploiter pour donner la vue aux robots.

téines réceptrices (rhodopsine et pigments bleu, vert et rouge) ont des points communs. D'une part, ce sont des protéines membranaires, c'est-à-dire qu'elles sont associées à la membrane lipidique de la cellule. D'autre part, elles contiennent toutes en leur centre une molécule de vitamine A appelée, pour la circonstance, rétinol. C'est grâce au rétinol que ces protéines captent la lumière et transmettent le message au cerveau (*voir encadré p. 73*).

Mais les animaux ne sont pas les seuls à pouvoir utiliser la lumière. Les bactéries *Halobacterium* n'ont, bien entendu, aucun système visuel. Néanmoins, elles possèdent une protéine peu différente des pigments rétinien, appelée bactériorhodopsine par analogie

(1) Ces recherches sont parues dans *Science*, vol. 255 du 17 janvier 1992, p. 342.

LE RÉTINOL PREMIER RESPONSABLE DE LA VISION DANS L'ŒIL NATUREL ...

Lorsqu'un photon (un "grain" de lumière) arrive sur la rétine de l'œil, il est capté par les molécules de rétinol présentes à l'intérieur du pigment rétinien (rhodopsine ou pigment bleu, vert, rouge). Ce pigment est contenu dans les neurones photorécepteurs, cellules nerveuses qui

se différencient en cônes et en bâtonnets (voir l'article) et qui sont excitées par la lumière. Une partie de la molécule de rétinol change alors de forme.

Il s'ensuit dans chacun des neurones excités une longue chaîne de réactions. Le pigment contacte une autre

protéine, appelée transduci-ne. Une partie de celle-ci se détache alors et active une enzyme (une phosphodié-stérase) qui provoque la transformation d'une petite molécule, la guanosine monophosphate cyclique (GMPc), en 5' guanosine monophosphate (5' GMP).

Or la GMPc est responsable de l'ouverture des canaux à sodium présents sur la membrane du neurone, qui permettent aux ions positifs de cet élément (Na^+) d'entrer dans la cellule nerveuse. La transformation du GMPc en 5' GMP provoque la fermeture de ces canaux, et les ions Na^+ restent à l'extérieur de la cellule.

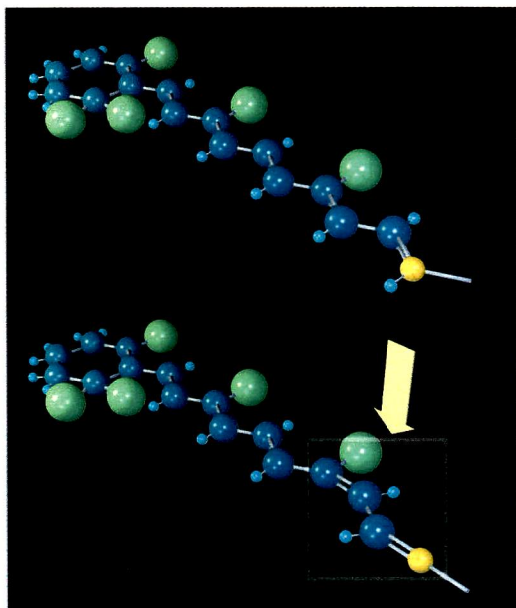
Il en résulte, entre l'intérieur et l'extérieur du neurone, un déséquilibre de charges (une différence de potentiel) qui se propage le long de celui-ci. Ce signal électrique est transmis de la même manière le long d'une chaîne d'autres types de neurones au bout de laquelle l'information arrive aux différentes régions du cerveau concernées par la vision.

courant, en prenant la bactériorhodopsine en sandwich entre deux électrodes (voir dessin page de droite). L'appareil ne réagit pas, à proprement parler, à la lumière, mais seulement aux changements d'intensité lumineuse. Ce qui pourrait sembler un défaut du système se révèle, en fait, d'un grand intérêt. Certes, ne percevant pas une lumière constante, le détecteur ne "verra" pas un paysage ou un décor fixes. En revanche, il pourra déceler un objet en mouvement parce que celui-ci, en se déplaçant, provoque une différence transitoire d'intensité lumineuse devant l'appareil.

Pour s'assurer

que cela marche bien ainsi, les chercheurs ont conçu un deuxième appareil composé d'un réseau de soixante-quatre petits photorécepteurs comportant chacun dix couches de membranes contenant de la bactériorhodopsine et dont les électrodes sont, cette fois-ci, reliées à des diodes lumineuses. Chaque fois qu'un photorécepteur reçoit un signal lumineux, la diode correspondante s'allume. On peut ainsi distinguer le signal reçu par un photorécepteur de celui reçu par son voisin.

Comme prévu, la projection de formes simples (lettres de l'alphabet, par exemple) immobiles et d'intensité lumineuse constante ne faisait pas réagir le dispositif. En revanche, il détectait la même image dès qu'elle se déplaçait, comme le prouvaient les diodes s'allumant et s'éteignant au fur et à mesure du passage de l'image devant les récepteurs correspondants. Les chercheurs finirent même par surmonter l'inconvénient initial du système : ils réussirent à faire détecter par l'appareil des lettres immobiles, en faisant varier constamment et très rapidement leur intensité lumineuse.



avec le pigment des bâtonnets. Comme celui-ci, la bactériorhodopsine contient une molécule de rétinol qui lui permet de capter et de réagir à l'énergie lumineuse. Celle-ci sert à la bactérie à survivre en condition anaérobie (dans les milieux sans oxygène, tels que boues et vases au fond des étangs) : ne trouvant plus d'oxygène, elle a recours à la lumière verte captée par la bactériorhodopsine.

Mais revenons au détecteur de lumière. Si les Japonais ont choisi la bactériorhodopsine, c'est parce que, ayant fait l'objet de recherches fondamentales intensives, les propriétés de cette molécule sont très bien connues. Et surtout, on sait parfaitement isoler, purifier et conserver les membranes des bactéries qui possèdent cette protéine.

La conception du système est, en fait, étonnamment simple. La clé du mécanisme réside dans la propriété du rétinol de changer de forme lorsqu'il capte l'énergie lumineuse, engendrant localement un très léger courant électrique dû à un déplacement de charge à l'intérieur de la protéine. Il suffit alors de détecter ce

... ET DANS LE NOUVEL ŒIL ARTIFICIEL

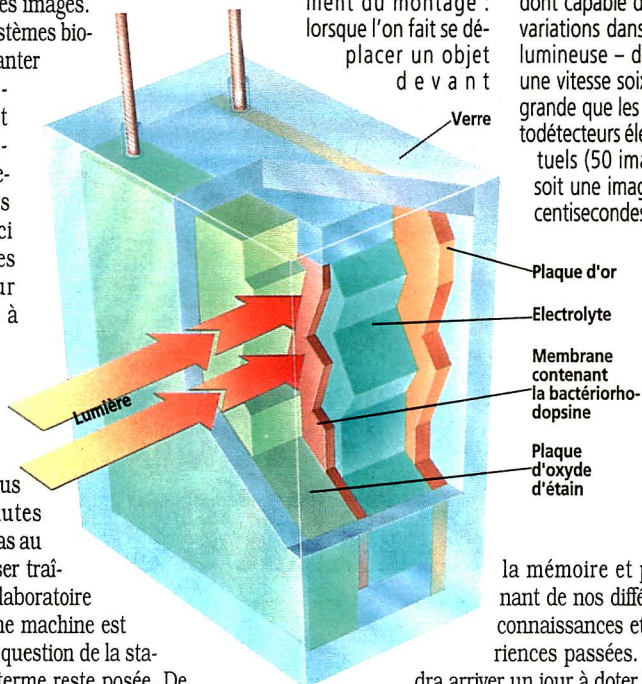
Ces expériences peuvent paraître au premier abord assez rudimentaires. Elles ne doivent pourtant pas faire oublier la nouveauté de l'invention : c'est la première fois qu'est élaboré un tel système artificiel à base de molécules biologiques. Outre son originalité, il possède deux avantages notables par rapport aux systèmes électroniques classiques. Le premier, nous l'avons vu plus haut, réside dans sa faculté de détecter spécifiquement les objets en mouvement, en les isolant du reste. L'autre avantage provient de la possibilité de travailler en temps réel. En effet, les appareils classiques de détection visuelle travaillent en comparant les contours et les contrastes de clichés successifs qu'ils prennent, dans le meilleur des cas, à la cadence de 50 par seconde. C'est un processus lent, mal adapté à l'élaboration de robots ou de machines efficaces. L'appareil à bactériorhodopsine, au contraire, réagit instantanément (ou presque : en 300 microsecondes, c'est-à-dire au moins soixante fois plus vite), ce qui permet une analyse quasi-immédiate des images.

Cela veut-il dire que de tels systèmes biologiques seront amenés à supplanter un jour la bonne vieille électronique ? Il est encore un peu tôt pour l'affirmer. Plusieurs problèmes restent à résoudre. Le premier est celui de la stabilité des composés biologiques. Ceux-ci sont généralement assez fragiles lorsqu'ils sont isolés de leur contexte cellulaire, et délicats à manipuler. Selon Miyasaka, le problème ne se pose pas avec la bactériorhodopsine, extrêmement stable lorsqu'elle est encastree dans la membrane lipidique, comme dans le cas qui nous intéresse. Elle résiste à de hautes températures et ne se détériore pas au cours du temps (on peut la laisser traîner un an sur une paille de laboratoire sans problème !). Cependant, une machine est faite pour durer des années et la question de la stabilité de la protéine à très long terme reste posée. De plus, la construction d'appareils équipés de matériau biologique impliquera certainement des contraintes nouvelles et encore imprévues à l'heure actuelle.

En second lieu, s'ils améliorent sensiblement la détection "visuelle", les systèmes à base de matériau biologique ne résolvent pas encore le problème de l'analyse des informations reçues. Car la qualité de notre système visuel vient non seulement de notre œil, mais aussi et surtout de notre cerveau, qui interprète l'information, notamment en la comparant avec celles présentes dans

Les chercheurs de la société Fuji ont mis au point un modèle d'"œil biologique artificiel" fait d'une couche de membranes de bactéries *Halo-bacterium* (contenant de nombreuses molécules de bactériorhodopsine) prise en sandwich entre, d'un côté, une surface d'oxyde d'étain (SnO_2) transparente, reliée au pôle négatif d'un générateur, et, de l'autre, un gel contenant un électrolyte (composé conducteur du courant électrique) fixé à une plaque d'or reliée, elle, au pôle positif du générateur. L'ensemble fait 200 μm environ d'épaisseur (hors le verre) pour une surface de 1,5 x 2,5 cm.

Principe de fonctionnement du montage : lorsque l'on fait se déplacer un objet

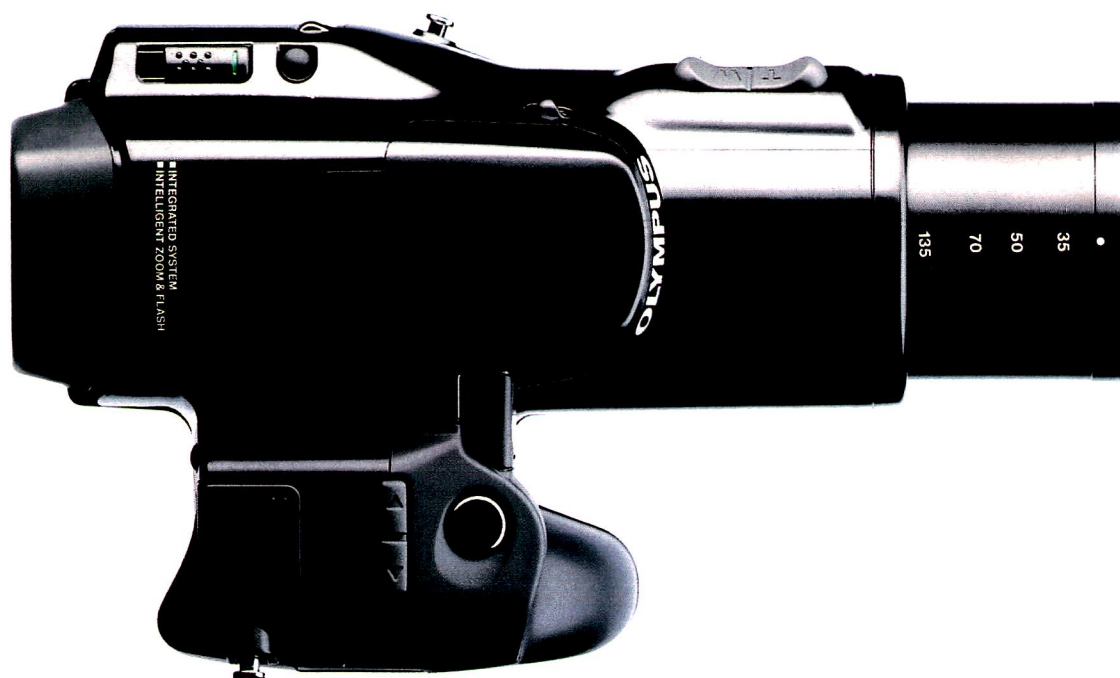


cette "rétine" artificielle, les variations de luminosité que cela provoque doivent entraîner des fluctuations mesurables du courant de base fourni par le générateur dans le circuit.

De fait, lorsque le dispositif est soumis à une lumière verte à travers la plaque de SnO_2 , un très léger courant, d'intensité proportionnelle à l'éclairement, circule entre les deux électrodes pendant un temps très court, moins de 300 microsecondes (300 μs , ou millièmes de seconde). Quand on éteint la lumière, un courant de même intensité parcourt le système en sens opposé. Un tel "œil" artificiel est donc capable de détecter des variations dans l'information lumineuse – des images – à une vitesse soixante fois plus grande que les meilleurs photodétecteurs électroniques actuels (50 images/seconde, soit une image toutes les 2 centisecondes seulement).

la mémoire et provenant de nos différentes connaissances et expériences passées. Il faudra arriver un jour à doter les détecteurs d'images de "cerveaux" capables de "comprendre" ce qu'ils voient... Les chercheurs travaillant sur la vision artificielle ne sont pas les seuls à s'intéresser de près à la bactériorhodopsine. Plusieurs équipes dans le monde se sont lancées dans la conception d'ordinateurs capables de stocker des informations en très grande quantité, avec cette même protéine comme matériau de base. Mais il est encore prématuré de prédire sur quoi déboucheront de telles recherches.

François Boissier



IS-1000 LE REFLEX QUI TUE.

Attention, l'IS-1000 n'est pas à mettre entre toutes les mains. Ce reflex s'adresse aux amateurs exigeants qui veulent de réelles possibilités techniques sans s'encombrer d'accessoires divers. Cet appareil tout intégré n'est réellement pas comme les autres : zoom autofocus motorisé 35-135 mm, lentille verre ED haute dispersion, modes macro, double flash à puissance variable, exposition auto ou semi-auto et mesure spot pour une meilleure créativité. Les chasseurs d'images apprécieront sa structure compacte inédite et son design martial. Une élite de journalistes spécialisés ne s'y est pas trompée en l'élisant "Appareil zoom européen de l'année 1991-1992". Après cela, est-il encore étonnant qu'une telle arme soit en vente libre ?

OLYMPUS® IS-1000 élu appareil zoom européen de l'année.



ECHOS DE LA RECHERCHE

NEUROCHIRURGIE

«Docteur, je voudrais me faire rajeunir le cerveau»

Ce rêve, l'un des plus irréalistes de l'humanité, pourrait un jour lointain devenir possible. Des chercheurs canadiens, en tout cas, ont ouvert la voie.

Ils ont, en effet, réussi, mais *in vitro*, c'est-à-dire dans des boîtes de Petri, à faire se différencier, en neurones et en astrocytes, des cellules du corps strié de cerveaux de souris adultes. Pour cela, ils leur ont ajouté du facteur de croissance épidermique, EGF (Epidermic Growth Factor), agent de cicatrisation connu, mais dont on a découvert, il y a quelques mois, qu'il a des récepteurs dans le cerveau.

La découverte de ces récepteurs, chez l'homme en tout cas, a surpris, parce qu'on a toujours admis qu'une fois que le cerveau s'est formé, le capital des neurones du système nerveux central ne se renouvelle plus. Samuel Weiss et Brent Reynolds, de l'université de Calgary, ont donc cherché à voir ce que de l'EGF ferait quand il serait capté par les récepteurs. Ils ont vu qu'un petit nombre de cellules ont proliféré, puis se sont différenciées, se transformant, les unes en neurones, les autres en astrocytes (!).

Étaient-ce bien des cellules normales ? Apparemment, puisqu'elles ont réagi à deux neurotransmetteurs, entre autres, le GABA, et la substance P.

Cette découverte, qui n'a pas de rapport avec la culture de neurones déjà réalisée avec succès (2), pose beaucoup de questions. La première est celle-ci : puisque les cellules du cerveau comportent des récepteurs à une substance qui continuerait à les faire croître, c'est donc qu'elles sont prêtes à se créer par différenciation ; or, pourquoi ne s'en crée-t-il pas ? Ou bien s'en crée-t-il et ne l'a-t-on pas décelé ? Est-il possible d'imaginer qu'un jour on puisse renouveler le stock des cellules cérébrales par "simple" stimulation à l'EGF ? Étant donné que la stimulation peut se faire avec de l'EGF prélevé sur le sujet lui-même, ce serait là une "greffe" autologue, donc ne posant pas de problème de compatibilité. Quels seraient les effets de la création de nouvelles cellules ? Peut-on stimuler la formation de cellules neuves dans les autres parties du cerveau ?...

On peut supposer que si la nature n'a pas exploité le potentiel de renouvellement du cerveau, c'est que la création de neurones neufs entraînerait, théoriquement, la nécessité de recommencer les apprentissages, et qu'elle a estimé qu'à par-

tir d'un certain capital, nous avons déjà bien assez de neurones pour nous tirer d'affaire. En tout cas, nous ne sommes certes pas sortis

de l'auberge : nous venons à peine d'y entrer. **G.M.**

(1) *Science*, 27 mars 1992.

(2) Voir *Science & Vie* n° 875, p. 40.

ETHOLOGIE ET MÉDECINE

Voici la police des grossesses

C'est aux États-Unis que naissent la plupart des courants de mœurs contemporains, et le plus récent mérite d'être signalé : c'est la surveillance publique des femmes enceintes.

L'une des manifestations les plus éclatantes a été le refus de deux serveurs d'un bar de Seattle de servir à une femme enceinte une boisson un peu alcoolisée, un Daiquiri-fraise (rhum et jus de fraise). L'épisode a été rapporté par notre confrère *Newsweek*. Les serveurs ont été renvoyés ; ils sont devenus les héros de la ville.

La justice s'en mêle : depuis 1987, on a enregistré dans 19 États des poursuites juridiques contre des femmes enceintes pour «dommages corporels administrés à des enfants». Ces femmes étaient toxico-manes. Le débat juridique n'est pas près de finir : une cour d'appel du Michigan a, en effet, annulé une sen-

tence de ce genre, parce que la loi ne s'applique pas aux fœtus.

Par ailleurs, on ignore à quel moment de la grossesse l'alcool ou la drogue sont dangereux pour le fœtus. Selon un spécialiste américain, si la mère s'abstient d'en prendre pendant les trois derniers mois de la grossesse, il est vraisemblable que l'enfant ne souffrira pas de séquelles. On peut donc imaginer qu'aux États-Unis on verra des maîtres d'hôtel s'enquérir de l'avancement de la grossesse de la cliente avant de lui servir du vin.

La surveillance publique, qui gagne les prétoires et les congrès médicaux, entend, en effet, aller jusqu'à contrôler le mode de vie des femmes enceintes. Ainsi, elles ne devraient pas veiller, prendre des bains chauds, se fatiguer outre mesure... Qui a dit que Big Brother est mort ? **G.M.**

Des crottes instructives

Ce n'est pas d'hier que les déjections intéressent les savants. Celles des humains, parfois conservées depuis le Néolithique, par exemple, renseignent sur leur régime alimentaire il y a des milliers d'années, et celles des animaux, sur la nature autant que sur les "déjecteurs" eux-mêmes.

Commençons par les baleines. Deux mètres de diamètre, c'était en proportion avec l'animal. Amelia Giordano, du groupe de recherches sur les cétacés, de Palerme, ne put cependant en prélever un échantillon, la première fois qu'elle en vit, en Méditerranée, en 1980. L'exploit ne put être réalisé qu'en août 1990.

Les analyses en sont terminées, et elles sont intéressantes : Lydia Reini, de l'institut de recherche zoologique de Gênes, y a trouvé, en grand nombre, des mandibules de krill, petit crustacé, et notamment de l'espèce *Meganicthiphanes norvegica*. Or, on ignorait qu'il y eût assez de krill en Méditerranée pour sustenter les baleines.

On ignorait aussi si le krill de Méditerranée se développait en essaims spécifiques ou mêlé aux autres animaux du plancton. Maintenant, on sait que la première hypothèse est la bonne, car on ne peut imaginer que le mastodonte sélectionne une espèce particulière parmi des masses d'animaux différents.

D'après l'étude des déjections, on a pu calculer l'âge des krills consommés, et même, sachant où l'on trouve des krills jeunes et de moins jeunes, le lieu où les baleines les ont consommés et la distance parcourue depuis l'ingestion !

Les crottes de rat sont au moins aussi intéressantes. C'est en analysant celles

conservées depuis quarante-huit mille ans dans une grotte du désert Mojave, aux Etats-Unis, qu'un géologue du New Mexico Institute of Mining and Technology, Fred Phillips, a pu conclure que les rayons cosmiques qui parvenaient autrefois sur la Terre étaient 41 % plus intenses qu'aujourd'hui.

Le raisonnement de Phillips est aussi simple que sûr : les rayons cosmiques de haute énergie forment un radio-isotope, le chlore 36, quand ils heurtent des molécules d'argon dans l'atmosphère. Le chlore 36 tombe,

passé dans les plantes et, des plantes, dans l'estomac des rongeurs, puis dans leurs urines.

Déduction inattendue de l'étude des crottes et urines de rat et des mesures comparatives du chlore 36 : le champ magnétique, il y a vingt-et-un mille ans, était beaucoup plus faible qu'aujourd'hui. Ce champ magnétique sert, en effet, de bouclier contre les rayons cosmiques.

Autres découvertes : les stomates des plantes de la fin de l'époque glaciaire, qu'on a retrouvées dans les crottes de rat, et qui ser-

vent à absorber le gaz carbonique nécessaire aux plantes, étaient beaucoup plus denses qu'ils le sont dans les mêmes plantes aujourd'hui. Cela signifie que l'atmosphère était beaucoup moins riche en gaz carbonique.

Peut-être est-ce parce qu'il faisait aussi bien plus froid et qu'il y avait moins de végétation : l'étude des débris végétaux des mêmes crottes a indiqué que les températures moyennes du désert Mojave étaient en moyenne de 6 °C inférieures à celles d'aujourd'hui.

M.T. et G.M.

PHYSIOLOGIE

Mort subite d'athlètes : l'EPO soupçonné

L'érythropoïétine recombinante est un médicament, apparu sur le marché en 1989 pour le bénéfice des gens qui souffrent d'insuffisance rénale et d'anémie chronique.

C'est la copie (produite par Amgen Corporation, une firme américaine) d'une hormone normalement fabriquée par les reins, et qui stimule la production de globules rouges par la moelle osseuse. En effet, les insuffisants rénaux détruisent beaucoup de globules rouges et les dialyses aggravent le phénomène en altérant ces globules.

C'est donc un médicament précieux et sans danger quand il est administré sous prescription médicale. Il devient dangereux quand il

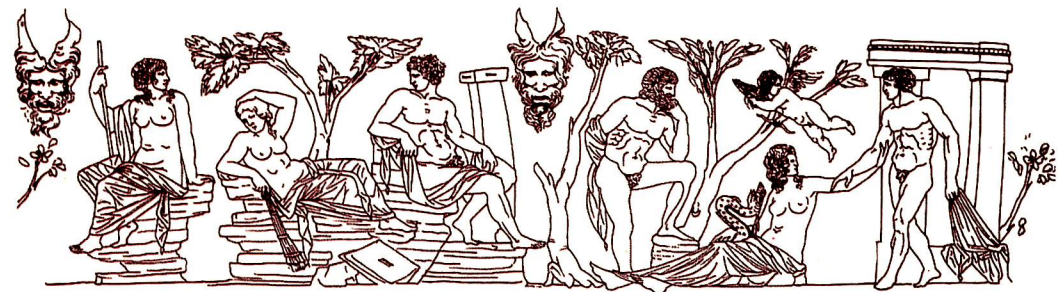
est donné à des gens qui veulent augmenter leur taux de globules rouges, transporteurs d'oxygène, pour accroître leurs performances physiques. On aura reconnu là les athlètes qui cherchent à pousser leur seuil d'endurance au-delà des limites naturelles.

L'érythropoïétine est tout indiquée pour cela car elle est indécélabable aux analyses d'urines. Elle est tout aussi contre-indiquée. En effet, on soupçonne que c'est elle qui aurait causé des morts subites d'athlètes ces der-

nières années. Cela s'explique par l'épaississement anormal du sang causé par un excès de globules rouges et les risques d'accidents cardiovasculaires, et notamment de thromboses, qui s'ensuivent. Lors de l'effort physique, en effet, l'organisme se déshydrate et le sang s'épaissit déjà ; si c'est un sang surchargé en globules rouges, il s'épaissit anormalement. On cite des cas de cyclistes qui sont morts subitement, sans qu'on puisse en trouver d'explication valable. G.M.

Voyez-vous la lettre Pi dans cette frise ?

Le dessin que voici est un décalque d'une frise célèbre dans le monde archéologique et artistique : il s'agit de celle qui orne le célèbre vase Portland, actuellement au British Museum, à Londres, et qui constitue depuis deux siècles une énigme archéologique et iconologique.



L'icologie est une discipline distincte de l'iconographie. Cette dernière consiste en la description stricte d'un objet, tandis que l'icologie, plus délicate mais aussi précieuse en histoire et en archéologie, consiste dans l'interprétation de son contenu. En effet, la valeur historique d'un objet archéologique réside dans la compréhension exacte de ce qu'il représente. On le conçoit sans peine, car il serait fâcheux, par exemple, de confondre un buste d'Esculape avec un autre de Zeus, ou un portrait de Socrate avec celui d'un satyre – nous avons choisi ces exemples à dessein, car ces deux paires de personnages comportent, en effet, des ressemblances apparentes.

Le vase Portland disposait de descriptions iconographiques extensives, car cet objet de verre romain, bleu foncé, datant du I^{er} siècle avant notre ère, est décoré en camée d'une frise de pâte de verre blanc, exemple exceptionnel de la maîtrise des verriers romains. L'ennui est que personne ne

savait ce que représentait cette frise. Or, les Romains n'avaient guère l'habitude, contrairement à nos contemporains, de décorer leurs objets n'importe comment, et l'on aurait bien aimé savoir le sujet de la fameuse frise. On s'évertua à proposer des explications ; on en comptait 44. La 45^e suscite un vif intérêt dans le monde archéologique.

C'est celle d'un étudiant de l'université du Massachusetts, Randall L. Skalsky. Examinant le personnage de l'extrême gauche, dit "A" dans les disciplines d'interprétation du vase Portland, personnage en qui l'on a vu Alexandre, Pâris, Pélée, Orphée, Adonis, Pluton, Alexandre Sévère, Bacchus, un spectre, Pylade, Thésée, Apollon Véiovis, Marcel, Achille, Persée et Auguste, il a relevé que A est plaqué contre un portique qui ressemble fort à la lettre grecque pi (ou π). Au milieu de la frise, on voit un pilier solitaire, qui évoque irrésistiblement la lettre iota (ou ι). Pi serait donc la clef de la scène.

Le pi mathématique,

3,1416 ? Mais alors, que feraient les personnages disposés en deux groupes, celui de gauche regardant vers la droite et celui de droite, vers la gauche ?

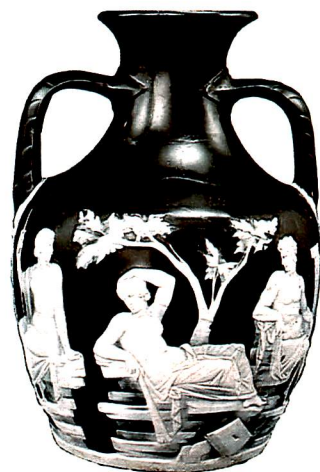
Pour Skalsky, il était plus probable que la lettre pi représente l'initiale du personnage, et notre déchiffreur reprit l'hypothèse selon laquelle c'était Pélée, personnage célèbre de la mythologie grecque. Pélée, personnage errant, fils d'Eaque, épousa en secondes noces la néréide Thétis. A ses noces, les dieux apportèrent leurs présents et la déesse de la Discorde, Eris, une pomme d'or portant l'inscription «A la plus belle !», qui devait indirectement causer la guerre de Troie. Or, à l'époque où le vase a été façonné, le poète Catulle a écrit un poème très populaire, *les Noces de Thétis et de Pélée*.

Le groupe de gauche représente donc les époux, parents d'Achille. Mais celui de droite ? De quel nom le *iota* est-il l'initiale ? De celui du mont Ida, raisonna Skalsky, celui où avaient eu lieu d'autres noces aux consé-

quences tragiques, celles de Pâris et d'Hélène. Le vase, hellénisant, représente donc des personnages de la mythologie, en références particulières au poème de Catulle et à *l'Odyssée*. Le personnage debout devant Thétis et Pélée serait Zeus, la femme assise sur un roc devant Pâris et Hélène, Aphrodite.

La thèse de Skalsky a d'abord été rejetée par le monde savant, mais elle gagne progressivement du terrain. Si elle est définitivement admise, elle aura permis de déchiffrer enfin une énigme archéologique.

G.M.



Faudra-t-il renvoyer les peintres modernes à l'école ?...

Des dizaines d'œuvres d'art contemporaines se dégradent au fil des ans, faisant perdre à leurs propriétaires, musées et particuliers, des sommes considérables. Ces dommages sont causés par la seule négligence ou méconnaissance des techniques ordinaires de peinture à l'huile et des réactions chimiques des pigments.

Jusqu'ici, les principaux intéressés témoignaient d'une considérable patience à l'égard des artistes, au nom de la liberté de l'art. Mais il pourrait bientôt en être autrement. En effet, des avocats et des légistes britanniques commencent à parler de poursuites juridiques contre les artistes et les galeries, des poursuites pour malversation.

En effet, selon le consensus général, une œuvre d'art est un capital censé durer un temps "raisonnable", surtout quand on considère les sommes investies dans son achat. Mais les temps sont loin où l'on pouvait espérer léguer un Degas ou un Manet à ses enfants et arrière-petits-enfants et où ces œuvres pouvaient dûment figurer dans le patrimoine, être assu-

rées, revendues, taxées. Car, au train actuel de la dégradation, il ne restera sans doute rien à léguer.

Notre confrère anglais *The Sunday Times* s'est ainsi fait l'écho de la consternation des conservateurs de la Tate Gallery, célèbre musée de Londres, devant la décoloration d'une œuvre de David Hockney que nous reproduisons ici : peint à l'acrylique, type de peinture apparu en 1962, qui présente l'inconvénient d'absorber beaucoup plus la poussière et les produits de pollution que la peinture à l'huile classique, le tableau s'est décoloré, est devenu gris et jaune, et des coulées d'acrylique commencent à se former.

Ce type de peinture a beaucoup déçu : « Mon atelier est plein de tableaux à

l'acrylique irrécupérables », déclare John Bull, l'un des plus célèbres restaurateurs britanniques.

Hockney, l'un des peintres contemporains les plus célèbres, avait d'ailleurs déclaré au *Sunday Times* en 1988 : « C'est ma frustration en tant qu'artiste. Je ne peins vraiment pas très bien. » Il n'est certes pas le seul dans son cas, car des centaines d'œuvres de ses contemporains sont actuellement en train de disparaître littéralement : ainsi la grande fresque réalisée pour l'université Harvard par le peintre Mark Rothko, l'un des plus chers du marché depuis une vingtaine d'années, s'est tellement décolorée qu'elle a dû être décrochée et que, selon Jay Kruger, conservateur en chef de la célèbre National

Gallery de Washington, elle ne vaut plus rien. Rothko peignait à l'essence, support fugace, qui ne fixe pas bien les pigments.

Le problème se pose depuis le début du siècle, et il a affecté même des peintres aussi célèbres que Van Gogh : faute d'appliquer ses couleurs de façon qu'elles adhèrent au support, certains empâtements simplement posés sur la toile se sont desséchés trop vite, se sont craquelés et perdent des miettes. Un bruit, sans doute malveillant, court que, dans certains musées, on passe avec une pelle et une brosse fine tous les matins, avant l'ouverture, pour recueillir les fragments tombés pendant la nuit...

L'acrylique semble donc ne pas résister à l'épreuve du temps. Mais bien souvent aussi, ceux des artistes qui se soucient de peindre vraiment, avec des pigments à l'huile, appliquent des couches trop fines, qui se décolorent trop vite, du fait que les pigments de surface (le plus souvent chimiques) pâlisent à la lumière, sans que les couches sous-jacentes en prennent le relais.

Dans les siècles passés, on connaissait déjà le problème, et c'est pourquoi Vermeer, par exemple, fabriquait ses célèbres bleus en broyant lui-même du lapis-lazuli, minéral dont les pigments sont raisonnablement stables.



Bien des peintres, y compris Picasso et Jackson Pollock, ont utilisé de la peinture de bâtiment, dont on sait qu'elle n'est pas stable non plus. Sa garantie maximale est d'une vingtaine d'années.

D'autres artistes, recherchant l'effet immédiat, ont travaillé avec des pigments brillants, tels la laque de garance, dont il est pourtant notoire qu'elle noircit au bout de peu d'années, comme les blancs d'argent – à la différence des blancs de zinc ou de titane – qu'ils mélangent avec des couleurs également fugaces, comme le bleu de Prusse ou certains pigments d'alizarine. Ou bien encore, ils appliquent des secondes couches alors que les premières ne sont pas sèches, ce qui crée des tensions de surfaces entraînant des craquelures très importantes.

D'autres encore ont recherché des effets spéciaux, peignant en relief avec des matériaux tels que du gravier ou de la colle, utilisant ainsi des techniques qui n'étaient pas éprouvées. Le British Council, service culturel, a dû retirer de sa collection d'art, qu'il prête pour des expositions à l'étranger, un tableau du cubiste Ben Nicolson, dont les reliefs à la colle se sont... décollés ! Et les musées s'inquiètent de sommes de plus en plus importantes qu'ils consacrent à la restauration d'œuvres.

Ce genre de mésaventures est encore plus fréquent avec certains peintres contemporains – que nous aurons la charité de ne pas citer – qui fabriquent des œuvres au hasard de l'inspiration, mélangeant allègre-

ment les supports et les matériaux incompatibles les plus divers...

Jusqu'au XV^e siècle, le métier de peintre était considéré comme un métier d'artisan, et non d'artiste, et l'on ne pouvait s'en prévaloir que lorsqu'on l'avait appris. Longtemps, l'on apprit d'abord la chimie des pigments avant d'entreprendre la création d'œuvres originales, et c'est ainsi que la plus grande partie de la peinture ancienne nous est parvenue sans autres dommages que ceux de mauvais traitements. C'est encore ainsi qu'il nous reste des Van Eyck intacts, par exemple. **G.M.**

● 26 % des jeunes utilisateurs de baladeurs ont des troubles de l'audition

(enquête réalisée au Prytanée militaire de La Flèche). Comme 33 % des plus de 15 ans en ont un, cela fait quelque 8 % des jeunes déjà atteints. Comme les baffles des sonos de clubs, le bruit des baladeurs accélère le vieillissement de l'oreille interne. Une enquête du CNRS, auprès de 800 utilisateurs, a montré que 20 % l'utilisent "à pleins tubes", c'est-à-dire au-delà de 100 décibels, alors que l'Organisation mondiale de la santé a fixé la limite du bruit tolérable à 90 dB. Pour mémoire, le temps d'écoute maximum est de 5 min à 110 dB, et de 45 min à 100 dB, pas plus. «Comment dites-vous ?» «Pas plus.» «Comment ?» etc. En prime, au-delà de 55 dB, on enregistre des troubles psychiatriques et au-delà de 60 dB, des troubles cardiaques et du sommeil.

La guerre des manuscrits de la mer Morte fait de nouveau rage

En raison de la lenteur extravagante des traducteurs appointés à publier leur version des célèbres manuscrits, et en raison aussi de l'irritation croissante des chercheurs, exégètes, épigraphistes qui ne parvenaient même pas à obtenir copie des textes originels, la Biblical Archaeology Society américaine avait pris, l'an passé, une initiative originale : elle publierait, elle, à son compte, les textes.

Nous avons signalé cette initiative (1) en son temps. Les volumes I et II sont déjà parus, avec les fac-similés des originaux et leurs transcriptions, garanties à 98 % correctes ; l'ensemble pour la somme relativement raisonnable, vu l'ampleur de la tâche, de 198 dollars.

Or, sur plainte du Pr Elisha Qimron, de l'université Ben Gourion du Néguev, à Beer-sheba, un tribunal israélien vient d'interdire à la Biblical Archaeology Society de vendre ou de distribuer ces volumes. Mis en cause par cette interdiction : les Prs Robert Eisenmann, de l'université de Californie à Long Beach, et James M. Robinson, de Claremont Graduate School, directeur de l'institut américain de l'Antiquité et du christianisme.

L'objet de la plainte de Qimron est, officiellement, une citation, dans l'introduction aux deux volumes, d'un texte transcrit par lui, paru dans un journal polonais, et dont il détient les droits. L'introduction est du rédacteur en chef de la *Biblical Archaeology Review*, Herschel Shanks.

Mais on ne peut s'empêcher de supposer qu'un savant intente un procès à des collègues parce que ceux-ci ont entendu mettre fin à un blocus des textes qui, de l'avis unanime, avait dépassé les bornes admissibles.

Comme l'action juridique se place dans un contexte d'exaspération de part et d'autre de la barrière – des chercheurs frustrés, d'un côté, et des chercheurs accusés de rétention de textes, de l'autre –, elle prend une signification particulière : la guerre des manuscrits de la mer Morte vient de se rallumer, de façon déplaisante, peu conforme à l'esprit scientifique et encore moins à l'information du public. Nous ne pouvons, pour notre part, que trouver ce rebondissement déplorable.

G.M.

(1) Voir *Science & Vie* n° 883, p. 74 et n° 890, p. 99.

● **Etats dépressifs graves + migraines + sensibilité extrême à la lumière = risques accrus de tentatives de suicide.**

ÉLECTROMAGNÉTISME

Lignes électriques et maladies : encore des résultats

L'Electric Power Research Institute, à Palo Alto, en Californie, dépense à lui seul 15 millions de dollars par an, soit quelque 80 millions de francs, ce qui est une somme considérable, pour tenter d'établir si les champs électromagnétiques pourraient rendre malade.

Cette somme est versée par les compagnies américaines d'électricité. On le conçoit car 130 000 personnes y travaillent.

Si les champs électromagnétiques rendent malade, il faut le savoir pour pouvoir éventuellement établir des systèmes de protection. La question est prise au sérieux par de plus en plus de chercheurs dans le monde. Et comme on commence à débiter des fonds pour la recherche, on trouve des indices intéressants.

Notre confrère britannique *New Scientist* rapporte ainsi, dans son numéro du 11 avril dernier, la communication d'un savant américain, Reba Goodman, de l'université Columbia : des globules blancs leucémiques, exposés à un champ de 100 Hz produisent de deux à trois fois plus d'ARN messager qu'ils ne le font normalement, c'est-à-dire qu'ils se reproduisent plus vite - l'ARN messager sert à la fabrication des protéines de la cellule. Cela indiquerait que chez les gens déjà atteints, la leucémie se développerait plus vite.

D'autres travaux indiquent que de minuscules organismes marins, les diatomées, absorbent beaucoup plus d'ions libres de calcium lorsqu'elles sont exposées à des champs électromagnétiques faibles alternatifs.

Un autre chercheur, Keith McLauchlan, de l'université d'Oxford, vient de publier, dans la revue *Physics World*, une théorie selon laquelle

des champs électromagnétiques faibles, de l'ordre de quelques milliteslas, affecteraient les réactions biochimiques normales.

Cette théorie s'explique ainsi : dans tout tissu vivant, des liaisons chimiques, par exemple carbone-carbone, se défont et se refont sans arrêt. Quand elles se défont, elles produisent des radicaux libres, qui ne le restent d'ailleurs pas longtemps, car, dès qu'ils retrouvent un autre radical libre, à la condition que celui-ci ait un électron de spin opposé, ils se re-

forment. Occasionnellement, on voit quand même s'apparier des radicaux dont les électrons ont le même spin. Ceux-là forment des paires anormales, mais qui finissent par se briser pour céder leurs radicaux à d'autres qui ont des électrons de signes opposés. Tout rentre ainsi dans l'ordre. Mais si l'intensité du champ augmente, les deux tiers des paires anormales ne se brisent pas, comme elles devraient le faire. C'est-à-dire que l'élévation de l'intensité du champ accroîtrait le

nombre de paires anormales. La théorie est évidemment intéressante, mais on est encore loin et de l'avoir vérifiée et d'en connaître les effets dans les réactions biochimiques.

De plus, plusieurs résultats d'expériences qui ont été annoncés dans ce domaine ne semblent pas, ou du moins pas facilement, reproductibles. En bon français, ils pourraient être faux. On est donc encore loin d'une théorie unifiée de l'effet des champs électromagnétiques sur les tissus vivants.

GRAVIMÉTRIE

On a senti palper la Terre

On a, pour la première fois, détecté les ondes gravitationnelles du noyau terrestre. Car il y a, au milieu du globe terrestre, un noyau dur relativement petit, puisque son diamètre est de 2 400 km environ.

L'exploit est remarquable, car ces ondes se sont beaucoup affaiblies quand, après avoir traversé plus de 5 000 km, elles atteignent la croûte terrestre. Il a été réalisé par une équipe internationale dirigée par E. Smylie, de l'université de York, au Canada, avec des instruments de gravi-

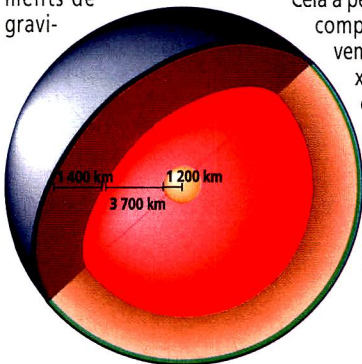
métrie ultrasensibles placés à Bruxelles, Bad Homburg (en Allemagne) et Strasbourg (1). Ces appareils dérivent du gravimètre à supra-conduction inventé, il y a une dizaine d'années, par l'Américain John Goodkind, de l'université de Californie, à San Diego.

Cela a permis de définir les composantes du mouvement, très complexe, du noyau. La composante suivant l'axe de rotation de la terre décrit une oscillation de 3,7677 h de période. Sur deux directions

perpendiculaires à cet axe de rotation, les composantes de ce mouvement font état d'oscillations de 4,015 h et 3,582 h de période. C'est d'ailleurs ce qu'avait prévu, à très peu de choses près, le géophysicien allemand Rudolph Widner, en 1988.

Ces travaux ne constituent cependant qu'un point de départ, car, ce que les géophysiciens vont tenter d'établir, c'est la nature de la mystérieuse dynamo électrique qui engendre le champ magnétique terrestre et les raisons des variations de ce champ. **G.M.**

(1) *New York Times*, 2 avril 1992.



● **L'équivalent de près de 80 % des masses océaniques** contenus dans les roches du manteau terrestre, selon des spécialistes du California Institute of Technology. Si l'on s'intéresse à cette eau, ce n'est pas pour aller l'y chercher, car elle ne représente que de 200 ppm (parties par million) à 500 ppm des masses rocheuses en question (par exemple, dans le mica et le talc), mais parce que cette teneur en eau joue un rôle considérable dans les éruptions volcaniques.

● **Le gène de l'asthme isolé** en Grande-Bretagne. Thérapie génique en vue.

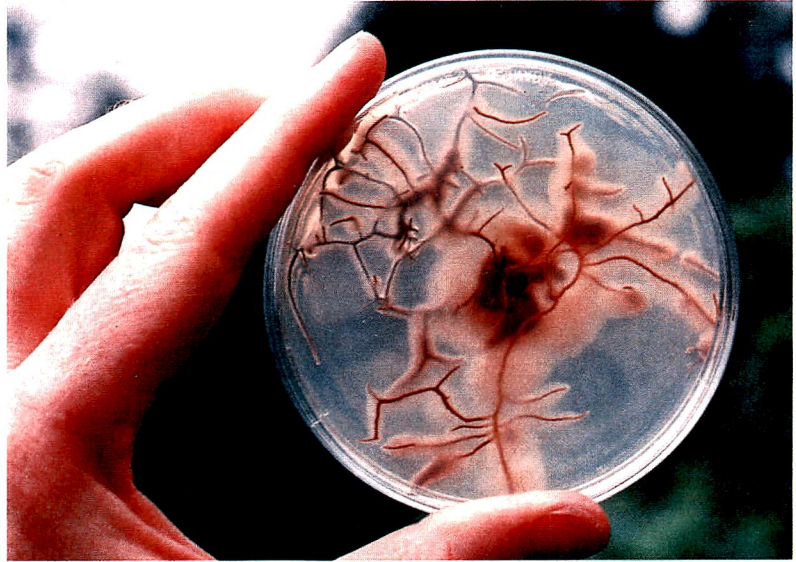
● **Bulgarie, écologiquement sinistrée.** Outre la pollution radioactive, causée par la centrale avariée de Kozlodouï, quarante ans de surindustrialisation erratique ont abouti à une véritable catastrophe. Plusieurs organisations européennes (BERD, CEE, AIEA) réclament le droit à l'"ingérence écologique". En 1991, l'Europe a versé à ce pays 245 millions de francs pour sa réhabilitation écologique, on en prévoit 700 pour 1992.

● **La science en fête.** A travers la France, à l'initiative du ministère de la Recherche et de l'Espace, des milliers de scientifiques vont, les 12, 13 et 14 juin prochain, faire partager au public leurs passions, leurs émotions et les plaisirs de la découverte. Au programme : journées portes ouvertes dans les laboratoires et les entreprises, rencontres-conférences, expositions...

● **Les échos de cette rubrique** ont été rédigés par Gerald Messadié et Marguerite Tiberti.

Un champignon de dix tonnes...

...et vieux de 1 500 ans, cela ressemble à une plaisanterie surréaliste, et c'est pourtant bien ce qu'ont trouvé trois botanistes canadiens dans le Montana.



Ce champignon est une *Armillaria bulbosa*, individu unique qui a commencé à se développer à partir d'un seul spore il y a une quinzaine de siècles, c'est-à-dire autour de l'an 500. Il couvre actuellement quelque 15 ha (!). L'âge indiqué plus haut est le plus faible que l'on propose, car certains mycologues pensent que le champignon pourrait aussi bien avoir commencé à se développer il y a 10 000 ans, c'est-à-dire à la fin de la dernière glaciation. Il se reproduit de façon élémentaire, asexuelle, simplement par production de spores qui avancent sur des pédicules ou rhizomorphes, mais on ignore à quelle vitesse. Le taux de reproduction dépend, en effet, des nutriments que cet organisme

trouve dans le sol à l'aide de ses rhizomorphes.

Le fait que cette masse considérable ne constitue qu'un seul individu a été établi par les botanistes-mycologues, sur la base de son homogénéité génétique. C'est la simplicité du mode de reproduction du champignon qui a garanti pendant si longtemps l'intégrité de son génome. Cette stabilité est d'ailleurs soulignée par les chercheurs. Ce n'est pas le seul spécimen connu d'*A. bulbosa* – on a déjà découvert quelques autres individus géants, d'un rayon de 200 à 300 m –, mais c'est certainement le plus grand.

G.M.

(1) Myron L. Smith, Johann N. Bruhn et James B. Anderson, "The fungus *Armillaria bulbosa* is among the largest and oldest living organisms", *Nature*, 2 avril 1992.

● **Café : la énième !** Imparables au sens du ridicule, des chercheurs américains s'obstinent à "travailler" sur les propriétés prétendument néfastes du café ! Un rapport de l'auguste American Medical Association vient de conclure que le café préparé au goutte à goutte, type Cona, n'augmente pas le taux de cholestérol, contrairement au café filtre.

● **Blanchissage à l'ozone aux Etats-Unis**, dans les hôtels et les prisons : trois fois plus rapide que l'autre, puisqu'il agit en 10 min et à l'eau froide. Il blanchit 95 % des taches par oxydation, sans détergent. Mais les taches grasses doivent être lavées par les lessives ordinaires. Et cet ozone, où finira-t-il ? En haute atmosphère ?...



Nous défendons cette

Si la France est en paix et respectée aujourd'hui et demain, c'est essentiellement grâce à ses missiles de la Force Nucléaire Stratégique: la dissuasion, c'est la paix. Aerospatiale, maître d'œuvre des systèmes stratégiques sous-marins et terrestres, est fière de contribuer ainsi à la sécurité des Français.

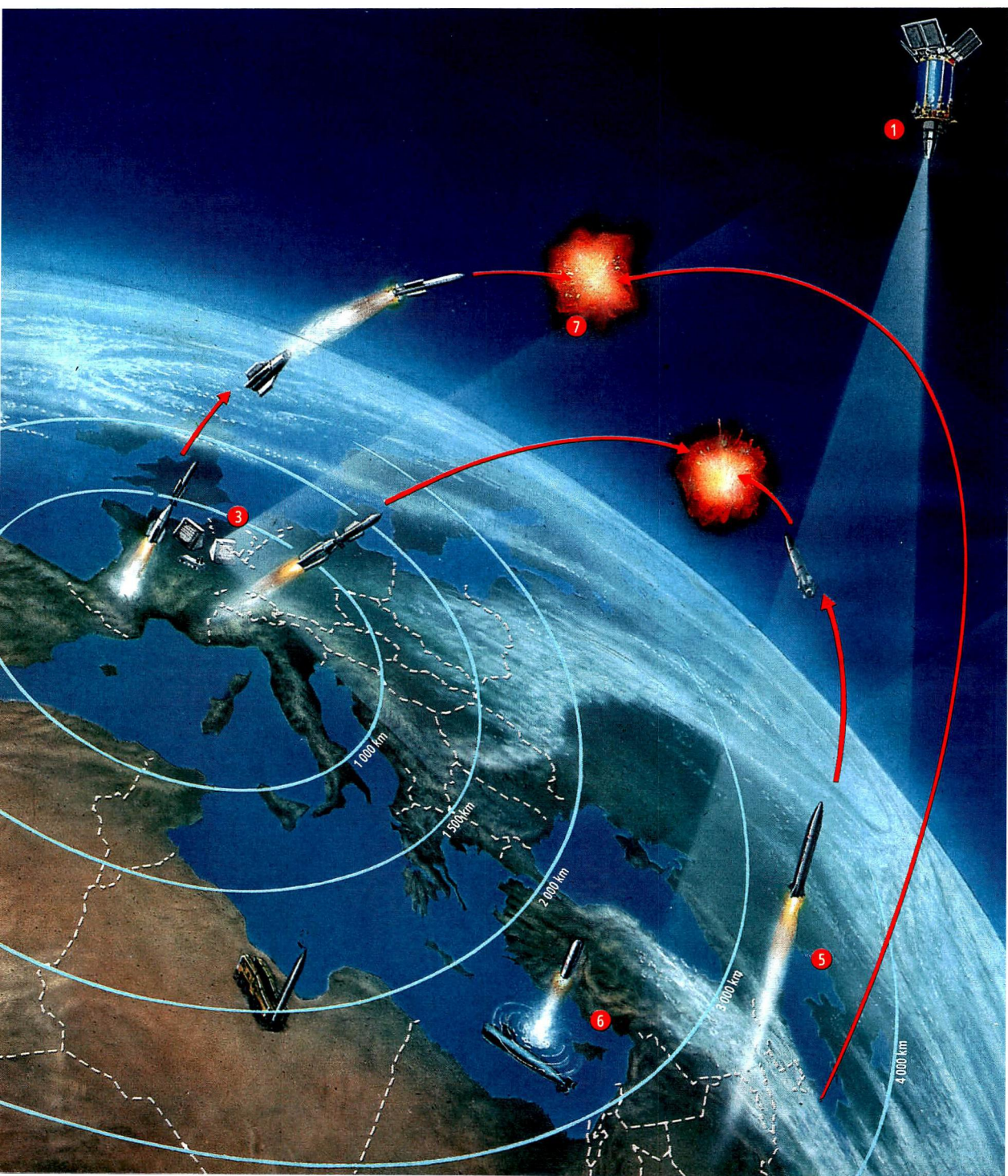
LE RÉALISME, C'EST D'ÊTRE EN AVANCE.

vision du monde.



PAR SERGE BROSSÉLIN

LA DISSUASION NUCL



ÉCLAIRAGE NE SUFFIT PLUS

DÉFENSE ANTIMISSILE : LE PROJET FRANÇAIS

DÉTECTION

Un satellite d'alerte précoce (1) en orbite géostationnaire surveille la zone d'où peut venir la menace. Le moindre tir de missile est détecté dès la mise à feu

POURSUITE

Le missile ennemi est ensuite pris en charge par un deuxième satellite (2) en orbite basse, qui en détermine la trajectoire ainsi que la cible visée, puis transmet ces informations aux centres de détection et de poursuite radar au sol (3). Si la France ne veut pas s'en remettre aux satellites américains un tel système nécessitera de mettre au point des satellites capables de repérer le panache dégagé par un missile (détecteurs d'infrarouges et d'ultraviolets). A moins d'adapter pour ce type de mission le satellite militaire d'observation *Hélios* (4), qui ne fonctionne actuellement qu'en lumière visible.

INTERCEPTION

Le missile assaillant peut être intercepté dès son départ (5) de la rampe terrestre – ou d'un sous-marin (6), par des missiles antimissiles lancés par des navires de surface équipés de radars *Aegis* (c'est le concept américain GPALS). Il peut aussi être détruit plus tard, lors de son retour dans l'atmosphère (7) : dans ce cas, un hypothétique missile assaillant lancé contre la France à partir du Moyen-Orient, par exemple, pourrait être "acquis" par les radars à la verticale de la Crète et intercepté entre la Sardaigne et la Côte d'Azur.

Aujourd'hui, plus d'une vingtaine de pays en dehors du monde développé disposent de lanceurs capables d'emmener des charges destructrices à très grande distance, et certains d'entre eux ne font plus mystère de leur intention de se doter de l'arme nucléaire. Malgré les dénégations officielles des pays de l'ex-URSS, des charges nucléaires ou du plutonium peuvent avoir été vendus à l'étranger. Cette nouvelle donne internationale oblige les stratégies français à ne plus compter uniquement sur la doctrine de la dissuasion nucléaire, mais à envisager un système de missiles antimissiles pour répondre à ce nouveau type de menace.

La dissuasion nucléaire a permis de maintenir la paix en Europe durant près d'un demi-siècle. Ce que l'on a appelé "l'équilibre de la terreur" a empêché les deux blocs – pacte de Varsovie à l'Est, OTAN à l'Ouest – de se livrer à un affrontement qui se serait révélé mortel pour les protagonistes, compte tenu de la puissance des armements nucléaires en présence. Mais l'effondrement de l'ex-URSS a changé la situation du tout au tout. Les nationalismes refont surface, avec leur cortège d'ambitions de tous ordres et les risques de conflit qui en découlent, ainsi qu'on peut le constater dans ce qui fut naguère la Yougoslavie. Désormais, personne n'est sûr qu'un dirigeant mégalomane, ou poussé à bout par ses adversaires, hésiterait à employer des armes de destruction massive contre une autre nation.

D'autant que de telles armes sont plus ou moins à la portée de n'importe qui, "bradées" par ceux qui les possèdent et qui entendent bien en tirer profit. Ne dit-on pas déjà que trois têtes nucléaires auraient été vendues à l'Iran par un pays musulman de l'ex-URSS. De même, elles pourraient être fabriquées par des ingénieurs et des techniciens venus des an-

ciens pays de l'Est et qui veulent monnayer ailleurs leur savoir plutôt que de végéter sur place, maintenant que les budgets militaires se réduisent comme peau de chagrin. Les ambassades de certains pays mènent actuellement à Moscou de vastes campagnes de recrutement auprès des établissements supérieurs d'enseignement technique pour inviter les jeunes ingénieurs à s'expatrier.

Les risques de prolifération n'ont donc jamais été aussi grands. Prolifération des armes chimiques et atomiques, mais aussi de leurs vecteurs, c'est-à-dire des fusées capables de les transporter. De ce point de vue, la guerre du Golfe et la menace que faisait peser le président irakien Saddam Hussein avec ses *Scud* sur l'Arabie saoudite et sur Israël constitue un exemple à méditer. Mais un exemple qui doit être étudié à la lumière des données techniques qui s'imposent : les *Scud* étaient des engins de conception ancienne, aux performances médiocres. Et les bulletins de victoire publiés par les Américains pendant et immédiatement après la guerre du Golfe sur l'efficacité de leurs missiles antimissiles *Patriot* (modèle amélioré d'un missile sol-air) ne doivent pas faire illusion. Le spectacle était garanti sur un écran de télévision, mais on ne peut en dire autant des interceptions réelles.

Les rapports qui commencent à être publiés aux Etats-Unis sont loin des cris de triomphe poussés en leur temps par le général Norman Schwarzkopf, commandant en chef des forces coalisées contre l'Irak, affirmant que trente-trois coups au but sur trente-trois tirs pouvaient être portés au crédit des *Patriot*. Le président Bush, quant à lui, parlait de quarante et une interceptions réussies sur quarante-deux tentées. Chiffres étonnants par leur imprécision quant au nombre même de missiles antimissiles tirés. Mais à la mi-avril 1992, l'US Army elle-même, en charge des *Patriot*, sous l'assaut des critiques et des contestations, et après des études plus approfondies, admettait qu'en Arabie saoudite on pouvait tabler au mieux sur 70 % de réussite, et sur 40 % seulement en Israël. Pressé de questions par une commission de la Chambre des représentants, un porte-parole de l'armée américaine devait convenir qu'une dizaine seulement d'interceptions de *Scud* par des *Patriot* pouvaient être tenues pour "certaines". Un taux extraordinairement faible, et qui montre d'abord que dans la guerre du Golfe les responsables américains, et notamment les responsables industriels et militaires, ont parfaitement su gérer leur propagande. Et qu'ensuite, face aux menaces qui se précisent pour l'avenir, les pays qui entendent s'en protéger doivent disposer de défenses antimissiles beaucoup plus efficaces.

C'est exactement la réflexion que mènent les Français. L'équilibre de la terreur ne joue plus face à des di-

rigeants fanatiques que la perspective de la mort, pour leur peuple et leur pays, n'effraye nullement, quand elle ne les exalte pas. Et la menace est aujourd'hui constituée par une bonne vingtaine de pays "proliférateurs" (voir *tableau ci-contre*) ou qui possèdent déjà des missiles d'une portée comprise entre 500 et 2 750 km. Ces engins commencent à se répandre dans le Tiers Monde. La Syrie, l'Iran, l'Irak, la Libye aujourd'hui, demain l'Algérie et d'autres, possèdent ou posséderont des engins dont la portée sera très supérieure à celle des CSS 2 (2 750 km) vendus par la Chine à l'Arabie saoudite.

Parmi ces pays, certains ne font pas mystère de leurs ambitions nucléaires, chimiques, ou bactériologiques. Dans une interview au *Washington Post*, parue en mars dernier, Saddam Hussein n'a pas hésité à déclarer que jamais son pays ne renoncerait à construire des armes de destruction massive. Cependant, la plupart des missiles actuellement en service dans ces pays utilisent une propulsion par carburants liquides, c'est-à-dire qu'ils doivent être approvisionnés en ergols avant le tir, un peu comme la fusée Ariane. Dans ces conditions, ils ne peuvent être embarqués à bord de sous-marins, où un tel chargement est impossible. Leur localisation étant connue, on peut en déduire la zone qu'ils sont susceptibles d'atteindre et surveiller leur déploiement. La menace qu'ils constituent est bien réelle, certes, mais elle est clairement identifiable.

En revanche, deux engins en cours de développement inquiètent particulièrement les Occidentaux, Américains, Européens et notamment les Français. Il s'agit du *Condor II* argentin (les Etats-Unis ont fait pression sur Buenos-Aires pour tenter de stopper sa mise au point), de 950 km de portée. Et surtout l'*Agni* indien, capable de frapper un objectif à 2 400 km. Ces missiles-là utilisent des carburants solides, stockés dans l'engin lui-même et donc prêts à l'emploi à tout moment. Ils pourraient de ce fait être embarqués à bord de sous-marins, moyennant quelques modifications à effectuer sur ces derniers, ce qui semble être du ressort de techniciens mercenaires engagés pour la circonstance et, bien entendu, payés à prix d'or. Et, on le sait, même des submersibles de type ancien sont difficilement repérables lorsqu'ils se déplacent en immersion. Imaginons-les donc tapis à portée des côtes qui bordent le pourtour méditerranéen. De quoi faire réfléchir pas mal de pays situés sur la partie nord de ce pourtour. Dont la France.

Face à une telle menace, deux écoles se font jour quant aux moyens de s'y opposer. D'un côté, ceux qui estiment que la dissuasion nucléaire continue de jouer son rôle. Pour eux, les pays agresseurs potentiels craignant une riposte mortelle, une défense antimissile n'a

pas de raison d'être. En leur faveur, la réponse de généraux irakiens qui, questionnés sur la raison pour laquelle Saddam Hussein avait finalement renoncé à utiliser des armes chimiques ou bactériologiques contre Israël, avaient déclaré : « Nous craignons une riposte nucléaire de Tel Aviv (...) ». De l'autre côté, les tenants d'une défense antimissile ; ceux-là ne sont pas tout à fait convaincus de l'efficacité de la dissuasion nucléaire face à des adversaires qui sacralisent les martyrs de la guerre. Entre ces positions extrêmes, on trouve toute une gamme d'opinions plus nuancées. Elles vont de la mise en place d'une défense passive – construction d'abris pour la population, avec système d'alerte et de trajectographie pour déterminer vers quelle ville se dirigeraient les missiles – à la réalisation d'armes de rétorsion classiques à longue portée. Guidées par satellites, ces armes pourraient frapper les bases de lancement de l'agresseur, soit de manière préventive, soit par mesure de rétorsion, selon l'urgence ou la gravité de la situation.

Un autre courant de pensée préconise le développement d'une défense antimissile minimale associée à un dispositif de frappe à longue portée. Ce système-là présente évidemment l'avantage de prendre en compte la menace constituée par les missiles lancés depuis des sous-marins et difficilement repérables avant leur départ. Son dispositif de frappe à longue portée, destiné à détruire en vol les missiles lancés par l'ennemi, pourrait être "architecture" autour de satellites d'alerte précoce, du type de ceux utilisés par le Pentagone pour détecter les départs des Scud irakiens et qui guideraient en même temps un missile de croisière de type Tomahawk lancé par un SNA, sous-marin nucléaire d'attaque. Une solution qui regroupe pas mal de partisans, dans la mesure où elle contribuerait à une revalorisation opérationnelle de sous-marins destinés à la

D'OÙ PEUT VENIR LA MENACE

PAYS	MISSILES	ORIGINE	PORTÉE (km)	ECP ⁽¹⁾ (m)	CHARGE UTILE (kg)
EGYPTE	Frog-7	URSS	64	400	500
	Scud-B	URSS	300	900	500/1 000 ⁽²⁾
	Badr-2000	Egypte/Argentine ⁽³⁾	800/960	700	500
	Sakr-80	Egypte	80	?	?
IRAN	Scud-B	URSS	300	900	500/1 000 ⁽²⁾
	Oghab	Iran	40	?	?
	Iran 130	Iran/Chine	130	?	?
	Scud-B	URSS	300	900	500
IRAK	Al Hussein	Scud-B modifié	600	?	?
	Al Abbas	Scud-B modifié	9 000	4 000	200
	Frog-7	URSS	64	400	500
	Badr-2000	Argentine/Egypte ⁽³⁾	800/960	700	500
	SS 12	URSS	1 000	700	1 300
	Jéricho 2	Israël ⁽³⁾	1 440	?	100
ISRAEL	Lance	US	125	350	300
	Frog-7	URSS	64	400	500
KOWEIT	Frog-7	URSS	64	400	500
LIBYE	Scud-B	URSS	300	900	500/1 000 ⁽²⁾
	SS-21	URSS	120	300	500
YEMEN	SS-21	URSS	120	300	500
	Scud-B	URSS	300	900	500
ARABIE SAOUD.	CSS-2	Chine	2 560	2 200	2 200
SYRIE	Frog-7	URSS	64	400	500
	Scud-B	URSS	300	900	500
	SS-21	URSS	120	300	500
CHINE	M 9	Chine ⁽³⁾	600	600	?
	CSS (famille)	Chine	100/9 600	?	?
INDE	Frog-7	URSS	64	400	500
	Prithivi	Inde	240	?	?
	Agni	Inde	2 400	?	1 000
	King hawk-Half 2	Pakistan/Chine ⁽³⁾	290	?	500
PAKISTAN	Frog-7	URSS	64	400	500
CORÉE DU NORD	Scud-B	Corée Nord/Egypte	300	900	500
CORÉE DU SUD	SSM	Corée du Sud	260	?	?
ARGENTINE	Condor	Argentine	100	?	?
	Condor II	Argentine ⁽³⁾	800/960	700	500
BRÉSIL	Famille MD/EE	Brésil ⁽³⁾	150/1 200	700	100
CUBA	Frog-7	URSS	64	400	500

(1) Ecart circulaire probable – (2) Varie selon les sources – (3) En développement

protection des SNLE, sous-marins dont les missions se sont réduites depuis que l'ex-URSS ne constitue plus une menace aussi évidente.

Les Américains, on le sait, ont engagé eux-mêmes un vaste programme de recherches sur la défense antimissiles. Mais ce programme a considérablement évolué avec le temps, en fonction notamment de l'évolution des menaces à prendre en compte. Dans son fameux discours de mars 1983 sur l'initiative de défense stratégique (en anglais SDI), connue sous le nom de Guerre des étoiles, le président Reagan envisageait la mise en place d'une "bulle" protectrice contre toute attaque nucléaire. Les systèmes d'armes envisagés alors allaient du laser de puissance (CO₂, fluorure de deutérium, à électrons libres, à fluorure de crypton, et même laser X à pompage nucléaire) aux faisceaux de particules chargées ou neutres, en passant par les armes à énergie cinétique et autres canons électriques (Rail Gun) ou élec-

tromagnétiques. Ces recherches sur les armes exotiques ne sont pas abandonnées, loin de là. Mais les difficultés liées à leur réalisation, tout comme le coût de celle-ci, entraînant un déploiement à une échéance plus lointaine que prévu au départ, ont conduit le Pentagone à lancer un autre programme, beaucoup moins ambitieux mais nettement plus réaliste. C'est le GPALS (*Global Protection Against Limited Strike* - en français : protection globale contre les attaques limitées). Pour simplifier, disons que dans le programme Guerre des étoiles, qui demeure plus que jamais un programme de recherches, la plupart des systèmes étaient exotiques (comme l'indique l'énumération mentionnée plus haut) et déployés à 90 % dans l'espace. Alors qu'avec le GPALS, la proportion est inversée : 90 % des systèmes seraient implantés au sol et feraient tous appel à des techniques classiques, c'est-à-dire essentiellement des missiles.

Les experts français, quant à eux, travaillent sur plusieurs architectures possibles de défense antimissile, le choix éventuel appartenant en dernier ressort aux pouvoirs politiques. La compétence des Français en ce domaine est d'ailleurs bien établie auprès des Américains, que ce soit celle de Matra pour l'observation ou le segment spatial de l'alerte spatiale, ou celle de Thomson et de l'Aerospatiale, réunis au sein du groupe-

UNE DÉFENSE MULTICOUCHE

Dans l'espace

Les missiles assaillants sont détruits dans l'espace extra-terrestre. Seuls les Américains prévoient d'intervenir de la sorte, grâce à la conjugaison de trois systèmes :

- Un satellite d'alerte avancée DSP (1) détecte le départ du missile ennemi (2).
- Des satellites *Brilliant Eyes* (3) calculent la trajectoire du missile et en transmettent les données à des satellites d'intervention lance-engins.
- Ces satellites, baptisés *Brilliant Pebbles* (4), détruisent les missiles assaillants dans les 5 minutes suivant leur décollage, et les ogives nucléaires (5) après leur séparation de la coiffe de leur lanceur.

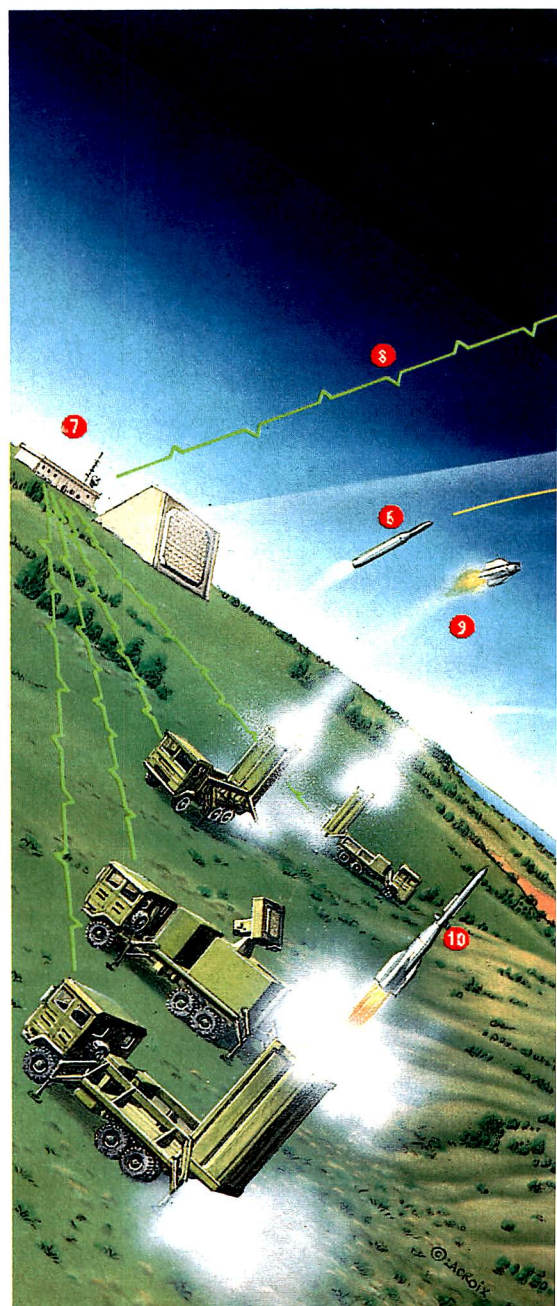
En haute altitude

Dans cette partie de l'atmosphère, l'arme d'interception est constituée de missiles de type *ERIS* (6) ou *Corp SAM* pour les Américains et d'engins équivalents pour les Français guidés par les radars terrestres (7) de défense antimissile balistique alertés par les satellites (8).

A basse altitude

Les Américains travaillent sur un *Patriot PAC-3* (9) et les Français sur deux versions de l'*Aster* (10 - photo p. 98), engins spécialisés dans l'interception de missiles assaillants comme les *Scud* (11).

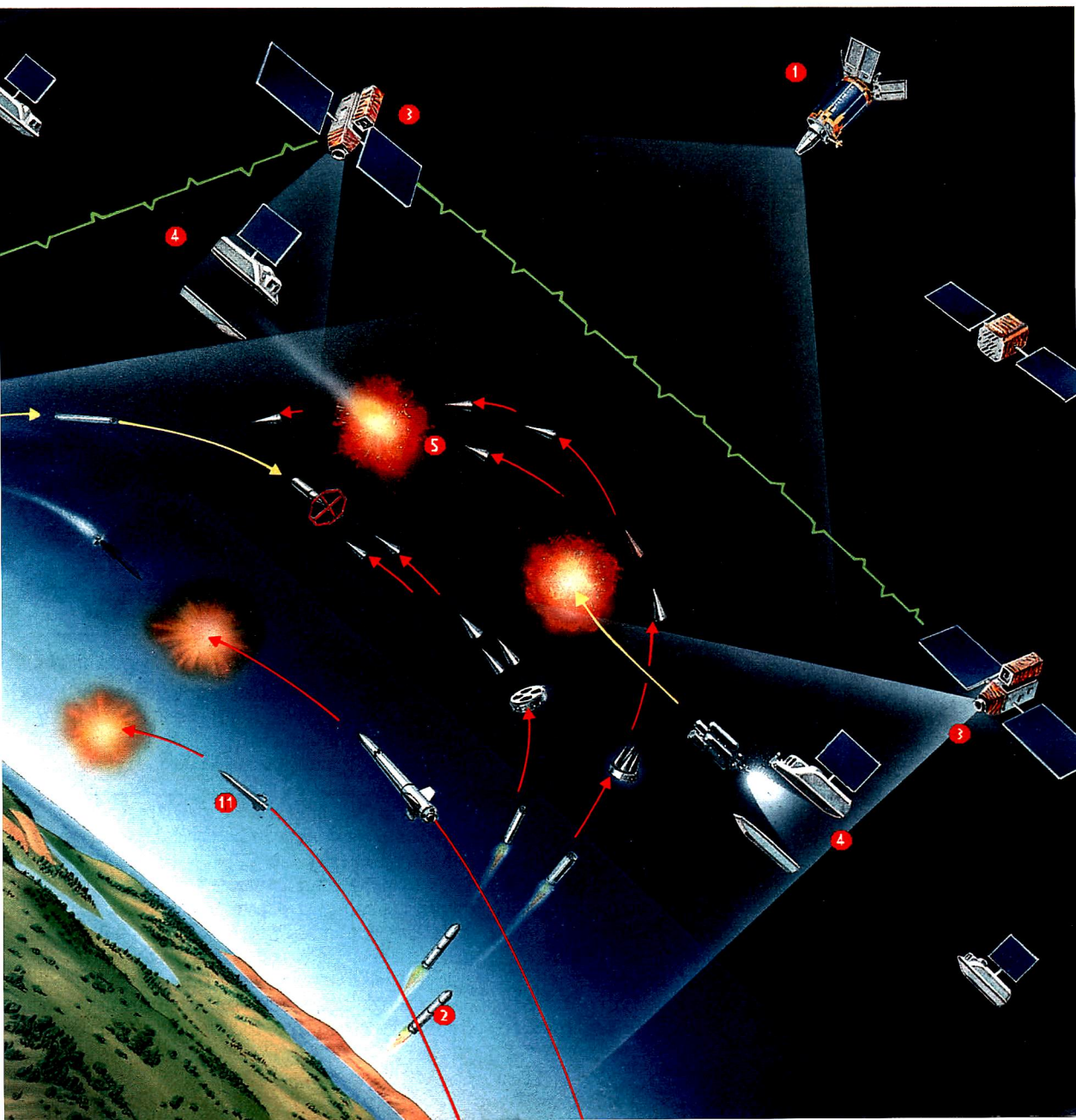
ment d'intérêt économique Cosyde. Un contrat du SDIO américain (*Strategic Defense Initiative Organisation*) a ainsi été passé aux experts de Cosyde. Son objectif : définir, dans le cadre du programme d'études TMDAS (*Theater Missile Defense Architecture Study*, ou architecture de défense antibalistique contre des attaques dites limitées). On entend par là des attaques qui mettent en jeu vingt-cinq missiles ou deux cent cinquante charges, c'est-à-dire, en ordre de grandeur, la puissance de feu du dernier et plus gros sous-marin



soviétique de la classe Typhon avec ses vingt-quatre missiles à têtes "mirvées" (du sigle anglais MIRV, pour *Multiple Independent Reentry Vehicle*), têtes lancées dans l'espace et qui peuvent, lors de leur rentrée dans l'atmosphère, manœuvrer chacune en vol de manière séparée pour viser différentes cibles.

Nous en sommes actuellement à la phase dite de *trade off*. Elle consiste à élaborer une architecture différente selon le scénario de protection envisagé. Il est bien évident, en effet, que la protection d'une zone

comme le plateau d'Albion, en Haute-Provence, où sont implantés les missiles sol-sol nucléaires français, de l'agglomération parisienne, d'une région donnée, de la France entière, ou de l'ensemble de l'Europe, n'appellent pas des solutions identiques. De plus, on n'intercepte pas de la même façon un missile balistique de 12 000 km de portée équipé de têtes multiples, et un Scud doté d'une tête unique, sans capacité de manœuvre ou de leurrage. Le premier s'engage dans son corridor de pénétration dans l'atmosphère à Mach 12



(douze fois la vitesse du son) ; le second, vers Mach 3. Une différence qui, on le conçoit bien, modifie considérablement les temps de réaction possibles. C'est la raison pour laquelle plusieurs hypothèses sont envisagées selon les portées et les vitesses des missiles à intercepter, la couverture des radars au sol chargés de les détecter et de les suivre, la nécessité de prévoir une, deux, ou trois "couches" de défense, etc.

Toutefois, c'est la menace constituée par des missiles d'une portée comprise entre 500 et 3 000 km qui est privilégiée, parce qu'elle est la plus probable à l'échéance des dix ou vingt années à venir. Quelques chiffres permettent de se rendre compte des données du problème. Il s'écoule dix minutes entre le moment où un missile d'une portée de 2 000 km est tiré et celui de l'impact sur sa cible. Compte tenu du délai nécessaire pour détecter le départ de l'engin ennemi (environ une à deux minutes pour les missiles de portée comprise entre 1 000 et 3 000 km), et du temps requis pour le traitement et la transmission de l'information, il reste dans le meilleur des cas cinq à six minutes à la défense pour s'organiser et réagir...

Autre donnée à garder présente à l'esprit : la corrélation étroite qui existe entre la portée et la vitesse d'un missile assaillant, d'une part, et la couche de défense la plus adéquate pour son interception, d'autre part. Ainsi, pour les missiles de portée supérieure à 1 000 km, dont la vitesse est de l'ordre de Mach 6 à

Mach 8, l'interception doit s'effectuer de préférence dans la haute atmosphère. Ne serait-ce que pour limiter les risques de retombées des débris des engins, ou ceux des charges nucléaires, chimiques, ou même explosives, sur les populations amies. Et cette interception, compte tenu des paramètres de vol des missiles assaillants, ne peut être réalisée que par des missiles dits hypervéloces (vitesse égale ou supérieure à Mach 10).

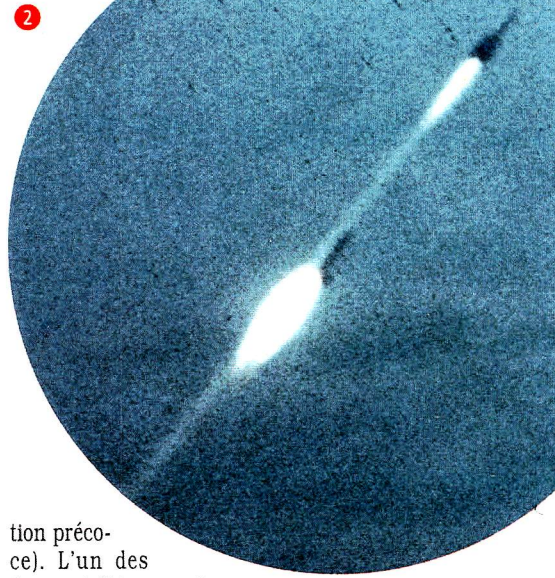
Cela étant posé, le système de protection antimissile français pourrait s'articuler autour des modules suivants :

Un double réseau d'alerte. Il est prévu d'assurer cette fonction par deux types de systèmes : pré-alerte et alerte.

- Le réseau de pré-alerte serait constitué de deux satellites dits *Early Warning* (détec-

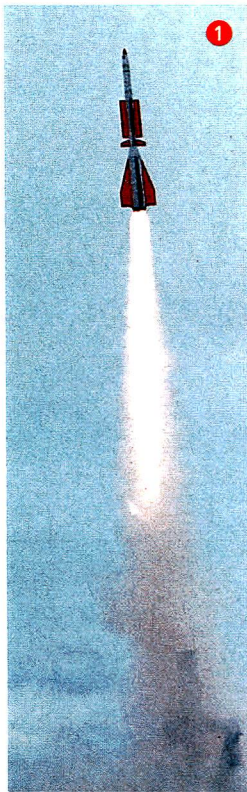
Le missile PIF-PAF

Pour intercepter sa cible quelles que soient les manœuvres de dérobade exécutées par celle-ci, le missile franco-italien Aster (1) recourt à une astuce très curieuse. En phase d'approche, il infléchit sa trajectoire progressivement (2) grâce à l'action de ses gouvernes, comme le font les missiles classiques ; c'est le mode PAF (pilotage aérodynamique fort). Arrivé à proximité de sa cible, il passe en mode PIF (pilotage en force) : grâce à un générateur de gaz dont l'éjection est orientée par des clapets disposés sur son pourtour, l'Aster effectue de véritables bonds latéraux (3) instantanés – 12 millisecondes – permettant des changements de trajectoire considérablement plus rapides qu'avec des gouvernes classiques.



tion précoce). L'un des deux satellites serait positionné en orbite géostationnaire (à 36 000 km au-dessus de l'équateur) et couvrirait tout le secteur Afrique du Nord, Proche et Moyen-Orient, Europe. Le positionnement du second satellite reste à préciser ; son orbite, au lieu d'être immobile par rapport à un point au sol, comme le premier, pourrait être à défilement. Rien n'est encore fixé. En effet, il peut exister plusieurs niveaux d'alerte en fonction de la portée des missiles à intercepter.

Pour des engins stratégiques de 3 000 à 10 000 km de portée, dont le temps de parcours sur trajectoire est plus élevé que pour les engins de portée intermédiaire (500 à 3 000 km), le dispositif d'alerte comprend généralement trois niveaux. Le premier concerne toujours la détection du départ du missile. Le deuxième niveau adresse les éléments de trajectographie vers les



3

centres de contrôle et d'interception. Quant au troisième, il lui incombe de déterminer la cible visée par les ogives s'il s'agit d'un engin équipé de têtes multiples, ou par le missile lui-même dans le cas d'un engin à tête unique.

Pourquoi différents niveaux d'alerte ? Tout simplement parce qu'en fonction des portées des missiles, les altitudes de culmination des trajectoires balistiques peuvent varier considérablement : 60 km pour un missile de 500 km de portée, 600 km pour un missile de 5 000 km de portée. Et qu'à chaque niveau d'alerte peut être associé et mis en œuvre un système d'interception différent : à quelques dizaines de kilomètres d'altitude contre un missile de 500 km de portée, ou à quelques centaines de kilomètres d'altitude pour les missiles à plus longue portée. C'est en tout cas ce qui est envisagé dans le concept GPALS.

Les deux premiers niveaux d'alerte, autrement dit les fonctions détection et trajectographie, peuvent être assurés par un seul et même satellite en orbite géostationnaire. En revanche, pour ce qui concerne la détermination de l'objectif visé par le missile assaillant, elle ne peut être réellement envisagée qu'à partir de satellites évoluant en orbite basse, aux environs de 500 km

d'altitude. Chacun s'accorde à souligner la complexité de cette 3^e "couche", que même les Américains n'ont pas encore, à ce jour, commencé de déployer.

Selon toute probabilité, les satellites dont il est question ci-dessus seront équipés de deux types de senseurs, les premiers travaillant dans l'infrarouge et les seconds dans l'ultraviolet. Le recours à des capteurs de deux types différents s'explique par le fait que l'ultraviolet est mieux adapté pour la détection des départs de fusées que ne l'est l'infrarouge. Et qu'en revanche ce dernier se révèle plus performant pour la fonction trajectographie du missile assaillant, lorsque ce dernier, à haute altitude, est en phase balistique, c'est-à-dire qu'il n'est plus poussé par son moteur, ce dernier ayant fonctionné à pleine puissance pendant les 3-4 premières minutes du vol seulement.

Si, en France, le débat est engagé pour déterminer si oui ou non la mise en place d'un système de missiles antimissiles s'impose, en revanche, la composante spatiale de pré-alerte n'est guère contestée. Elle est, en effet, capable d'assurer deux fonctions primordiales : l'alerte au profit d'une défense antimissile, bien

entendu ; mais aussi l'identification du pays agresseur, par la détermination du point de départ des missiles. Ce qui peut permettre de déclencher des frappes de rétorsion, en guidant, par exemple, des missiles de croisière lancés depuis des sous-marins nucléaires d'attaque.

- **Le réseau d'alerte.** Les avions radar français *Awacs* sont, certes, capables de suivre des pistes missiles, c'est-à-dire les trajectoires de ces derniers, mais il est peu probable qu'on leur confie de telles fonctions. En effet, il apparaît que les radars aéroportés de trajectographie sont difficiles à mettre en œuvre, et d'un coût extrêmement élevé. Aussi, au cas où la décision serait prise d'implanter en France un grand système de détection et de trajectographie, celui-ci serait installé au sol, dans le sud du pays. Le système serait composé de deux grandes stations et ferait très probablement appel à des radars à codage d'espace de type RIAS de 3 000 km de portée (1). Une technologie que la France est seule au monde, à ce jour, à posséder. Un premier prototype de ce nouveau concept mis au point par l'ONERA (l'Office national d'études et de recherches aéronautiques) est en cours d'industrialisation par Thomson-C.S.F.

Une défense multicouche.

Contrairement au système américain GPALS architecturé autour de trois couches : une couche spatiale, une couche haute altitude et une couche basse altitude, les réflexions françaises ne retiennent que le principe d'une défense terminale, c'est-à-dire une protection dont le volume correspond exactement aux couches haute et basse altitude.

La couche haute altitude. Son volume est extrêmement important, puisqu'il s'étend sur plus de 1 000 km au sol et avoisine 200 km d'altitude. Cette couche se subdivise en deux sous-couches. Une couche endo-atmosphérique (vers l'atmosphère) couvre un rayon de 200 km et culmine à une altitude de 80 km. Une couche exo-atmosphérique (de l'atmosphère vers l'extérieur). A noter que les techniciens subdivisent la couche endo-atmosphérique en deux autres sous-couches : le haut endo-atmosphérique (40 à 80 km d'altitude), et le bas endo-atmosphérique

(15 à 40 km environ).

La couche basse altitude. Elle s'étend sur une vingtaine de kilomètres de rayon et va du sol jusqu'à quinze kilomètres d'altitude.

A chacune de ces différentes couches correspond un domaine d'intervention précis. Ainsi, la couche exo-atmosphérique est-elle destinée à l'interception de missiles dont la portée est comprise entre 2 000 et 5 000 km environ ; la couche endo-atmosphérique à l'interception de missiles d'une portée comprise entre 500 et 2 000 km ; enfin, la couche basse altitude à l'interception d'engins dont la portée est inférieure à 600 km.

Bien entendu, les industriels ont conçu des missiles destinés à intervenir dans chacune de ces couches. Le groupe Aerospatiale, par exemple, propose plusieurs solutions : un engin bi-étage dont la masse serait comprise entre 700 kg et une tonne pour les interceptions exo-atmosphériques, et un engin mono ou bi-étage pour l'intervention endo-atmosphérique, la formule n'étant pas encore arrêtée. « Si la décision de lancer ces

programmes est prise, nous sommes prêts (...), a déclaré Jean Menu, de la division Espace-Défense d'Aerospatiale, le 31 mars dernier.

En fait, il semblerait qu'Aerospatiale ait plusieurs fers au feu, comme on dit, pour ce qui concerne l'intervention dans la couche endo-atmosphérique. Aerospatiale Missiles (ex-division des engins tactiques), qui étudie déjà une version antimissiles balistiques tactiques de l'Aster 30

(missile antimissile destiné à assurer la protection contre les engins tactiques, c'est-à-dire à trajectoire non balistique), propose ainsi un engin destiné à l'endo-atmosphérique bas. Et la division Espace-Défense, qui fabrique les engins de la force de dissuasion nucléaire, propose un antimissile plus spécialement destiné à l'endo-atmosphérique haut.

Pour la couche basse altitude et la partie endo-atmosphérique basse, il semble qu'Aerospatiale Missiles étudie au moins deux versions différentes :

- **L'Aster ATBM (Anti Tactical Ballistic Missile)**, missile antimissile balistique tactique, qui reprend la plupart des éléments de l'Aster 30, mais avec une pointe avant différente. Notamment un autodirecteur (2) nouveau adapté aux grandes vitesses de rapprochement, une fusée de proximité et une charge militaire différentes, pour les mêmes raisons. Cet engin a une portée de 30 km et un plafond d'utilisation de 12 km. Il est destiné à être engagé dans la couche basse altitude.

- **L'Aster ER 45**, dont le domaine d'intervention est

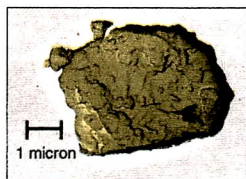
A néantir un pays avec l'arme nucléaire parce qu'il nous a envoyé un Scud ?

(1) Voir *Science & Vie* n° 881, p. 84.

(2) Dispositif de guidage dans la tête du missile et permettant à celui-ci de balayer l'espace jusqu'à détecter sa cible, puis de se "verrouiller" dessus. Lorsque le missile est suffisamment proche de ladite cible, sa charge de proximité déclenche l'explosion de la charge militaire pour anéantir l'engin poursuivi.

MÉTAL 5 NOUVELLE GÉNÉRATION

PRÉCONISÉ DES 15000 KM



Vue au microscope électronique de la nouvelle particule Métal 5 grossie 16 000 fois. Elle a une structure lamellaire ce qui la rend très efficace pour un accrochage rapide dans les moindres porosités du métal. Sa taille réelle est de 0,5 micron d'épaisseur et de 4 microns de longueur.

Après 4 années de recherche et fort de l'expérience de plusieurs millions de moteurs, le laboratoire Métal 5 a mis au point 2 nouvelles formules particulièrement efficaces pour la longévité des moteurs, l'amélioration de leur fonctionnement et la diminution des consommations. Un nouveau processus de fabrication permet de descendre en-dessous du micron et d'améliorer la thixotropie.

Résultats : des microparticules ultra-fines, des effets plus rapides et 2 formulations spécifiques adaptées au kilométrage des moteurs (Métal 5 Préventif et Métal 5 Curatif). Car un moteur de 15000 km ne ressemble pas à un moteur de 100 000 km.

MÉTAL 5 PRÉVENTIF : le produit "soft" de Métal 5 avec ses toutes nouvelles microparticules (moins de un micron d'épaisseur !) : à utiliser dès 15000 km parce qu'il serait dommage d'attendre les premiers signes d'usure pour se préoccuper de son moteur.

MÉTAL 5 CURATIF : un dosage de microparticules différent, 30 % de produit actif en plus et la nouvelle thixotropie. Particulièrement recommandé pour tous les moteurs de plus de 100 000 km.

MÉTAL 5, LA PROTECTION ACTIVE DES MOTEURS



NOUVEAU : LE GUIDE DE LA PROTECTION DES MOTEURS

- 28 pages illustrées : le moteur, sa lubrification, sa protection.
- 17 questions d'automobilistes.
- 17 réponses Métal 5.
- Un guide précieux.



3615 MÉTAL 5



Métal 5 est un remétallisant compatible avec tous les lubrifiants. Ses 2 nouvelles formules protègent activement tous les moteurs Diesel ou Essence, avec ou sans plomb. Elles conviennent aussi bien aux moteurs atmosphériques que turbo, avec ou sans pot catalytique.

SCIENCE & VIE

Veuillez m'adresser gratuitement le nouveau "Guide Métal 5".

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Code Postal : | | | | | Ville : _____

Type de voiture : _____ Kilométrage : _____

Préventif ou Curatif, Métal 5 est conseillé par plus de 10 000 professionnels de l'automobile. Demande d'information et documentation à SODITEN S.A. - 127 AVENUE FÉLIX - FAURE 92000 NANTERRE - TÉL. : (1) 45 06 22 44

PAR DIDIER DUBRANA

LE RICIN : UN POISON QUI VAUT DE L'OR

Longtemps utilisée pour "purger" les jeunes enfants, l'huile de ricin a trouvé des débouchés jusque dans les technologies de pointe, où elle est irremplaçable. Malheureusement ces industries reposent sur la cueillette de plantes sauvages. Voilà pourquoi la France encourage la culture du ricin au sein de la CEE.



La CEE importe chaque année environ 130 000 tonnes d'huile de ricin. Cette huile provient, à plus de 90 %, de la cueillette de graines d'arbustes (voir photo page ci-contre) poussant à l'état sauvage, principalement au Brésil, en Inde et en Chine. En vingt ans, la Chine a doublé sa production tandis que l'Inde l'a quadruplée. Dans ces pays, les femmes et les enfants récoltent les précieuses semences de *Ricinus communis* (puisqu'un tel est son nom savant) afin de survivre. Cette cueillette fournit un million de tonnes de graines par an au marché mondial des oléagineux. Cependant, des sécheresses anéantissent périodiquement cette production naturelle, provoquant, du même coup, le triplement des prix de vente (qui passent ainsi de 500 dollars à 1 500 dollars la tonne). Une situation insupportable pour l'ensemble des pays industrialisés, qui utilisent les dérivés chimiques de cette huile végétale dans des secteurs industriels aussi variés que l'aéronautique ou la cosmétique, en passant par la plasturgie, l'électronique et l'industrie textile.

Ce succès repose sur les performances de la molé-

cule de l'acide ricinoléique, entrant pour plus de 85 % dans l'huile extraite des graines de ricin. Cet acide gras lui confère en effet l'indice de viscosité le plus élevé de toutes les huiles végétales. Elle résiste également à des températures atteignant 800 °C, ce qui lui a valu d'être longtemps utilisée pour lubrifier les moteurs de formule 1, avant d'être progressivement supplantée par les huiles de synthèse dans les années soixante-dix. Mais l'acide ricinoléique est surtout à la base de la fabrication du nylon 11, ou rilsan B, un polymère utilisé dans le monde entier.

Ce matériau, découvert en 1940 par les ingénieurs du groupe français Atochem, s'est répandu dans tous les produits de la vie quotidienne, de la disquette d'ordinateur au préservatif. Comme Elf Atochem est aujourd'hui le premier producteur mondial de rilsan B, il est aussi, par la force des choses, le premier importateur de ricin. Mais toute médaille a son revers : sa position de leader le place chaque année face au risque d'une pénurie de matière première. D'où son idée d'encourager la culture du ricin en France et de l'étendre à la CEE, afin de

constituer des "stocks tampons" susceptibles de compenser les déficits du marché tropical. Dès 1985, l'Onidol (Organisation nationale interprofessionnelle des oléagineux) répondit aux attentes d'Atochem en lan-

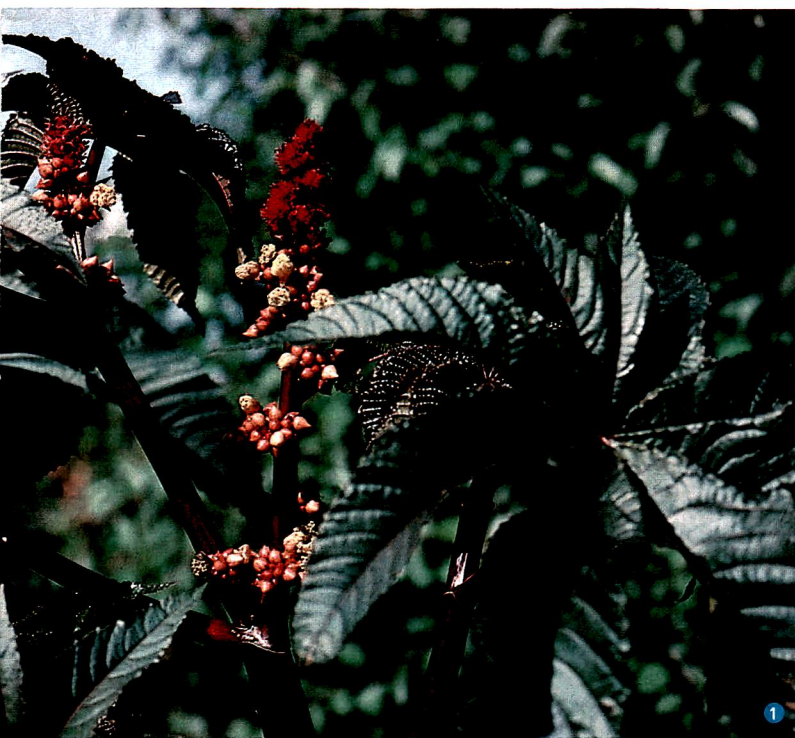
GRAINE DE POISON

L'origine géographique du ricin est très controversée. Certains botanistes la situent en Afrique, d'autres en Arabie ou encore en Inde. Une chose est sûre : cette plante a conquis l'ensemble du monde tropical. Elle appartient d'ailleurs à l'une des grandes familles tropicales, celles des euphorbiacées, qui regroupent de 8 000 à 10 000

espèces dont la plus connue est le manioc.

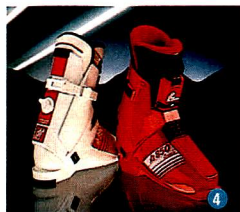
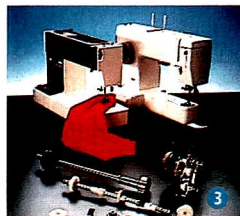
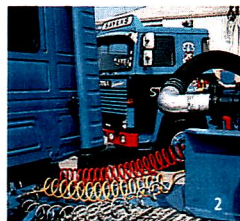
Si l'ingestion d'huile de ricin fut longtemps une médication de grand-mère employée pour purger les enfants, la graine n'en contient pas moins deux violents poisons : la ricine et la ricinine. La première, une protéine qui agglutine les globules rouges, est plus redoutable

que l'acide cyanidrique. La ricinine, pour sa part, est un alcaloïde qui provoque des arrêts cardiaques. Résultat : l'ingestion de cinq graines peut tuer un homme. Le ricin contient également diverses protéines allergisantes qui peuvent provoquer de très graves irritations lors de l'inhalation de poussières de graines.



Métamorphoses

Le rilsan B fut synthétisé pour la première fois en France en 1940 à partir de l'acide ricinoléique, extrait des graines du ricin (1). Ce polymère est employé depuis dans des secteurs industriels aussi variés que l'automobile (2), l'électroménager (3) et le sport (4).



çant un plan de sélection de lignées de ricin capables de satisfaire aux exigences de l'agriculture moderne.

Pour avoir deux récoltes par an, et ainsi gagner du temps, les chercheurs sélectionnaient en France des lignées issues de la pousse d'été, et partaient l'hiver au Sénégal planter ces graines françaises. «Quelle ne fut pas notre surprise de constater que nos lignées femelles françaises changeaient de sexe sous le soleil sénégalais et vice versa », s'exclame Alain Bonjean (1), directeur du département Développement et Marketing chez Agrogène (2). Précisons que, tel le maïs, le ricin porte des fleurs des deux sexes sur une même inflorescence, les pourcentages de fleurs mâles et femelles variant selon les plants, et que «toute l'astuce du généticien consiste à sélectionner, au fil du temps, les lignées les plus "féminines", qui sont aussi les plus productives», comme l'explique Alain Bonjean.

Ce changement de sexe, qui compliqua le travail des chercheurs, provient de la différence de photopériode (longueur du jour) entre les deux pays. Cette dernière est de quatorze à quinze heures en été en France, contre douze heures au Sénégal, ce qui modifie la physiologie du ricin. Au bout de quatre ans, les agronomes ont enfin isolé deux lignées de ricin très féminines, insensibles aux changements d'environnement et en particulier à la photopériode (par conséquent exportables dans le monde entier). Ce sont les variétés L 203 et L 541, déjà cultivées

dans le Sud-Ouest et la région Poitou-Charente.

Mais ces premières surfaces agricoles (450 ha) n'ont qu'une valeur symbolique. Les responsables de l'Onidol se battent pour obtenir des subventions de la CEE afin d'encourager la culture du ricin dans le cadre d'une reconversion des terres "gelées", où toute culture alimentaire est interdite. Pour l'instant, un hectare de ricin rapporte, à l'agriculteur, de 15 à 20 quintaux, soit une marge brute de 9 000 F, contre environ 5 000 F pour la même surface plantée en tournesol. L'Onidol essaie de convaincre les experts de Bruxelles d'apporter une aide de 3 000 F à 4 000 F par hectare aux exploitants se lançant dans l'aventure. «Mais les récentes discussions autour des accords du GATT (3) remettent en cause de telles espérances», précise Bernard Monteuis, de l'Onidol. De plus, l'année dernière, une punaise parasite (*Nezara vidua*), sévissant habituellement dans les champs de soja s'est attaquée aux cultures de ricin, diminuant les rendements de 5 à 6 quintaux à l'hectare. Il va donc falloir traiter les plantations. La culture du ricin en Europe sera-t-elle la nouvelle arlésienne de la politique agricole communautaire ? **Didier Dubrana**

(1) Alain Bonjean est l'auteur d'un excellent livre, *le Ricin*, édité aux éditions Galilée, 14 bis rue du Ratrait, 92150 Suresnes.

(2) Groupe privé travaillant sur l'identification du génome végétal.

(3) General Agreement on Tariffs and Trade, organisme qui réglemente les échanges commerciaux mondiaux.

PAR JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR

LES OREILLES DE L'ÉTAT

Jusqu'ici, l'organisme le plus secret du pays ne jouissait d'aucun statut juridique. Il opérait dans les limbes. Son existence est maintenant officiellement reconnue, réglementée.

Glasnost à la française.

Science & Vie a été admis dans les coulisses de cette officine d'espionnage : le Groupement interministériel de contrôle, au 51 bis boulevard de la Tour-Maubourg, Paris VII^e.

Des grilles lourdement gardées, un bunker à demi enfoui dans les jardins de l'Hôtel des Invalides : le Groupement interministériel de contrôle (GIC) fonctionne depuis des décennies dans une quasi-clandestinité. Sa patente : une circulaire occulte préparée en 1960 par Constantin Melnik, chargé des questions de renseignement auprès du Premier ministre d'alors, Michel Debré, qui approuva et signa ce mystérieux document. Deux seuls exemplaires de la "circulaire Debré" existent, l'un dans les coffres de Matignon, l'autre dans ceux du GIC.

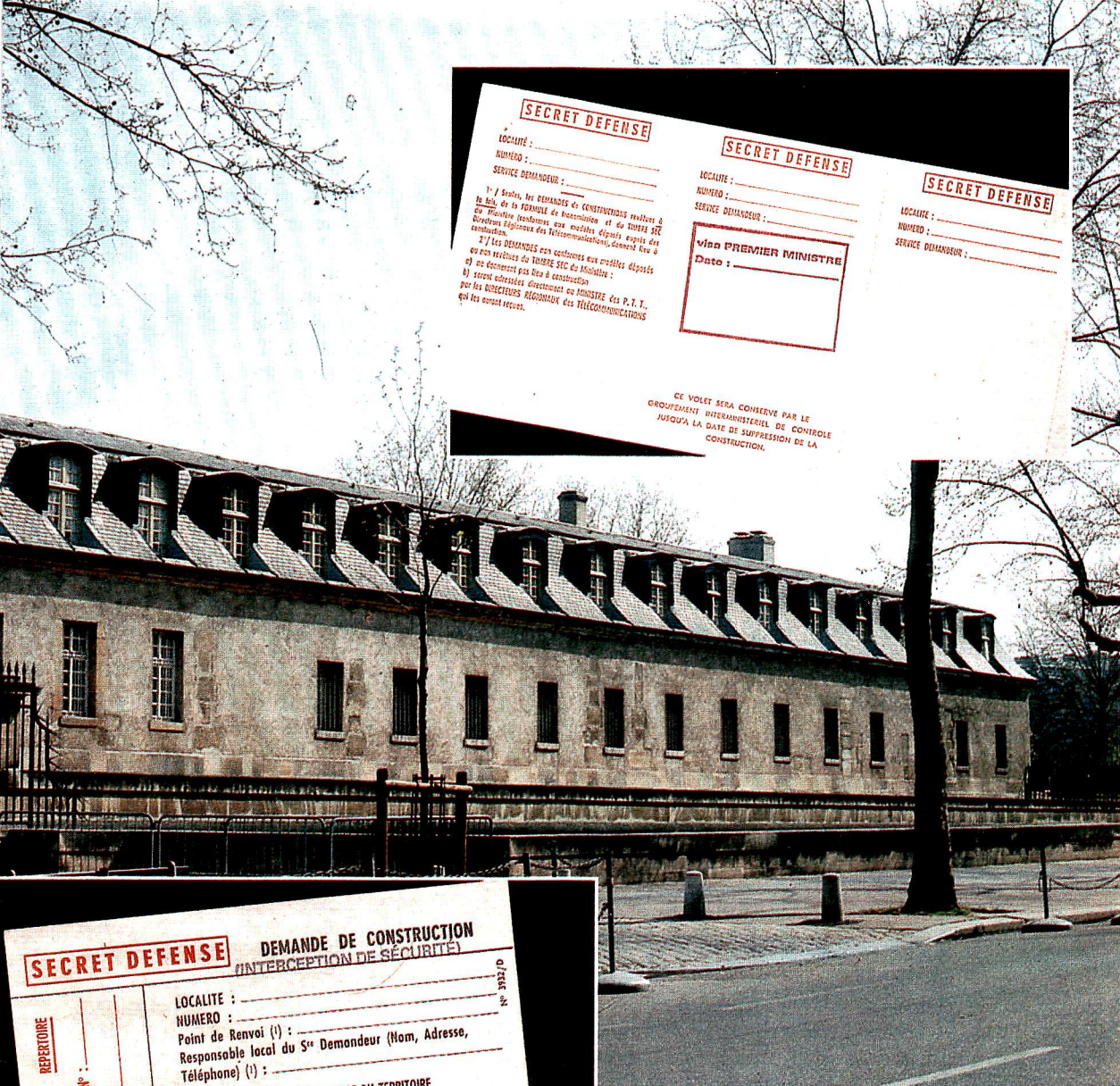
La Gestapo, sous l'occupation, avait mis en place un réseau de surveillance téléphonique dont les câbles empruntaient, notamment, les égouts de la capitale. Les autorités françaises l'ont utilisé après la guerre. Les centres d'enregistrement étaient installés dans les forts du Mont-Valérien, du Kremlin-Bicêtre et de Pantin. Aujourd'hui, les lignes sur écoute aboutissent à l'adresse du VII^e arrondissement ; un système parallèle aux liaisons téléphoniques publiques relie au siège du GIC la cinquantaine de centres de transit de Paris et de sa proche région. L'Essonne et les Yvelines sont un cas à part ; ici, quelques lignes seulement sont connectées au GIC ; il existerait donc dans cette zone des annexes



non identifiées du GIC, chargées des écoutes locales.

Le dispositif de province est largement décentralisé. Hormis Lyon, qui dispose d'une antenne du GIC située dans un fort militaire avec une cinquantaine de lignes, l'infrastructure d'écoutes repose, dans les grandes villes, telles que Marseille et Lille, sur des locaux spécialisés des commissariats, des brigades de gendarmerie, ou encore des habitations louées pour l'occasion dans le cadre d'une enquête précise. En tout, 120 centres d'écoutes téléphoniques fonctionnent en province et outre-mer.

Pour les seules écoutes dites "administratives" – nous verrons qu'il existe d'autres types d'interception des communications privées –, on comptait fin mars, au moment de notre visite, 1 060 abonnés surveillés par les "grandes oreilles" de l'Etat. Chiffre inférieur au "contingentement" autorisé de 1 180,



SECRET DEFENSE

DEMANDE DE CONSTRUCTION
(INTERCEPTION DE SECURITE)

REPETOIRE
N° : _____

LOCALITE : _____

NUMERO : _____

Point de Renvoi (1) : _____

Responsable local du S^e Demandeur (Nom, Adresse, Téléphone) (1) : _____

Le DIRECTEUR DE LA SURVEILLANCE DU TERRITOIRE

(1) Ne remplir que si le renvoi doit être fait hors des Centres déjà reliés par câbles concédés.

DATE : _____

N° d'Enregistrement du S^e Demandeur : _____

SECRET DEFENSE

AUTORISATION DE CONSTRUCTION
(INTERCEPTION DE SECURITE)

REPETOIRE
N° : _____

LOCALITE : _____

NUMERO : _____

DECISION DU MINISTRE DE L'INTERIEUR : _____

AUTORISATION DU MINISTRE DES P. T. T. : _____

DATE : _____

REPETOIRE GENERAL

SECRET DEFENSE

Un carton très confidentiel

Dans les sous-sols de l'Hôtel des Invalides, se cache le plus gros centre d'écoutes téléphoniques de France. C'est là qu'espionnent, en permanence, les services secrets, les Renseignements généraux et d'autres organismes d'Etat. Voici à quoi ressemble une "demande de construction", alias une mise sur écoute. De couleurs différentes suivant les services demandeurs, ici la Direction de la surveillance du territoire (DST), ce "carton" doit être visé par deux ministres (recto) et également par le Premier ministre (verso). Pour s'épargner cette procédure, certains services ne font-ils pas des écoutes sauvages ?

dont 650 pour la région parisienne, 530 pour la province ; le régime des quotas et de la mesure s'applique même à l'espionnage téléphonique. Cette limite peut d'ailleurs être dépassée si des événements exceptionnels – terrorisme, guerre – l'imposent. En fait, même dans ce domaine d'importance nationale, il faut compter avec les contingences matérielles : à Paris, la surface des locaux ne permet plus guère d'augmenter de plus de 30 % le nombre de lignes mises sur écoute. Déjà, lorsqu'il s'est agi d'accueillir le service des douanes aux Invalides, on a connu des problèmes d'occupation des bureaux. La province respire mieux : on pourrait facilement y doubler le nombre d'écoutes.

Le chiffre limite de 1 180 écoutes permises est d'ailleurs trompeur. Il est rare, en effet, qu'une même ligne soit surveillée très longtemps. Dès qu'une enquête aboutit, ou que le guet téléphonique s'avère sans intérêt, on se branche sur un nouveau "client". Ce sont donc, en réalité, quelque 3 200 abonnés du téléphone qui, chaque année, en France, sont placés sur écoute administrative pour une durée plus ou moins longue.

Hormis les douanes, fraîchement arrivées, chaque administration possède ses "locaux réservés", généralement quatre ou cinq salles en enfilade, répartis sur deux niveaux souterrains. La lumière extérieure parvient par un patio central, filtrée par une verrière semi-opaque. Les "lecteurs", casques sur les oreilles devant leur enregistreur de cassettes, transcrivent à la main les bouts de conversation jugés relatifs à l'affaire en cours, notent l'heure d'appel et le numéro du correspondant. Tâche infiniment fastidieuse.

Un lecteur sur trois est un interprète. Il arrive pourtant qu'on ait besoin de comprendre une langue que personne, dans la maison, ne pratique. On fait alors appel à des étrangers du dehors, triés sur le volet. Ils ne sont d'ailleurs pas admis dans le Saint des Saints : une cabine leur est réservée au rez-de-chaussée.

Le sanctuaire français de l'espionnage téléphonique est commandé par un général anonyme – le nom est un "secret défense". Il a 160 personnes sous son autorité directe, sans compter les 240 policiers affectés au centre, à titre permanent ou intermittent, tous habilités "secret défense". La maison fonctionne en vase clos, avec son propre corps d'artisans – cuisiniers, menuisiers, électriciens. Ici, on travaille strictement en famille. Ce sont les techniciens du GIC qui eux-mêmes ont assemblé les répartiteurs et les batteries de magnétophones de la grande "salle d'aiguillage", ainsi nommée parce qu'au lendemain de la guerre ce sont des cheminots issus de la Résistance qui géraient ce service. Seul intervenant de l'extérieur : le dépanneur de photocopieuse. Quand il

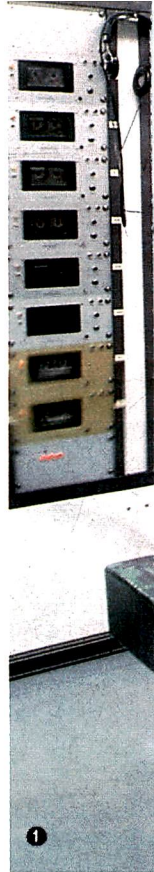
vient, on fait le vide des papiers autour de la machine et chacun de ses gestes est épié par les policiers de garde.

Trois administrations ont accès aux services très spéciaux du GIC. Le ministère de l'Intérieur se taille la part du lion : sur le contingent global de 1 180 lignes d'écoutes, 928 lui sont affectées. Le ministère de la Défense dispose de 232 lignes, que se partagent la Direction générale de la sécurité extérieure (DGSE), notre service de renseignement, et, dans une moindre mesure, la Direction de la protection et de la sécurité de la défense (DPSD). Les Finances n'ont que 20 lignes, réparties équitablement entre les douanes et le TRACFIN (Traitement et action contre les circuits financiers clandestins). L'organisme de lutte contre le blanchiment de l'argent "sale".

La "clientèle" se recrute dans des milieux très divers : espions, terroristes, malfaiteurs de tout poil liés au trafic de la drogue ou au grand banditisme, et tout individu susceptible de porter atteinte à la sécurité de l'Etat. Une définition qui recouvre beaucoup de monde, y compris les écologistes antinucléaires des régions de Chooz, Creys-Malville et Golfech ! Ce qui explique la prédominance des gens de l'Intérieur dans les salles d'écoute du GIC : sur les 928 lignes qui leur sont allouées, 320 reviennent à la police judiciaire, dont 175 à Paris.

La Direction de la surveillance du territoire (DST), service de contre-espionnage qui lui aussi dépend de l'Intérieur, occupe 300 lignes dont 158 à Paris, et elle en réclame davantage. La seule surveillance des ambassades étrangères ne consomme-t-elle pas déjà une bonne fraction de sa quote-part de lignes ? Quant aux Renseignements généraux (RG), dotés selon beaucoup d'un pouvoir excessif, ils ont droit à 276 lignes, dont 146 à Paris. La très discrète commission chargée par le Premier ministre, en 1981, d'une étude sur les écoutes téléphoniques, s'était déjà étonnée du nombre d'écoutes pratiquées par ce service, qui «lui a paru, *a priori*, élevé, surtout lorsqu'on le compare au contingent attribué au ministère de la Défense». Le rapport Schmelck, du nom du président de la commission, n'a toujours pas été rendu public. Un manque regrettable étant donné l'importance du sujet pour le citoyen et la qualité d'information du rapport.

Que pensent aujourd'hui les quelque vingt membres de cette commission, magistrats et hauts fonctionnaires pour la plupart (Schmelck était à





VISITE AU CŒUR DE L'ESPIONNAGE LÉGAL

Dans la vaste salle d'enregistrement (1) du Groupement interministériel de contrôle (GIC), aboutissent toutes les lignes des abonnés "écoutés". Au fond, de grandes armoires d'interception (2), regroupant chacune cent lignes, sont équipées d'un concentrateur qui décode la numérotation et adjoint à chaque appel son heure grâce à une liaison avec l'horloge parlante. Ces armoires commandent les enregistreurs à cassette répartis sur quatre

rangées de 150 appareils chacune (1). Au bout d'une heure d'écoute, durée d'une cassette – qui défile à mi-vitesse afin d'en accroître la durée –, la conversation bascule vers une cassette "de débordement", dans un enregistreur situé dans l'une des deux rangées inférieures, colorées en jaune. Simultanément, un petit voyant lumineux s'allume sur le magnétophone ainsi qu'une grosse ampoule rouge située au-dessus de chaque bloc de 30 appareils, tandis

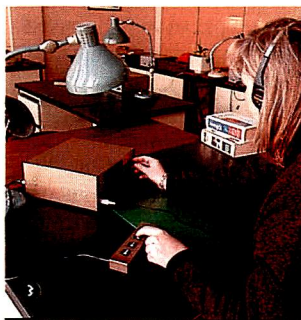
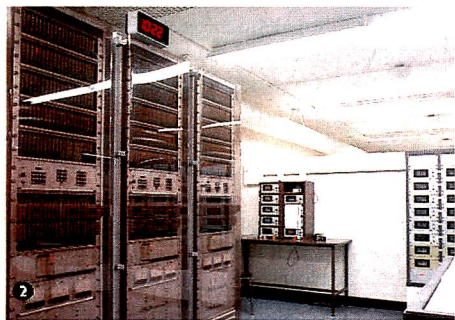
qu'un gyrophare orange équipé d'un "buzzer" se met à tourner au début de la travée, pour alerter le personnel chargé du changement de cassette. Au centre de la salle, au-dessus de la table, s'entassent les cassettes disponibles – il y en a environ 5 000 en circulation. En bout de table se trouvent les effaceurs, puisque les conversations ne peuvent être conservées plus de dix jours.

Sur la table, on distingue les "porte-étiquettes" où sont insérées les fiches permettant de

repérer quel enregistreur correspond à tel abonné, ainsi que la date de la "construction" ou mise sur écoute et la date et l'heure des communications.

Sous la table, des caisses en bois servent à transporter les cassettes vers les différents services. Ils ont chacun leurs salles d'écoute (3) où les "lecteurs" notent sur une fiche, où ne figure qu'un nom de code, ce qui leur semble intéressant.

Dans une partie de la grande salle, une batterie de 12 enregistreurs de fax produit un millier de pages chaque jour, rangées méthodiquement dans des chemises. Le GIC peut mettre une centaine de télécopieurs sur écoute. Actuellement, cet organisme étudie la possibilité d'enregistrer les fax sans les imprimer. Il suffit de pouvoir les visualiser sur un écran (**voir encadré p. 110**) pour sélectionner les pages intéressantes, une sur cent en moyenne !



l'époque président de la Cour de cassation), en constatant combien les écoutes administratives se sont multipliées depuis ? Entre 1981 et 1982, le contingentement est passé de 927 à 1 180, une augmentation de 17 % pour les militaires et de 27,3 % pour les policiers. Les plus grands bénéficiaires étant les RG (plus de 30 % de mieux en dix ans).

Le chef du GIC nous a affirmé solennellement que dans ses huit années à la tête de l'organisation, il n'y a jamais eu d'écoute politique visant des parlementaires, des responsables syndicaux ou des journalistes. Le général X n'a d'ailleurs accepté ses fonctions, dit-il, qu'à cette condition. Or, nous savons que les écoutes politiques existent, mais qu'elles passent vraisemblablement par d'autres circuits.

Et si les journalistes ne sont pas mis sur table d'écoutes à leur domicile, la rédaction de leur journal peut très bien l'être. Le rapport Schmelck rappelle que l'incrimination d'atteinte à la vie privée suppose que les propos captés ont été prononcés dans un lieu privé. Or, la jurisprudence considère que les locaux d'un journal ne sont pas un lieu privé. D'où l'ordonnance de non-lieu rendue dans l'affaire des "plombiers" du *Canard Enchaîné* en 1976.

L'éthique du GIC n'a pas toujours été ce qu'elle paraît être aujourd'hui. Autres temps, autres mœurs. Il semble bien qu'à une époque les écoutes politiques étaient monnaie courante, ce qui d'ailleurs déclencha une enquête parlementaire, en 1973, qui dura plusieurs mois. La commission chargée de la mener, présidée par Pierre Marcilhacy, se heurta à un mur. On lui claqua au nez les portes du GIC. Sa lettre au chef de l'Etat, Georges Pompidou, et au Premier ministre, Pierre Messmer, fut carrément ignorée. Aucun membre du gouvernement n'accepta de recevoir ses représentants, excepté Robert Galley, ministre des Armées, qui se décommanda une heure avant le rendez-vous pour lequel seize sénateurs s'étaient spécialement déplacés de leur province. Une véritable valse de la dérobade.

Selon l'estimation de la commission, jusqu'à 5 000 écoutes étaient alors pratiquées par jour. Il en coûtait de 40 à 50 millions de francs par an au contribuable. Le GIC, alors situé avenue de Tourville, occupait 800 personnes, deux fois l'effectif actuel.

Dans son livre *Cartes sur table*, Michel Poniatowski révèle qu'à l'époque où il était ministre de l'Intérieur, les écoutes s'exerçaient «sur des journalistes, des dirigeants syndicaux, des hommes politiques, des membres de cabinets ministériels et jusque sur des ministres». Des candidats aux élections étaient sous surveillance téléphonique, et même de simples citoyens, sous prétexte de sondage d'opinion.

Nos organismes officiels ont de plus en plus de mal

à justifier la légitimité de ces méthodes ; hypocritement, elles s'adressent à des réseaux parallèles clandestins, des officines privées, pour se décharger moralement de ces noires besognes. Des établissements d'Etat comme le GIC ne veulent plus tremper dans ces combines qui, une fois dévoilées, débouchent sur des scandales retentissants comme le Watergate ou, à moindre échelle, sur la mort politique d'un Premier ministre, comme celui d'Irlande, Charles Haughey, contraint de démissionner en janvier 1992 parce qu'il avait mis deux journalistes sur écoute.

Voyez la rocambolesque histoire du Conseil supérieur de la magistrature, dont une des attributions est de proposer au président de la République la nomination de juges en dehors de toute pression politique, afin de garantir l'indépendance de l'autorité judiciaire. En décembre 1987, ses neuf membres reçoivent, sous pli anonyme, la photocopie d'une lettre, adressée par leur présidente à François Mitterrand et concernant les candidats éventuels au Conseil, avec des annotations tendant à influencer le chef de l'Etat. Le scandale se corse lorsque la police arrête trois hommes en train de poser une "brette" sur la ligne téléphonique personnelle d'un huissier du Conseil, soupçonné d'être l'auteur des fuites. Qui a commandité l'opération de mise sur écoute ? Les pistes convergent sur la présidence de la République. Deux des "plombiers" sont d'anciens gendarmes, ex-membres de la cellule antiterroriste de l'Elysée, employés maintenant par une agence de sécurité privée, créée par un de leurs vieux collègues de cette même cellule.

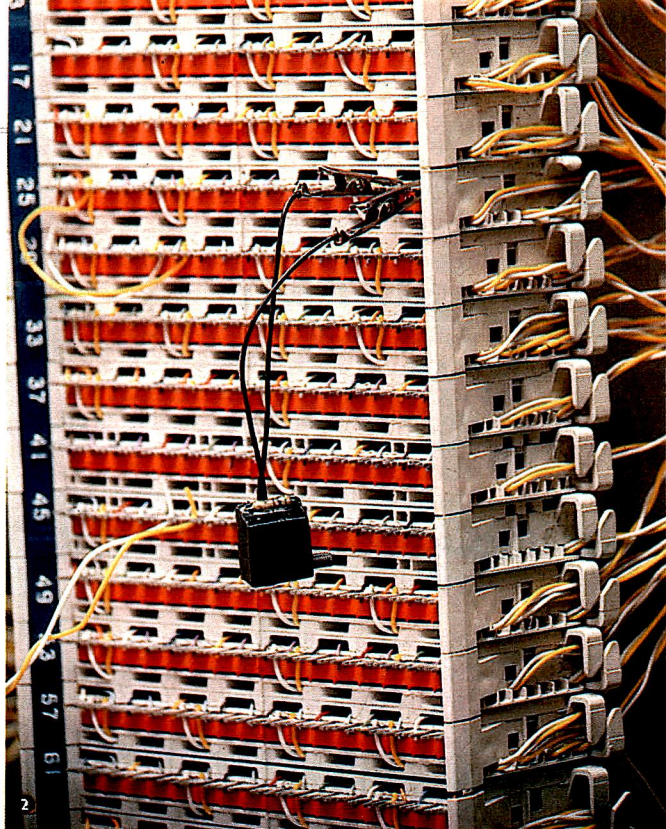
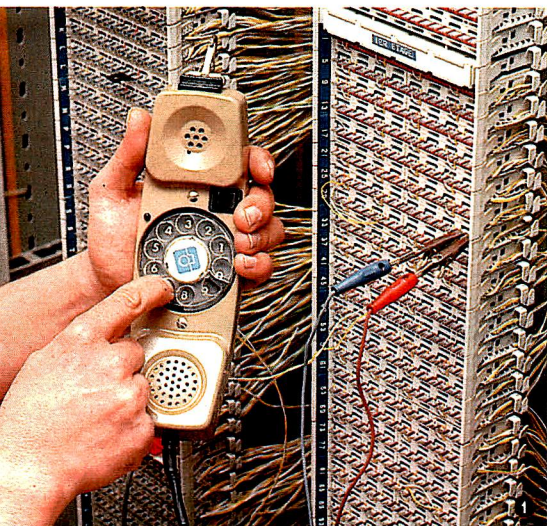
Dans cette affaire, les coïncidences sont troublantes. La voiture utilisée par les "plombiers" a été achetée à la femme d'un conseiller de ministre par le proche d'un commandant de gendarmerie impliqué dans une autre fameuse magouille élyséenne.

Quatre ans après cette aventure, qu'en reste-t-il ? L'huissier, témoin principal, est mort du sida. La voiture a fini à la casse. Le magistrat chargé de l'affaire s'est suicidé. L'ironie veut que les trois compères se soient vraisemblablement fait piquer parce que leur patron était lui-même sur écoute ! On comprend que le GIC ne tienne pas à se mouiller dans ce genre d'entreprise scabreuse ; l'Etat préfère laisser ce travail au secteur privé.

Ballotée entre les gouvernements successifs mais jamais votée, la loi qui réglemente les écoutes téléphoniques a enfin été adoptée le 10 juillet 1991, conférant une existence légale au GIC qui, jusque-là, vivait dans une sorte d'illégitimité officielle. Cet organisme, du fait même de son statut inexistant, pouvait se permettre n'importe quoi. En 1975, pourtant, la procédure pour engager une écoute est devenue bien

Comment poser une écoute ?

Première opération (1) : repérer la bonne ligne dans le sous-répartiteur où sont groupées toutes les lignes des abonnés d'un immeuble. Situées dans le sous-sol ou au rez-de-chaussée, ces armoires sont rarement fermées à clef. Il suffit de brancher les fils d'un combiné portable sur la ligne, à l'aide des deux pinces crocodile. Deuxièmement (2) : placer le petit micro-émetteur sur la ligne repérée. Enfin, à l'aide d'un récepteur (3), écouter à distance les conversations.



plus sévère ; cette année-là, Valéry Giscard d'Estaing, président de la République, exige avec fermeté la suppression de toute surveillance téléphonique d'ordre politique. C'est qu'il avait été personnellement échaudé, ayant été lui-même "écouté", alors qu'il était Premier ministre, par son patron Georges Pompidou, qui déclarait pourtant sentencieusement qu'«on ne dirige pas un Etat en écoutant aux portes».

La nouvelle loi n'a donc fait qu'officialiser l'existence des écoutes administratives, pudiquement rebaptisées "interceptions de sécurité", mais toujours appelées "constructions" dans le jargon policier.

La demande d'interception, soumise à un contrôle hiérarchique très strict comme il est de règle dans une administration, donne lieu à l'établissement d'un document de base dit "carton", destiné au GIC (voir encadré p. 105). Ce carton, qui comporte trois volets détachables, est de couleur différente selon le service concerné : gris pour la DST, bleu pour la DGSE, vert pour la DPSS, orange pour les RG, jaune pour la PJ et les RG parisiens, rose pour les douanes, violet pour le TRACFIN.

Le volet supérieur, dit "demande de construction", doit être signé par le directeur du service demandeur, au plus haut niveau, par exemple le patron suprême de la surveillance du territoire dans le cas de la DST. Le volet central, dit "autorisation de construction", est destiné à recueillir dans un premier temps l'aval du ministère concerné - Intérieur, Défense, Finances. Puis, une fois que le Premier ministre ou son délégué a donné son accord en visant le dos du volet central, il faut encore l'autorisation du ministre des PTT. Enfin, sur le volet inférieur, dit "répertoire général", figurent le nom, la localité, le numéro de téléphone de l'abonné, ainsi que le motif invoqué à l'appui de la demande.

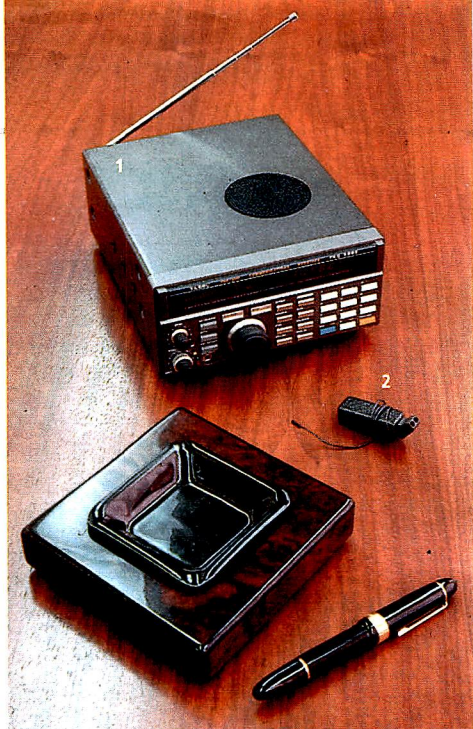
Lorsque le carton couvert par le "secret défense" arrive au GIC, il porte déjà deux signatures, celles du chef de service demandeur et de son ministre de tutelle. Il revient alors au général X, patron du GIC,

Les espions au bureau

Il est facile de camoufler dans un objet usuel un micro-émetteur qui transmet par onde radio à un récepteur (1) les sons captés sous forme d'impulsions électriques. Le micro-émetteur est constitué d'un microphone relié à un émetteur miniaturisé contenu dans un boîtier percé d'un minuscule orifice à la hauteur du microphone, avec une antenne extérieure ou incluse, l'alimentation étant fournie par une pile. La portée de ces appareils, commercialisés par la société Cofrexport, varie en fonction de leur puissance d'émission : de 15 à 20 m pour le stylo, 25 m pour le cendrier. Le petit micro-émetteur (2), destiné à être branché à n'importe quel endroit de la ligne téléphonique d'un abonné, et alimenté cette fois par le courant présent sur la ligne elle-même, a une portée d'environ 500 m.

muni de son lot hebdomadaire de "demandes de construction", de se présenter à Matignon pour obtenir le visa du Premier ministre, et de se rendre ensuite chez le ministre des PTT pour que celui-ci appose personnellement sa signature sur le document. Cette procédure paperassière peut être court-circuitée en cas d'extrême urgence ; la "construction" est alors autorisée sur simple accord verbal des services du Premier ministre, la régularisation écrite devant intervenir au plus tard dans les deux jours.

Pour lancer une opération, il faut encore que le volet supérieur du carton, revêtu du timbre du général X, soit remis en main propre au directeur régional des Télécom dont dépend l'abonné en question, par un des quatre fonctionnaires de la cellule spéciale des PTT détachés en permanence auprès du GIC. Ces mêmes agents des PTT effectuent matériellement les renvois de lignes des centres de transit téléphoniques vers le GIC. En province, leurs homologues viennent généralement au moment des pauses, à l'heure du déjeuner ou en fin de journée, placer discrètement les



"bretelles" ou "jarretelles" dans les répartiteurs des centraux, les centres de transit étant généralement trop éloignés des abonnés.

Avec la commutation électronique, il n'est même plus besoin de poser physiquement une "bretelle" ; une manipulation informatique suffit, invisible aux yeux du personnel du central qui avait l'habitude d'arracher les dispositifs de dérivation en signe de protestation contre la société policière. A Paris, de 65 % à 90 % des lignes dépendent d'un central électronique.

Reste maintenant à suivre les conversations qu'on veut espionner. L'écoute se fait rarement en direct, sauf dans les affaires très chaudes. Dans la quasi-totalité des cas, les communications sont enregistrées. Chaque ligne surveillée livre trois ou quatre cassettes

Les fax sont écoutés

Ce contrôleur portable, commercialisé par Cofrexport, permet, par exemple, d'enregistrer tous les fax d'un concurrent. Il suffit de brancher un fil, raccordé à cet appareil, sur la ligne de l'abonné "espionné", la télécopie empruntant le réseau téléphonique. Cette dérivation peut être faite à n'importe quel point de la ligne, au répartiteur comme à 2 km... Il se distingue d'un télécopieur quelconque par le fait qu'il ne crée aucune perturbation sur la ligne et est donc indétectable.



d'une heure chacune par jour. Pas question, évidemment, de tout retranscrire : les "lecteurs" relèvent uniquement les passages qui ont trait au motif de la surveillance. Les fiches sont ensuite dactylographiées. Tous les jours, l'adjoint du général X, le colonel Y, dépouille les quelque 800 feuillets qui sont la moisson quotidienne du GIC. Précisons, d'emblée, que les procédures ne sont pas aussi rigoureuses en province qu'en Ile-de-France, comme l'avait déjà noté dans ses conclusions le rapport Schmelck.

La nouvelle loi fixe la durée maximale d'une mise sur écoute à quatre mois – elle est de trois en Allemagne et de deux en Grande-Bretagne. Cette période est reconductible à condition que soit renouvelée la procédure administrative déjà écrite.

Au maximum dix jours après la fin d'une mise sur écoute, les bandes magnétiques sont effacées, le carton est détruit. Seule mémoire qui reste de l'événement : le "répertoire" qui recense le nom et le numéro de téléphone des personnes qui ont fait l'objet d'une surveillance. Précieux outil de vérification, il permet à la Commission de contrôle des interceptions de sécurité de s'assurer qu'aucun abus n'a été commis par l'administration. Cette commission, instaurée par la loi de 1991 et inspirée de la Commission nationale informatique et liberté (CNIL), se compose d'un président désigné par le chef de l'Etat parmi quatre noms proposés, et de deux parlementaires, dont l'un doit nécessairement appartenir à l'opposition. Si la commission a toute latitude pour contrôler le bien-fondé des écoutes demandées, elle n'a pas le pouvoir de faire cesser une écoute administrative qu'elle jugerait illégitime. Tout au plus peut-elle présenter à ce sujet des recommandations au Premier ministre. Mais comme elle publie un rapport annuel où figurent ces recommandations et la suite qui leur a été donnée, tout porte à penser que ses avis seront pris en compte.

En revanche, la commission est impuissante à contrôler les écoutes "judiciaires", qui sont une toute autre affaire, quoique régie par la même loi de 1991. Sans l'intervention de la Cour européenne des Droits de l'homme, le vide juridique dans ce domaine aurait probablement subsisté, malgré les

états d'âme périodiques de certains parlementaires. Le 24 avril 1990, la Cour européenne, qui siège à Strasbourg, condamnait la France dans deux affaires d'écoute judiciaire. L'une concernait un couple de commerçants de Haute-Marne poursuivis pour fraude fiscale et qu'un juge d'instruction avait fait mettre sous surveillance téléphonique. Dans l'autre, il s'agissait d'un homme arrêté en 1982 pour l'assassinat d'un banquier ; l'écoute avait permis de lui imputer un autre crime, aggravant ainsi sa peine. Sans se prononcer sur le fond, la Cour européenne conclut à la violation par la France de la Convention des Droits de l'homme, et condamna notre gouvernement à verser 20 000 F à l'assassin au titre de frais et dépens.

Cabines indiscreètes ...

France Télécom enregistre systématiquement tous les numéros (ainsi que la date et la durée de l'appel) composés vers l'étranger à partir de quelque 200 000 cabines téléphoniques de l'Hexagone.



LES ÉCOUTES LUMINEUSES

Derniers-nés parmi les appareils destinés à capter clandestinement les conversations : les récepteurs de micro-infrarouges. En voici

deux modèles, fabriqués par Crelec Electronique, une société spécialisée dans les écoutes et les moyens de protection.

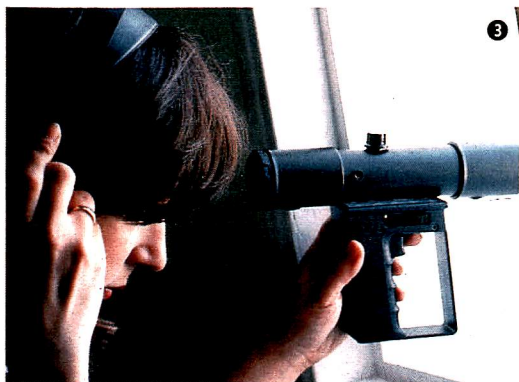
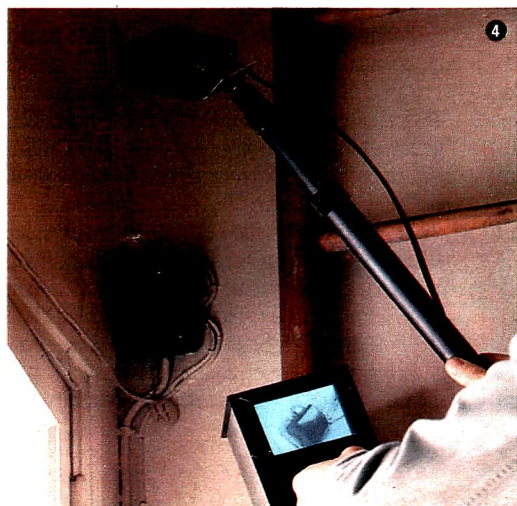
Comment fonctionnent-ils ? Il suffit de dissimuler dans la pièce "espionnée" un micro-émetteur, dont il existe aujourd'hui des versions miniaturisées capables de capter une conversation dans un rayon de 10 à 15 m. Au lieu de traduire le son en fréquences radioélectriques, comme la majorité des micros, il envoie un faisceau lumineux infrarouge, dans la gamme 800 à 1 000 nanomètres, et donc invisible à l'œil nu. Ce faisceau, alimenté par une pile de 9 volts ou par le secteur, est modulé par un oscillateur. Seule précaution : veiller à ce que le minuscule orifice par où s'échappe la lumière soit dirigé vers le récepteur (1).

Celui-ci comprend une lu-

nette de visée (partie supérieure du récepteur) qui permet de repérer l'axe de la diode d'émission. La lunette inférieure capte le faisceau infrarouge, le démodule et le reconvertit en ondes sonores qui sont transmises à un amplificateur – situé ici dans la poche du blouson –, avant de parvenir au casque d'écoute.

On peut aussi utiliser un récepteur parabolique (2), d'un aspect moins menaçant que le précédent et demandant moins de précision pour récupérer le signal lumineux ; ce matériel est toutefois davantage adapté à la nuit qu'au jour, durant lequel il reçoit trop de signaux parasites. Ces deux appareils peuvent également servir aux écoutes téléphoniques, si le microphone est couplé à un adaptateur relié au téléphone de la personne "espionnée".

Toutefois, chaque fois que naît un nouveau type d'écoute, apparaissent rapidement sur le marché les moyens de le déceler. Ainsi, le détecteur CRE 302 (3) localise toute émission infrarouge dans un rayon de 1 à 10 m, ce qui se traduit par un signal sonore dans le casque de la personne "espionnée", ou, pour une autre version (4), par une tache sur un écran.



parde les cassettes, quitte à les prendre sur le magnétophone déjà branché du voisin. Lu sur le tableau d'affichage d'une brigade : «Hé ! Dès qu'une ligne sera libre, nous la voulons».

Une écoute peut être décidée dès l'instant où une information est ouverte, mais uniquement, désormais, si la peine encourue est au moins égale à deux ans de prison. Il arrive – ce n'est pas rare – que des écoutes demandées par le juge soient déclarées illégales. Ainsi, 28 inculpations tout à fait fondées, dans une affaire de trafic d'antiquités, ont été annulées parce qu'elles reposaient sur 17 589 heures d'enregistrement ; selon l'article 8 de la Convention des Droits de l'homme, les écoutes doivent être d'une "durée raisonnable", ce qui n'a pas été le cas en l'occurrence, a décidé le tribunal correctionnel de Nancy (comme pour l'écoute administrative, la loi de 1991 fixe à quatre mois la durée maximale d'une écoute judiciaire, la demande pouvant être renouvelée si nécessaire). Dans le cas présent, le juge d'instruction avait en outre découvert ce trafic par hasard, grâce aux écoutes certes, mais alors qu'il enquêtait sur d'autres dossiers : motif supplémentaire de nullité.

Entre le noble souci de sauvegarder les droits de l'individu, et celui non moins légitime de prévenir et punir le crime, la justice navigue dans des eaux équivoques. Dans bien des procès, c'est l'écoute téléphonique qui est au banc des accusés plutôt que le malfaiteur qu'elle a permis de confondre. Il arrive même au juge d'instruction de retirer de son dossier la trace de sa commission rogatoire, qui risquerait d'entraîner l'annulation de la procédure. L'écoute est une arme à double tranchant, qui dessert souvent plus qu'elle n'aide celui qui s'en sert, même quand elle a fait la lumière dans une affaire.

On ignore combien d'écoutes judiciaires ont cours en France, parmi les 70 000 informations ouvertes chaque année pour identifier les auteurs d'un crime ou d'un délit. Aucune statistique n'existe à cet égard et les chiffres varient de façon extravagante d'une source à l'autre. Georges Moréas, qui dirigea la brigade antigang de Nice et l'Office central pour la répression du banditisme (1), estime que chacun des 600 juges d'instruction que compte le pays, a toujours au moins une dizaine d'écoutes en train : un total imposant de 6 000 écoutes en cours à tout moment. Le député François Massot, rapporteur du projet de loi qui a abouti au texte de 1991, fait état de 500 à 600 opérations à tout instant donné. Au GIC, le général X considère que le nombre des écoutes administratives – 3 200 par an – représente le quart environ de celui des écoutes judiciaires. Ce qui ferait pour ces dernières un total de 13 000. Mais d'un

autre côté, le général nous a parlé de 20 000 écoutes par an pour toute la France.

Au VIII^e congrès de l'Association française de droit pénal, à Grenoble, en 1985, le professeur Gaëtan Di Marino, de la faculté de droit de Brest, a avancé des chiffres déduits de sa propre enquête dans la circonscription d'Aix-en-Provence. Pour les quelque 500 dossiers ouverts en 1984 par les quatre juges d'instruction aixois, quarante personnes ont été placées sur table d'écoute. La brigade de recherche de la gendarmerie disposait alors dans la région de douze appareils enregistreurs pour ce type de travail.

Les gendarmeries et commissariats n'ont pas tous les budgets pour s'équiper d'un tel matériel. Quand ils en ont besoin, ils le louent à des officines privées, souvent tenues par d'anciens gendarmes ou policiers. Cette pratique très répandue rapporte gros aux professionnels de la location : un appareil dont le prix d'achat n'excède pas 200 ou 300 F, est loué autour de 800 F, considérés d'ailleurs comme frais de justice et facturés à l'accusé s'il est condamné.

Parmi les principaux fournisseurs attirés : la société SPII, qui employait les deux "plombiers" dans l'affaire du Conseil supérieur de la magistrature ; la société Elektron, établie dans le sud de la France ; la société Sentinelle, filiale de Century aujourd'hui interdite d'activité, qui utilisait des policiers après leurs heures de service pour effectuer des écoutes à son compte propre. Car parmi les loueurs de matériel, certains ont une large clientèle "privée", prête à commanditer des écoutes pas très catholiques. Là, il ne s'agit plus de dériver très légalement une ligne à partir d'un central des Télécom, mais de poser une "brette" sur le trajet de la ligne entre le domicile de la victime et le central, le plus simple étant d'intercepter la communication au niveau du sous-répartiteur d'un immeuble en y plaçant un magnétophone miniature. On est ici dans le domaine des écoutes sauvages, bien plus répandues que les écoutes officielles, administratives ou judiciaires.

Chaque jour révèle de nouveaux cas de ce type ; une épidémie d'espionnage téléphonique illégal sévit, véritable poussée de fièvre d'"écoutomanie". En 1988, l'inspection générale de la police nationale, la "police des polices", saisit au siège de la SPII des bandes portant des conversations de personnalités politiques. En octobre 1991, l'appartement de deux journalistes de *Libération* est mis sous surveillance téléphonique par un personnage trouble, Philippe Mourleau, qui prétend ne pas savoir pour le compte de qui il travaille. La capitaine Barril, ancien chef du GIGN – il dirige la société de sécurité Secrets – est entendu le 5 mars dernier, soupçonné d'avoir fait placer une dérivation sur la ligne privée du journaliste Pier-

(suite du texte page 164)

ECHOS DE L'INDUSTRIE

EXPÉRIMENTATION ANIMALE

Un réacteur pour épargner les souris

Aécouter la plupart des scientifiques et des "officiels", on n'utilise les animaux, dans le domaine médical, que pour trouver de nouveaux médicaments qui, demain, guériront les hommes. Cette utilisation serait donc parfaitement justifiée et moralement au-dessus de tout soupçon.

Or, une information en provenance du CEA vient remettre en question ces "nobles" raisons. Mieux, elle montre combien le discours officiel habituel est faux.

De quoi s'agit-il ? De production d'anticorps monoclonaux, sécrétés par les globules blancs du sang, qui participent à notre défense immunitaire : présentant la particularité de reconnaître les molé-

cules étrangères à notre organisme et se fixant sur elles, ils sont utilisés dans certains tests médicaux, grossesse, sida, tumeur cancéreuse à un stade très précoce.

Traditionnellement, on élève des souris, dont on stimule la production d'anticorps. Cela est parfaitement efficace mais "consomme" aussi un nombre considérable de rongeurs. Raisons économiques ou nécessité de faire face à une pression croissante pour la protection des animaux, toujours est-il qu'au centre d'études du CEA de Cadarache des chercheurs sont parvenus à créer un réacteur qui permet de se passer de souris. Il suffisait, en fait, de s'inspirer directement de

leur mode de production de molécules. A l'aide de membranes minérales de filtration, ce réacteur apporte des éléments nutritifs et il en extrait les toxines, comme le font les vaisseaux sanguins. Par le jeu de la vitesse du milieu nutritif liquide qui circule dans le réacteur et de la répartition des pressions exercées sur les membranes, on obtient le débit et le filtrage voulus. «Un réacteur de ce type, dit-on au CEA, peut remplacer plusieurs milliers de souris.»

Ce qui a été fait à Cadarache ne peut-il être fait ailleurs ? Pour d'autres soins donnés à l'homme ? Pour d'autres animaux sacrifiés simplement parce qu'on va au plus vite et au plus facile ?

RECHERCHE

L'université toulousaine maître d'ouvrage de sa faculté

Disséminés jusqu'alors au hasard des salles disponibles, les chercheurs de la faculté toulousaine du Mirail auront désormais leur bâtiment spécifique, avec laboratoires, bureaux, centre informatique, amphithéâtres, salles de réunion, "cellules" pour accueillir les chercheurs de passage ou les étudiants "thésards". Les chercheurs "décentralisés" du CNRS y seront aussi accueillis.

Ce bâtiment, dont le financement (35 millions de francs) est assuré par l'Etat et la région, aura, c'est une première en France, l'université pour maître d'ouvrage. Il a été conçu comme un lieu ouvert, «un immeuble communicant, selon la terminologie à la mode», note Dominique Alet, son architecte.

En fait, cette "maison" des chercheurs se présentera sous la forme de trois bâtiments de trois niveaux chacun, reliés par une grande lame de verre offrant une unité de façade. L'ensemble constituera un carré de cinquante mètres de côté sur une vingtaine de mètres de hauteur.

Pose de la première pierre en septembre prochain.

INVENTION

Un lycée pour vos prototypes

Le lycée professionnel Roberval de Breuil-le-Vert, près de Clermont, dans l'Oise, propose une section de "plasturgie" du BEP au Bac professionnel. A ce titre, il dispose d'un équipement important : six presses d'injection et trois d'extrusion avec tous les matériels périphériques associés, du matériel de laboratoire, un ordinateur, etc.

Le lycée, qui travaille déjà avec certaines entreprises et veut élargir ses contacts, a eu

la bonne idée de s'intéresser aux innovateurs dont nous publions les créations dans notre rubrique "Des marchés à saisir". Ceux-ci ont en effet parfois les plus grandes difficultés à réaliser leurs prototypes.

Le lycée propose donc aux entreprises, comme aux inventeurs indépendants, d'entrer en contact avec lui. Leurs idées, plus son matériel, peuvent donner naissance à d'intéressants produits nouveaux, formateurs pour les élèves.

Chaque travail effectué par le lycée fera l'objet d'un accord particulier : selon les cas, les travaux seront gratuits ou facturés à prix coûtant.

Quoi qu'il en soit, chaque dossier sera attentivement étudié et tout innovateur se recommandant de *Science & Vie* recevra une réponse précise. Alors, n'hésitez plus, contactez :

M. C. Folgoas, lycée professionnel Roberval, 10 rue du Grez, 60607 Clermont Cedex.

Océanopolis : vitrine de la mer et clinique des phoques



Centre de culture scientifique, technique et industrielle pour tout ce qui touche à la mer, trait d'union entre les chercheurs, les professionnels et le grand public, Océanopolis, à Brest, dispose d'une réalisation originale : la "clinique des phoques".

De la Côte d'Emeraude, au nord de la Bretagne, à celle de l'Atlantique, chaque année s'échouent en France une vingtaine de jeunes phoques gris, affaiblis par les tempêtes. Ils sont recueillis soit directement par la clinique des phoques d'Océanopolis, soit par celle de La Rochelle, qui n'est en fait qu'un centre de transit. A Brest, les bébés phoques sont isolés dans des bacs où un vétérinaire les examine et leur prodigue les soins nécessaires. Puis on les force, si besoin est, à se nourrir, pour leur faire récupérer leur énergie.

Lorsque les animaux sont

physiologiquement sains, ils sont placés dans des bassins extérieurs où l'on vérifie leur réserve de graisse (qui leur permet de supporter la température de l'eau), leur agressivité naturelle, leur aptitude à attraper du poisson vivant, à nager, à vivre avec leurs congénères.

Dès que tous ces tests se révèlent bons et que le poids du phoque avoisine les 30 kg, ce qui est son poids normal au

moment où il quitte sa mère (à sa naissance un phoque pèse de 5 à 6 kg, à l'âge adulte environ 300 kg), il est transféré dans un bassin de "désacclimatation", où il se déshabitue de l'aide et des soins humains, puis il est relâché dans son milieu naturel, le plus souvent en rade de Brest, car la mer y est rarement forte.

Océanopolis, musée dont la matière est vivante, présente actuellement, et pour deux ans, une exposition sur la diversité du monde des algues et leurs multiples domaines d'utilisation. Point d'orgue de cette exposition : le XIV^e Symposium international sur les algues marines, qui se tiendra du 16 au 21 août 1992 à Brest et à Saint-Malo. A cette réunion, qui a lieu tous les trois ans sur un continent différent, devraient assister environ sept cents chercheurs et industriels venus de soixante pays.



■ Comment relancer le marché saturé des calculatrices de poche ?

Les constructeurs se donnent de plus en plus de mal pour créer des produits originaux. Casio présente ainsi une calculatrice qui mesure le degré d'hygrométrie et la température toutes les minutes, et qui mémorise ces données pendant vingt-quatre heures consécutives. Pour les fans de la météo...

■ L'usinage assisté par laser devrait se développer dans l'industrie.

Dans cette application, on ne demande plus au laser de découper, ou de souder, mais de chauffer localement la zone d'action des outils de coupe. Des essais menés sur des tours au laboratoire laser de l'Ecole centrale de Paris, notamment, ont montré qu'une telle technique permettrait non seulement d'améliorer les performances des outils, mais aussi de prolonger leur durée de vie de 30 % à 50 %.

■ Du design dans les travaux publics.

La firme japonaise Komatsu, deuxième fabricant au monde de pelleteuses, a trouvé un moyen original d'augmenter ses ventes. Elle a demandé à un designer réputé au Japon pour ses motos, de repenser l'esthétique d'une gamme de mini-pelleteuses destinées aux travaux urbains. Il compte bien ainsi devenir le numéro un mondial sur ce marché en pleine expansion.

■ L'Institut de la vigne et du vin, qui doit être construit en Bourgogne sur le campus Montmuzard de l'université de Dijon,

regroupera dans un bâtiment de 2 500 m² les laboratoires d'œnologie et des sciences de la vigne de l'université de Bourgogne. Sa vocation : se consacrer aux problèmes spécifiques de l'œnologie et des vignobles septentrionaux.

AUTOMOBILE

Le "bolide solaire"

Cette curieuse petite voiture électrique, qui fonctionne à l'énergie solaire, est la première de son genre que l'on puisse prendre au sérieux en matière de vitesse et d'autonomie. Sa batterie lui permet en effet de couvrir une distance de plus de 400 km (sa consommation de courant se limite à 4-5 kW/h par 100 km) sans recharge et d'atteindre une vitesse de 125 km/h. Elle présente, en outre, une sécurité comparable à celle des voitures classiques, alors que, jusqu'à présent, les véhicules électriques,

surtout solaires, terriblement allégés, étaient fort dangereux. Les tests de collision ont été effectués : cette voiture, bien que de construction ultra-légère, est aussi sûre qu'une autre.

Elle a été construite par Ciba-Geigy, ce qui atteste la valeur des matériaux allégés. On y

trouve donc les composites les plus modernes, depuis les pré-imprégnés à partir de tissus de fibre de carbone et de résine époxy, jusqu'aux nids d'abeille Nomex. Les composites de Ciba-Geigy présentent déjà de nombreuses autres applications, en particulier dans l'in-

dustrie aéronautique et en matière d'énergie renouvelable, où la division spécialisée de la firme participe à la construction d'éoliennes. Ciba-Geigy montre l'exemple : elle dispose elle-même de sa propre installation d'énergie solaire et d'un parc de voitures solaires.



AGRICULTURE

L'électronique mesure l'ensoleillement des champs

La connaissance de la quantité de rayonnement solaire reçu par le couvert végétal constitue une mesure indispensable pour établir un diagnostic fiable sur l'état et l'évolution des cultures. Grâce à ce diagnostic, on peut apprécier la croissance des plantes et décider au mieux et au moindre coût des interventions techniques nécessaires : apport d'eau et d'engrais, notamment.

Jusqu'ici, cette mesure ne pouvait être que déduite de paramètres indirects - surface des feuilles, poids des matières sèches, etc. Elle était contraignante à effectuer pour l'agriculteur : celui-ci devait avoir recours à des laboratoires, seuls à même de mener les opérations nécessaires.

Un nouvel appareil électronique portable mesurant le rayonnement solaire intercepté par le couvert végétal, le Picqhélios, permet aujourd'hui à l'agriculteur de

procéder lui-même, facilement et rapidement, à autant de mesures qu'il le souhaite en différents points de son exploitation soumis à des micro-climats différents.

L'appareil a été mis au point et commercialisé par la firme

Aéric (Aérodrome de Lasbordes, 31130 Balma, tél. : (16) 61 54 01 89, fax : 62 16 18 50) d'après des recherches et un brevet du CETIOM (Centre technique interprofessionnel des oléagineux métropolitains).

Le principe ? Des cellules de

référence situées en haut de l'appareil mesurent l'énergie lumineuse. En bas, sous le feuillage, d'autres cellules mesurent cette même énergie telle qu'elle est interceptée par les feuilles ; elle augmente au fur et à mesure de la croissance de la plante, puis diminue jusqu'à une valeur extrêmement basse à la maturité, lorsque les feuilles commencent à se dessécher. Le rapport de ces deux mesures donne un "indice foliaire" qui doit permettre de faire suivre à la culture le « parcours idéal de croissance », ainsi que le nomme Gilbert Picq, du CETIOM, inventeur de l'appareil.

Un parcours idéal qui, en maîtrisant les apports essentiels d'eau et d'azote, permet des économies, une diminution de la pollution, une meilleure gestion des réserves en eau et un rendement pouvant faire gagner plusieurs quintaux à l'hectare sur une plante comme le tournesol.





POLÉMIQUE

Tempête autour d'une bouteille en plastique

«**M**arcel Borbey a inventé un système permettant de stocker les bouteilles en plastique, mais un autre petit malin lui a soufflé l'idée... A sa grande surprise, il vient de découvrir "son" invention dans *Science & Vie*. Un autre inventeur génial (NDLR : excusez du peu !) aurait-il eu presque en même temps la même idée ?... L'Agenais n'avait pas eu le temps de breveter sa trouvaille... Un indélécat aurait-il honteusement plagié sa découverte à partir de documents transmis à diverses entreprises (NDLR : Evian est ici nommément cité) et déposé illi- citemment un brevet à son nom ? Similitude ou indécidabilité ?... Il y a eu fuite... On a volé son idée... »

Ce "pot-pourri" est constitué de citations d'articles parues dans *Le petit Bleu*, d'Agen, *la Dépêche du Midi* et *Sud-Ouest*, après une "conférence de presse" qui a été convoquée par M. Borbey. Cela faisait suite à la description, dans notre rubrique "Des marchés à saisir"

(*Science & Vie* n° 893, p. 106), de l'invention par M. Christian Mathieu, de Manosque (tél. : (16) 92 72 40 24) d'un système permettant la récupération et le stockage d'un pack de bouteilles en plastique vides, dans un volume tenant à peine plus de place qu'une seule de ces bouteilles.

Ni *Science & Vie*, ni M. Mathieu n'ont bien entendu été invités à assister à cette conférence de presse où il aurait pourtant été souhaitable qu'ils fussent présents et entendus. Ce n'était pas difficile : le journaliste de *Sud-Ouest* est entré en contact avec nous et nous l'avons renseigné. Ainsi traitées, les choses auraient été vite et honnêtement tirées au clair.

Notons, d'abord, que l'invention de M. Borbey n'est pas celle de M. Mathieu. Il faut stocker les bouteilles d'un côté, de l'autre leurs culots ; il faut aussi une boîte de stockage spéciale, il faut encore une tige de fer pour enfile les bouteilles. Ce n'est pas marqué au coin de la simplicité, comme

l'invention de M. Mathieu que nous avons sélectionnée, où les bouteilles s'emboîtent simplement les unes dans les autres, comme des poupées russes.

Présentée au dernier Salon des inventions de Genève, ainsi que nous le notons par ailleurs, l'invention de M. Mathieu a du reste remporté non seulement une médaille d'or, mais le prix spécial du Groupement des jeunes dirigeants d'entreprise.

Les deux inventions eussent-elles été les mêmes, il résulte des renseignements communiqués par M. Borbey que ce dernier, au prétexte d'un manque de temps, se serait borné à adresser à l'INPI, en mai 1991, une description de son invention sous forme d'"enveloppe Soleau" (qui n'a pas valeur de dépôt de brevet mais permet de prouver une éventuelle antériorité). Et il dit aussi avoir adressé son projet à de grandes entreprises, «lesquelles laissaient entendre que ce projet ne les intéressait pas pour l'instant». Diable, tout cela demande du temps ! Plus qu'il n'en faut pour

rédiger un brevet portant sur une invention aussi simple.

Il est fréquent que deux scientifiques arrivent en même temps à des conclusions semblables, ou que des inventeurs mettent simultanément au point les mêmes techniques ou objets. C'est pourquoi les dépôts de brevets sont tous précisément datés : le premier déposant est le propriétaire de l'invention. Mais peu importe ici.

Car, en admettant que les deux inventions aient été identiques, l'enveloppe Soleau de M. Borbey ne lui donne d'autre faculté que d'exploiter lui-même sa trouvaille. Seul un brevet constitue un droit de propriété exclusive sur une invention que l'on peut vendre, ou dont on peut céder des licences, des droits d'exploitation. Tout inventeur sait cela.

Par surcroît, M. Mathieu nous a montré qu'il avait, quant à lui, déposé un brevet couvrant son invention dès le 12 mars 1991, soit largement avant que M. Borbey n'eût déclaré, en mai 1991, son idée par une simple enveloppe Soleau.

Comme l'invention porte sur une forme particulière de bouteilles et sur un découpeur pour le fond de ces dernières, M. Mathieu avait, auparavant, effectué des dépôts de modèles : le 14 janvier 1991, le 4 février 1991 et le 26 février 1991. Ce dernier dépôt étant fait sur le plan international auprès de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI). Nous avons tous les documents. Personne n'a copié M. Borbey ni ne s'est inspiré de ses idées.

M. Borbey, avant de se livrer à ses brouillonnes accusations, eût été bien avisé de s'adresser tout simplement à *Science & Vie*. Mais peut-être, plus que tout, voulait-il seulement se voir "dans le journal", traité comme un héros dépouillé des honneurs qui lui étaient dus ?

■ **"Géologie et confinement des déchets toxiques", à Montpellier du 8 au 11 juin.** Ce symposium international est organisé par le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) parce que : « Quel que soit le développement des technologies propres, des éco-produits ou des filières de récupération et de valorisation des résidus industriels, le milieu géologique restera sans doute encore longtemps le réceptacle de nombre de déchets solides. » Alors, inutile de pratiquer la politique de l'autruche, mieux vaut se préparer maintenant à faire face à la réalité. Pour tout renseignement : Michel Barbès, BRGM département environnement, BP 6009, 45060 Orléans Cedex. Tél. : (16) 38 64 34 14, fax : 38 64 30 13.

■ **Méthanol et production électrique : expérimentation industrielle.** Tokyo Electric Power compte bâtir, en 1993, une centrale thermique de 30 MW fonctionnant à base de méthanol. Cette usine pilote doit permettre d'étudier les problèmes techniques et économiques liés à l'utilisation de ce carburant dans des centrales que l'on envisage d'installer dans de petits centres urbains.

■ **Des roulements tout en céramique** sont actuellement à l'étude pour des applications en environnements extrêmement sévères : milieux très corrosifs que sont les bains de galvanoplastie, très hautes températures de fonctionnement des turbines à gaz, etc. Information Pierre Devalan, Centre technique des industries mécaniques, tél. : (1) 44 58 31 31.

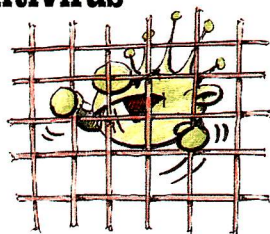
PROPHYLAXIE

Tissu antivirus

Le Pebax, un nouveau film pour l'industrie textile, présenté par ELF Atochem et la société belge Vetex, est, comme il se doit aujourd'hui, "imper-respirant", c'est-à-dire que tout en étant imperméable de l'extérieur vers l'intérieur, il possède la faculté de laisser passer, de l'intérieur vers l'extérieur, les molécules fines, de transpiration, par exemple.

Mais il possède en plus une propriété spécifique, bien intéressante et bien rassurante pour tous ceux qui, dans le secteur de la santé, travaillent en blouse, gants et masque respiratoire : il fait barrière aux bactéries et aux virus.

Cette propriété, éprouvée par des laboratoires officiels,



est maintenue même après de multiples cycles de lavage et de stérilisation (rayons gamma, oxyde d'éthylène, vapeur sèche), ce qui constitue l'originalité du Pebax par rapport aux films concurrents.

Le nouveau film, d'une épaisseur de 12 microns, s'applique sur tout type de textile, naturel ou synthétique, tissé ou non tissé, par contrecollage sur le support. Il peut aussi être utilisé comme doublure.

AMÉNAGEMENT URBAIN

La "fontaine" qui brasse 90 000 litres d'eau par minute

Le plus grand orgue d'eau du monde vient d'être construit par une entreprise autrichienne, pour fêter le centenaire de la Foire de Prague.

Plus de 3 500 jets d'eau dansent sur les airs de Dvorak, Smetana ou Mozart, jusqu'à une hauteur de 25 mètres. L'orgue se trouve au centre d'un bassin de 45 m x 45 m. Il fonctionne à l'aide de 50 pompes, dont le débit total atteint 90 000 l par minute, et 1 300 projecteurs en cinq couleurs se trouvent sous l'eau.

La chorégraphie étant déterminée, la gestion de l'orgue est prise en charge par ordinateur. Celui-ci possède aussi un programme spécifique qui lui permet d'"écouter" n'importe quelle bande magnétique musicale et de la "jouer" en une féerie d'eau. Sur trois des côtés de l'orgue, 6 500 places assises accueillent les spectateurs.



DES MARCHÉS À SAISIR

Les innovations et les techniques et procédés présentés dans cette rubrique ne sont pas encore exploités sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises industrielles et commerciales françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, les informations que nous sélectionnons ici sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir" c/o Science & Vie, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75015 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

UN PETIT CATAMARAN DÉMONTABLE, TRANSPORTABLE ET TRANSFORMABLE



Quoi ?

Démonté, Cataminus prend facilement place sur une banale galerie de voiture. Un adolescent peut assembler ce "bateau en kit" en moins de 10 minutes, voile comprise. Le Cataminus se transforme enfin, à volonté, en bateau de pêche ou de chasse, de promenade à avirons ou à pagaie, en bateau à voile ou à moteur (jusqu'à 4 ch), ou encore en ponton de ski nautique.

Comment ?

Notre roman-photo sera plus éloquent que de longues explications. Précisons seulement que le bateau est insubmersible et peut évoluer aussi bien sur les rivières, même rapides, que sur les lacs et la mer. Il se "construit" à partir de deux flotteurs, quatre plaques de pont, deux barres transversales en bois, une paire d'avirons transformables en pagaie double, quatre fourches pour fixer les pagaies ou d'autres accessoires, quatre vis en plastique et une clef. Plus, pour



l'utilisation en bateau à voile, un mât en deux parties (hauteur totale 4,80 m) et une voile d'environ 6 m².

Cela convenablement mis en place fait du Cataminus un bateau entièrement rigide, qui peut passer à pleine charge (350 kg) dans 25 cm d'eau. L'ensemble, y compris le kit voile, ne pèse que 85 kg ; les éléments les plus lourds sont les flotteurs, avec 19 kg.

L'hiver, le Cataminus se range sans précaution particulière ni entretien spécial,

dans un volume qui se limite à 340 x 55 x 65 cm.

Pour qui ?

La firme qui a mis au point le Cataminus cherche, pour le monde entier, à entrer en contact avec des revendeurs de bateaux. Ceux-ci, dans chaque pays, seraient ses représentants.

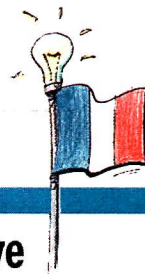
Toute cession de licence de fabrication est pour l'instant exclue. Entre le chantier naval et le client final, il n'y aurait donc qu'un seul intermédiaire, le représentant-revendeur.

Comment passer dans cette rubrique

• Adressez à "Des Marchés à saisir" un descriptif de votre invention, en vous inspirant de la présentation que nous avons adoptée pour cette rubrique. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo ou un schéma de votre prototype. Enfin, faites preuve de tolérance : nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions sont d'abord étudiées par notre service technique.

En outre, en raison du nombre de manuscrits qui nous sont adressés, nous ne pouvons malheureusement pas les retourner à leurs auteurs.

• Chaque année, une invention présentée ici sera, par tirage au sort, sélectionnée et son inventeur invité à participer au Salon des inventions de Genève.



Apothéose française à Genève

Jamais une telle avalanche de distinctions n'avait déferlé sur les inventeurs français – indépendants, sociétés – participant au Salon international des inventions, techniques et produits nouveaux de Genève, qui vient de fêter ses vingt ans. Nos innovateurs sont pourtant habitués à rafler prix et médailles.

Suprême distinction, le Grand Prix du salon a été décerné à M. Christian Diat qui, au terme de quatre ans d'études et de mise au point, présentait un appareil capable de nettoyer de toute pollution et de toute trace de vieillissement façades et objets d'art, sans difficulté et de façon si peu agressive qu'une simple feuille de papier – l'opération est particulièrement spectaculaire – peut être blanchie sans aucun dommage.

La plupart des systèmes actuels de nettoyage nécessitent un liquide et/ou un produit chimique qui affectent le matériau à traiter. Si bien que les buses qui projettent sous pression des éléments abrasifs ne permettent pas de travailler sur des surfaces tendres, plâtre ou toiles, par exemple.

Dans son atelier de Vigneux, en Bretagne, Christian Diat a fait construire une buse composée d'une multitude de micro-jets tournant à haute vitesse. Les particules granuleuses projetées horizontalement par le système sont si fines (50 à 80 millièmes de millimètre) et leur impact si soigneusement calculé que leur pouvoir décapant garantit le nettoyage sans nuire à la surface traitée. Mais les Français ont obtenu bien d'autres prix spéciaux :

● Le prix Battelle-Centre de recherche de Genève a été décroché par la société F-Tec, pour



son procédé Meractive d'assainissement de la qualité sanitaire des plages (photo ci-dessous).

● Le prix du Centre des jeunes dirigeants, section Léman, a été attribué à la société Somovedi pour son sélecteur d'appels téléphoniques.

● Le prix de l'Assemblée permanente des chambres de mé-

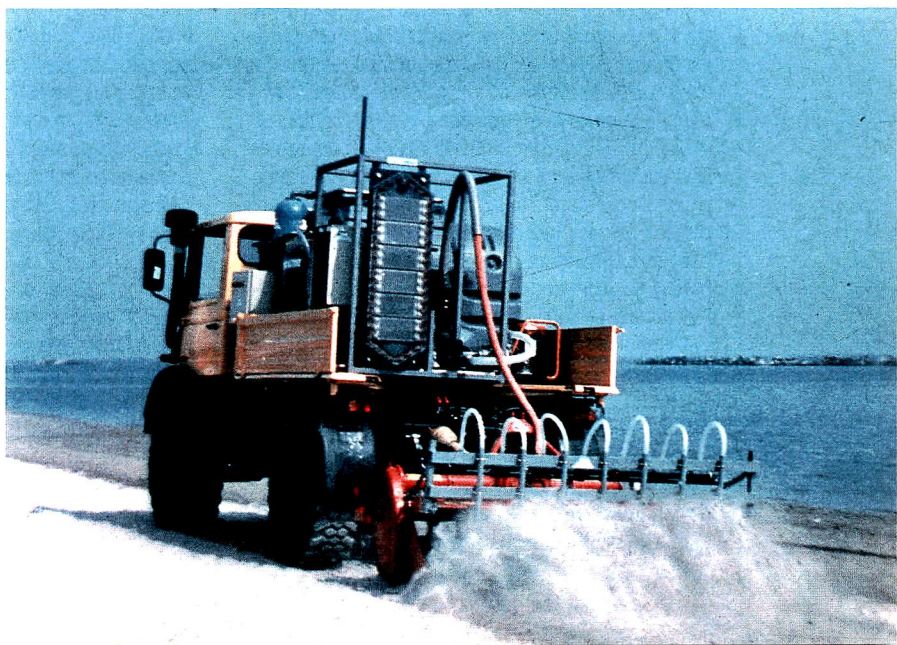
tiers a été décerné à William et Christian Cruaud pour leur béton armé retaillable et sculptable (photo ci-dessus).

● Le prix du Groupement jeunes dirigeants d'entreprise est venu consacrer une invention que nous avons récemment publiée dans "Des Marchés à saisir" : celle de

M. Christian Mathieu pour son système de bouteilles en plastique emboîtables.

● Le prix de la Chambre de commerce France-Suisse pour le commerce et l'industrie a souligné l'intérêt de l'invention de M. Robert Berges, une charue rotative polyvalente, utilisable aussi bien en agriculture que dans les carrières et pour les travaux publics (création de routes et de digues).

Nous ne pouvons entrer ici dans le détail de chacune de ces inventions, pas plus que vous présenter toutes celles qui ont été primées par des médailles. Que nos lecteurs se rassurent, nous y reviendrons dans nos numéros à venir. Signalons que le catalogue décrivant les quelque mille inventions présentées par trente et un pays, à ce vingtième Salon de Genève, est disponible contre 20 F suisses ou 15 coupons réponses internationaux en écrivant au Salon international des inventions de Genève, 8 rue du 31-décembre, 1207 Genève, Suisse.



PAR PHILIPPE DAGNEAUX

MAMMOGRAPHIE POUR TOUTES

Un cancer du sein sur deux reste incurable. Situation fatale ? Non, un dépistage précoce bien conduit pourrait sauver des milliers de vie par an. Et économiser beaucoup d'argent. La campagne en cours dans l'Hérault est un modèle du genre.

Chaque année en France, plus de 22 000 femmes se découvrent un cancer du sein. Certes, la recherche progresse, mais la médecine de 1992 ne guérit pas plus de cancers que celle des années 1960. Une fois sur deux, la maladie est fatale : 10 000 décès en 1990. Pourquoi ? Parce qu'elle est identifiée trop tard. Un dépistage correctement organisé constituerait une excellente prévention. La Norvège, la Suède et les Pays-Bas ont monté des opérations de dépistage de grande ampleur. Résultat, la mortalité liée à ce type de cancer a diminué de 40 % à 60 %. Les ablations du sein ont diminué de moitié, les récidives et le nombre global de journées d'hospitalisation ont baissé aussi.

Fort de ces chiffres, un médecin de Montpellier mène, depuis deux ans, une campagne de dépistage systématique auprès des femmes de 40 à 70 ans. Concernant tout d'abord uniquement la ville, l'opération vient d'être étendue à tout l'Hérault.

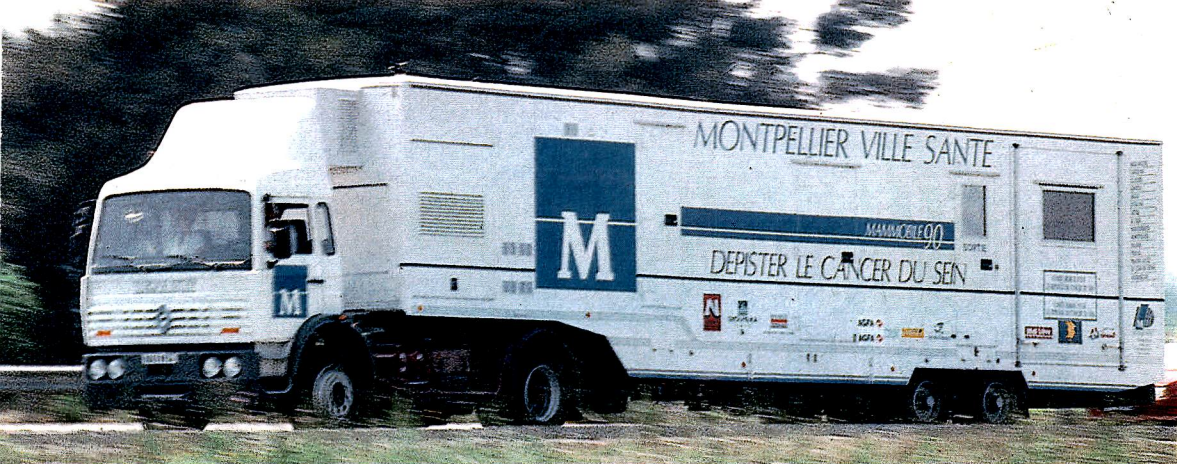
Les expériences, plus ou moins heureuses, de dépistage sauvage sont déjà nombreuses, en marge d'une campagne officielle qui n'en est qu'à ses débuts (¹). Mais la démarche adoptée par le Pr Jean-Louis Lamarque est, quant à elle, tout à fait originale, car elle associe mammographie et étude épidémiologique. En complément de la traditionnelle campagne d'information par voie d'affiches et de presse, un comité de femmes bénévoles effectue des réunions de sensibilisation dans les quartiers et les communes. Deux camions semi-remorques transportant l'appareillage, des "mammobiles", vont au-devant des intéressées ; les résultats des examens, centralisés à l'Institut montpelliérain d'imagerie médico-biologique (IMIM), permettent donc de suivre à la fois l'évolution individuelle et épidémiologique des cancers détectés.

L'équipe du Pr Lamarque a obtenu l'adhésion de l'ordre départemental des médecins, qui s'est porté garant de l'éthique et de la confidentialité de la campagne (²). Les femmes à contacter sont répertoriées à partir des listes électorales et de la Sécurité sociale : elles sont 35 000 dans le district de Montpellier, près de 100 000 dans le département. Le dépistage est planifié quartier par quartier, commune après com-

mune, le mammobile repassant dans le même secteur tous les deux ans. Les clichés radiologiques des seins sont développés à bord pour en vérifier la qualité sur-le-champ. Chaque jour, 400 négatifs sont ainsi produits ; ils seront examinés le lendemain par deux médecins radiologues. Que la lecture soit positive ou non, le résultat est communiqué dans les trois jours à l'intéressée. Si une tache suspecte ou une tumeur est repérée, un autre courrier est adressé au médecin traitant mentionné dans le questionnaire rempli à l'entrée du mammobile. Il n'y a pas de médecin dans les véhicules. Cela n'augmenterait pas l'efficacité du dépistage.

La mammographie est reconnue par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme « l'examen pouvant détecter les plus petites tumeurs du sein ». Pour obtenir le maximum de ce type de radiographie, les appareils, des General Electric-CGR (³) - associés à une machine à développer Agfa spécialement conçue pour les films mammographiques -, sont à la pointe de la technologie. Ils sont ainsi équipés d'écrans renforceurs, qui augmentent l'impression du film radiographique. L'image est donc plus précise pour une quantité de rayonnement moindre. Alors que la dose de rayonnement doit être inférieure à 0,7 centigray (à la surface du sein), selon les normes de la CEE, celle reçue par les patientes ne dépasse pas 0,5 centigray. La source du mammographe est contrôlée tous les jours et l'ensemble du matériel subit une vérification technique approfondie chaque semestre.

Chaque sein est photographié selon deux incidences orthogonales : une vue de face et une de profil. Les clichés sont examinés et comparés sur un "négatoscope déroulant", qui permet de détecter dans les tissus toute structure de densité anormale et de la situer avec précision dans le sein. L'anomalie à détecter, en l'occurrence un cancer ou des microcalcifications, est souvent d'une extrême petitesse. Une tumeur de 1 cm se développerait depuis onze ans ; à 3 mm, elle aurait déjà huit ans d'existence. A ce stade, elle est impalpable et à la limite de la visibilité ; seule la mammographie la révélera, et encore, dans la moitié des cas seulement.



Le dépistage fournit également l'occasion de constituer une base de données informatique indispensable à une étude épidémiologique. A cette fin, les résultats quantitatifs des examens et les questionnaires remplis par les patientes sont communiqués au service d'information médicale de l'hôpital Caremeau de Nîmes, où ils sont analysés par le Pr Daures et son équipe. Les chiffres portent sur le taux de fréquentation des femmes, le pourcentage de cas détectés, le rapport entre les anomalies bénignes et cancéreuses, la sensibilité du dépistage, le stade d'évolution et la taille des tumeurs, le traitement mis en œuvre à l'issue du diagnostic... L'étude épidémiologique repose également sur l'exploitation du registre des tumeurs de l'Hérault, qui consigne chaque décès dû à un cancer bien défini. Tous les départements français possèdent un tel registre, mais peu procèdent à une exploitation sérieuse.

L'analyse de ces données révèle notamment les faux négatifs – c'est-à-dire les cancers non détectés lors d'une mammographie précédente – mais aussi les cancers qui se sont déclarés entre deux passages du mammobile. Elle autorise le suivi d'une population féminine connue (célibataires, femmes ayant des antécédents de cancer du sein...), utile pour définir les facteurs de risque. Elle permet également d'évaluer l'efficacité réelle des thérapies.

Les premiers résultats portent sur les 5 098 montpelliéraines (64,3 % de la population contactée) ayant participé à la campagne de 1991. Parmi elles, trente femmes avaient un cancer en voie d'évolution sur 396 tests positifs, c'est-à-dire sur tous les cas où une anomalie avait été détectée. La taille des tumeurs était, pour vingt-deux d'entre elles, inférieure à 1 cm ; pour sept, comprise entre 1 cm et 2 cm, enfin pour une femme, supérieure à 2 cm. Le suivi des cancers dépistés a ménagé quelques surprises : trois des patientes sont allées se faire soigner à l'hôpital, neuf dans un centre de lutte contre le cancer et toutes les autres dans des cliniques privées. Le traitement appliqué dans douze des cas fut l'ablation totale du sein (mastectomie). Dans sept cas, on n'a extrait que la tumeur et, dans huit, une quadrantectomie (ablation

Radiographie sur la voie publique

Ce "mammobile" sillonne les routes de l'Hérault à la rencontre des femmes de 40 à 70 ans, pour un dépistage biannuel du cancer du sein.

d'un quart du sein) a été pratiquée. Ces opérations furent suivies d'une chimio ou d'une radiothérapie. Deux femmes ont refusé l'opération et ont été traitées par radiothérapie. La dernière patiente, attentivement suivie, présente une anomalie très diffuse.

Le dépistage permettrait à 40 % des femmes, qui jusqu'ici étaient condamnées, d'être traitées à temps et de survivre. Mais il est aussi économiquement rentable. Aux Etats-Unis, une étude du Dr Myron Moskowitz (*) démontre qu'un cancer détecté précocement revient à 23 400 dollars (120 000 F environ) à la société, alors que son coût atteint 123 400 dollars (650 000 F) s'il est diagnostiqué à partir de symptômes, c'est-à-dire à un stade plus tardif de son évolution !

«L'accélération de l'inflation des dépenses de santé – plus de 9 % du PIB, aujourd'hui – n'est plus tolérable, explique le Pr Lamarque. Ou alors il faut concevoir la santé comme une industrie, à l'instar de l'automobile ou de l'agroalimentaire.» Pour lui, un dépistage national du cancer du sein, tous les deux ans, reviendrait à 10 F par Français et par an. Chaque vie sauvée ne coûterait donc que 100 000 F à la communauté, au lieu de 4 à 5 fois plus pour un traitement lourd. Mais c'est là que le bât blesse : bien que l'expérience montpelliéraine soit probante, les mammographies de dépistage ne sont toujours pas prises en charge par la Sécurité sociale...

Philippe Dagneaux

(1) Voir *Science & Vie* n° 865, p. 61. Le Fonds national de prévention finance, depuis 1989, une campagne de dépistage triennal dans dix départements (Alpes-Maritimes, Ardennes, Bouches-du-Rhône, Isère, Marne, Rhône, Bas-Rhin, Sarthe, Somme et Val-d'Oise).

(2) Le financement est en partie assuré par des établissements publics (district et mairie de Montpellier, conseil général de l'Hérault) et des mécènes privés (Groupama, General Electric, Agfa-Gevaert, IBM...), sous forme de fonds ou de matériel.

(3) Compagnie générale de radiologie.

(4) *Cost benefit determination in screening mammography*, Dr Myron Moskowitz, Radiologic clinics of North America, 1987.

PAR ROGER BELLONE

PUCE ANTIVOL POUR LES AUTORADIOS

Près de 15 % des appareils audio équipant les automobiles sont dérobés chaque année en France. Le dernier-né des systèmes conçus pour lutter contre le vol est une simple carte à puce.

Préoccupants pour les automobilistes, les vols d'autoradios sur les véhicules inquiètent aussi les constructeurs, car ils ne sont pas sans incidences sur leurs affaires. D'une part, une bonne partie des appareils volés vont alimenter un marché parallèle où ils sont revendus à bas prix ; d'autre part, face au risque grandissant de vol, les automobilistes ont parfois tendance à en réduire les conséquences financières en s'équipant de matériels bas de gamme.

Les concepteurs ont donc imaginé des systèmes



limitant le risque de vol. Le plus radical est évidemment l'appareil amovible, qu'on emporte chaque fois qu'on quitte sa voiture. Mais pour éviter de s'encombrer, bien des automobilistes se contentent de le cacher sous un siège du véhicule, dans la boîte à gants ou dans le coffre. Les voleurs, parfaitement au courant de ces pratiques, ne manquent pas d'explorer l'automobile après effraction... Sur des modèles plus récents, seul l'élément comportant les commandes (plus petit qu'un étui à lunettes) est amovible.

LES AUTORADIOS DE L'ÉTÉ

Blaupunkt vient de commercialiser trois combinés autoradios dotés du système Keycard.

- Munchen CD 41, un combiné radio-lecteur de disques laser. Cet appareil, doté d'un tuner numérique, reçoit la gamme PO-GO-FM et permet la lecture des disques compacts. Il se caractérise par une puissance élevée, 26 W par canal. Modèle haut de gamme, il comporte tous les automatismes équipant généralement ce type d'appareil (insertion et éjection des disques, recherche des fréquences radio et des plages de disque par scanner, mémorisation de

programmes...). Le lecteur est de type 16 bits et quadruple échantillonnage, avec lecture par triple faisceau laser. Il permet la mémorisation de 600 titres, répartis sur 30 disques, afin de les écouter dans l'ordre choisi. Prix : 3 690 F.

- Casablanca CM 62, un combiné radio-lecteur de cassettes. Ses possibilités sont voisines de celles du modèle précédent, mais le lecteur laser est remplacé par un lecteur de cassettes audio. Celui-ci est *autoreverse*. Il reçoit toutes les bandes magnétiques, du métal pur au dioxyde de chrome. Un correcteur dolby B est in-

corporé. La recherche des morceaux se fait à vitesse rapide et la radio peut être écoutée pendant ce temps. Enfin, un lecteur de disques compacts avec changeur de disques peut être connecté. Un système de pilotage assure alors la recherche des disques et des morceaux. Prix : 2 690 F.

- Melbourne C 42, un autoradio-lecteur de cassettes. Plus simple que le précédent, ce modèle est dépourvu de certaines caractéristiques (lecture des bandes métal et chrome, dolby B notamment). Les fonctions radio et amplification sont les mêmes. Prix : 1 990 F.



Autre système proposé par certains fabricants comme Grundig et Pioneer : le code antivol. Chaque autoradio possède le sien (généralement quatre chiffres), mémorisé en usine ou programmable à volonté par son propriétaire. Sans le code, l'appareil est inutilisable. D'autant que, si le voleur essaye de découvrir le nombre clé, les circuits électroniques se détruisent automatiquement après quelques tentatives.

Enfin, dernière solution, séparer du poste (auquel ils seront reliés par télécommande) plusieurs composants électroniques et les intégrer à la carrosserie du véhicule, en des points plus ou moins éloignés, c'est ce que proposent, entre autres, Alpine, Pioneer et Sony. Le vol n'est pratiquement plus possible, mais l'équipement est toutefois coûteux.

Voilà deux ans, la firme allemande Blaupunkt avait présenté un nouveau système, à la fois efficace et pratique : le Keycard. Le mois dernier, elle a mis sur le marché trois autoradios l'utilisant (voir encadré page ci-contre).

Le principe est des plus simples : l'appareil est asservi à une carte à puce - type carte de crédit - codée. Lorsque le poste est mis en service, le mot *card* s'affiche sur un écran à cristaux liquides, invitant l'utilisateur à introduire la carte dans son logement. Seule celle codée pour l'autoradio permet la mise en marche. Dans tous les autres cas, toutes les fonctions sont bloquées.

En quittant son véhicule, l'automobiliste emporte la carte dans son portefeuille (Blaupunkt

fournit deux cartes, une pour chaque jeu de clés de la voiture). Un témoin lumineux rouge clignote alors sur l'appareil et une languette apparaît, signalant aux malfaiteurs éventuels que le vol est inutile. De même, sur les vitres du véhicule, un adhésif proclame que le poste, s'il est volé, est inutilisable.

Signalons qu'en cas de perte ou de vol de la carte les données correspondant à celle-ci peuvent être déprogrammées sur l'autoradio : si quelqu'un essaye alors la carte, l'appareil ne fonctionne pas.

Blaupunkt a suffisamment confiance en son système pour offrir à chaque acheteur un an d'assurance gratuite, prévoyant :

- le remplacement de l'autoradio en cas de vol ;
- la réparation gratuite de l'appareil cassé lors d'une tentative de vol (si le devis est inférieur à 50 % de sa valeur), ou son remplacement (pour un devis supérieur à ces 50 %).

Ajoutons que non seulement la carte Keycard Blaupunkt protège du vol, mais qu'elle permet aussi la mémorisation des données essentielles de réglage du poste (stations sélectionnées, intensité sonore, etc...).

En fait, la puissance des circuits électroniques d'une telle carte est pour l'instant loin d'être exploitée au maximum de ses possibilités. Dans les prochaines années, elle pourra, en particulier, assurer la programmation des nouvelles fonctions qui ne manqueront certainement pas d'apparaître sur les futures générations d'autoradios.

Roger Bellone

PAR HERVÉ LHUISSIER

TRANSFORMATION DES MATIÈRES PLASTIQUES : GRANULÉS ET MATIÈRE GRISE

De l'habitat à l'industrie en passant évidemment par l'automobile, il n'est guère de domaine dont les plastiques soient absents... Soumis chaque jour à de nouvelles exigences, les matériaux de synthèse sont plus que jamais un domaine d'avenir qui manque de personnel qualifié. Du conducteur de machine à l'ingénieur : moins de 600 diplômés seulement sont formés chaque année alors que les entreprises en réclament de 2 000 à 2 500 !



Deux cent quarante six kilos : c'est le poids de matière plastique que comporte une Renault Espace actuelle. En dix ans, la quantité de plastique entrant dans la fabrication des automobiles a été multipliée par trois et demi... Légères, d'un aspect agréable, offrant une grande liberté de conception, ces matières remplacent peu à peu le bois, le textile et le métal, devenus difficilement compatibles avec la volonté d'alléger les véhicules pour économiser l'énergie. Cela veut-il dire pour autant que le plastique supplantera bientôt le métal ? Malgré la possibilité de fabriquer des matériaux quasiment "sur mesure", nous n'en sommes par encore là... Car, si pour produire des pièces de plastique l'investissement de départ (coût des machines) demeure assez faible, chacune d'elles revient relativement cher à cause du cours fluctuant de sa matière première (le pétrole). Pour les carrosseries, donc pour les grandes séries, le métal reste ainsi le préféré des industriels

qui peuvent amortir assez rapidement leurs investissements initiaux.

De plus – et c'est aujourd'hui un argument important – le métal se recycle beaucoup plus facilement et à moindre coût que le plastique. Composés d'éléments étroitement imbriqués (*voir encadré ci-contre*), les thermoplastiques ⁽¹⁾ – PVC, ABS, polypropylène... – ne peuvent en effet être facilement séparés, pour être réutilisés, sans perdre leurs qualités originales. De leur côté, les thermodurcissables ⁽²⁾ – polyester insaturé, silicones – n'acceptent guère d'être refondus... Tout cela explique qu'il ait été jusqu'à présent plus intéressant d'incinérer ces matériaux en récupérant l'énergie produite. C'est aussi pourquoi leur poids, malgré son accroissement, ne devrait pas dépasser 12 % de celui d'un

(1) Ils peuvent être fondus ou ramollis par la chaleur sans perdre leurs propriétés.

(2) Contrairement aux thermoplastiques, un échauffement prolongé leur fait perdre leur plasticité.

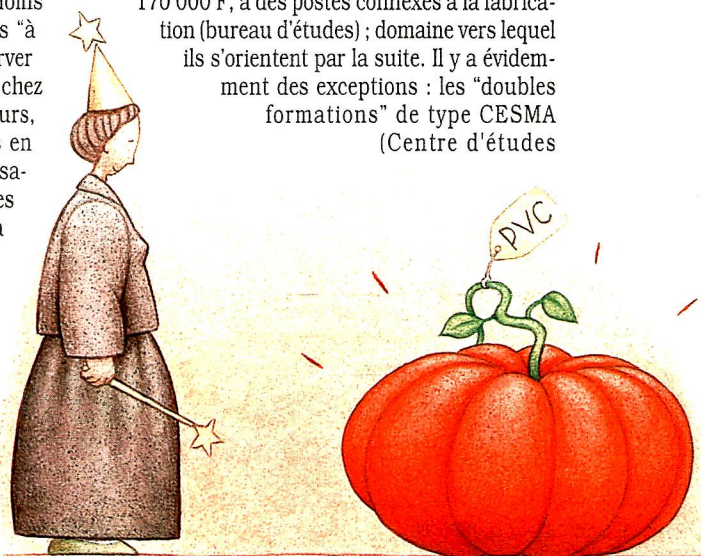
véhicule dans les années à venir. Enfin, c'est également la raison pour laquelle la priorité est aujourd'hui accordée aux combinaisons "recyclables". Le secteur de l'automobile utilise à lui tout seul 620 000 t de plastique chaque année. Le recyclage fait donc l'objet de recherches actives et d'expériences originales (voir encadré p. 128).

Des meubles de jardin aux revêtements de sol ou muraux en passant par les palettes de chargement et les pièces techniques, les industriels de la transformation, comme Sommer-Allibert, sont présents dans de nombreux domaines et travaillent aussi tout naturellement pour l'automobile. Il faut dire que les plasturgistes sont de moins en moins de simples fournisseurs de pièces "à peine sorties du moule". Comme le fait observer Brigitte Poulain, responsable du recrutement chez Sommer-Allibert : «Nos clients, les constructeurs, souhaitent dorénavant être approvisionnés en sous-ensembles dont ils nous confient la réalisation.» Instruments, interrupteurs et garnitures d'un tableau de bord sont en effet incorporés à celui-ci directement chez le transformateur et non plus chez le constructeur comme c'était le cas auparavant. Cette extension de compétences – qui permet aux plasturgistes d'augmenter la valeur ajoutée de leur travail – suppose évidemment une étroite collaboration avec le constructeur. Celle-ci intervient de plus en plus tôt aujourd'hui, c'est-à-dire dès la conception du produit.

Chez Sommer-Allibert, le secteur "automobile" est devenu le principal pourvoyeur d'emplois à travers la production de quatre grandes familles d'éléments : les tableaux de bord, les panneaux de porte et tablettes arrière, les pièces externes (boucliers...) et, également, les garnitures (tapis de sol) ainsi que les insonorisants. Ce secteur de l'automobile suscite une forte demande

en ingénieurs. «Nous manquons de chefs de projets qui accompagnent le développement d'un produit, depuis sa conception (avec le client) jusqu'à son industrialisation.» Ces candidats sortent principalement de l'ENSTIMD (Ecole nationale supérieure des techniques industrielles et des mines de Douai), des Arts et métiers, de l'ITECH (Institut textile et chimique), de Lyon et de l'EAHP (Ecole d'application des hauts polymères), à Strasbourg. «Nous recrutons également des ingénieurs mécaniciens, des Centraliens (Lyon ou Paris) et, évidemment, des élèves des ENSI.» La plupart de ces ingénieurs débutent avec des salaires annuels de 170 000 F, à des postes connexes à la fabrication (bureau d'études) ; domaine vers lequel ils s'orientent par la suite. Il y a évidemment des exceptions : les "doubles formations" de type CESMA

(Centre d'études



supérieures de management), INSEAD (Institut européen d'administration des affaires) ou ISA (Institut supérieur des affaires) (voir encadré p. 130) commencent fréquemment dans un service gestion ou commercial où ils perçoivent, au dé-

PLASTIQUES ORDINAIRES ET SUPER-PLASTIQUES

Les "plastiques grand public" (prix inférieur à 10 F/kg), utilisés dans l'emballage (PVC et polyéthylène) et dans le bâtiment (PVC et polystyrène expansé), représentent pour l'instant l'essentiel du chiffre d'affaires du secteur de la transformation.

Les plastiques techniques (comme les tuyaux d'essence des voitures ou certains engrenages), souvent moulés par injection (voir encadré p. 128), sont

des polyesters thermoplastiques (PBT, polybutylène téréphtalate et PET), des polyphénylènes, des polyamides et des polycarbonates. Parmi eux, les superplastiques, eux, ne craignent ni les températures élevées (polyamide-imide), ni le feu (polyaryl-imide), ni les agressions chimiques (polyamide, résine polyester insaturé). On compte parmi les superplastiques la résine époxy qui, renforcée de fibres de carbone, offre une ré-

sistance supérieure à celle de l'acier. Ils sont donc très adaptés à l'aéronautique, à l'électronique, à la chimie, et aux industries de pointe en général.

Ces plastiques hautes performances, dont les prix dépassent 100 F/kg, sont conçus pour supporter des températures de 250 °C en continu et des pointes à 320 °C, températures qui, d'ici peu, devraient être portées à 300 °C et 500 °C !

J'EXTRUDE, TU INJECTES ET IL COINJECTE...

Une vis sans fin, placée dans un cylindre chauffé, est alimentée en granulés de matière plastique d'une même famille chimique. Comprimés, puis poussés vers l'avant par la vis sans fin, et chauffés, ces granulés se ramollissent (plastification) et s'homogénéisent pour former une pâte : la masse à mouler. A la sortie du cylindre, celle-ci passe ensuite dans une filière qui lui donne sa forme définitive (profilé, tuyau, plaque, etc.) ; forme qu'elle conservera car elle est

alors refroidie rapidement (solidification). C'est l'extrusion.

Grossièrement, l'injection reprend le même principe mais au lieu de passer dans une filière, la masse à mouler pénètre directement dans un moule où elle se refroidit avant d'en être éjectée. Dans le cas de l'injection sous gaz, on introduit un gaz inerte, l'azote, dans la matière en fusion au moment où cette dernière est injectée dans le moule. Le gaz ayant tendance à suivre le chemin le plus facile, il reste au

centre des écoulements et dans les parties les plus épaisses. Il forme ainsi des cavités ou des canaux qui augmentent la rigidité des pièces (rétroviseurs, bacs de portes, enjoliveurs, poignées...). Autre avantage de l'injection sous gaz : la puissance nécessaire à l'injection peut être réduite de 20 % à 50 % du fait de la fluidité accrue de la matière. Cela autorise des cycles de moulage plus rapprochés, puisque la quantité de plastique injectée est moindre.

part, un salaire annuel de l'ordre de 200 000 F environ. Bien que formés en nombre insuffisant, ces cadres ne font pas forcément l'objet d'une surenchère entre entreprises concurrentes, grâce à des accords réciproques.

Le département automobile de Sommer-Allibert n'embauche pas que des ingénieurs. Les BTS (de plasturgie, de mécanique, d'électromécanique ou de maintenance) sont évidemment nombreux à re-

joindre les bureaux d'études, après avoir – tout comme les ingénieurs – travaillé sur le terrain pendant quelques mois afin d'acquérir les notions de base du métier de plasturgiste.

Leur salaire de départ est de 120 000 F annuels, environ. Ces techniciens supérieurs se dirigent ensuite vers la fabrication. Comme à tous les autres postes, la connaissance des langues y est indispensable. «Mais attention ! Pas question de se prévaloir d'un anglais

scolaire... Compte tenu de l'extension des activités du groupe au plan européen, une troisième langue (allemand, espagnol, portugais) est loin d'être superflue», précise Brigitte Poulain.

Fournisseurs des plasturgistes, les industriels de la chimie pétrolière sont eux aussi associés de plus en plus tôt à la conception d'un produit. «A travers nos activités de recherche et développement nous nous intéressons autant aux produits qu'aux

applications», indique Bernard Gourdon, directeur du département recherche, développement et innovation d'Atochem. L'objectif de la recherche fondamentale (moléculaire) est de mettre au point de nouveaux matériaux capables de se substituer aux traditionnels. La recherche appliquée, elle, s'appuie avant tout sur la fonction attendue (définie en termes de contraintes dans le cahier des charges) pour élaborer ou modifier les caractéristiques d'un matériau ou même d'un produit (rajout de nervures pour renforcer une structure, par exemple). Pour cela, on peut intervenir sur la forme (modélisation)

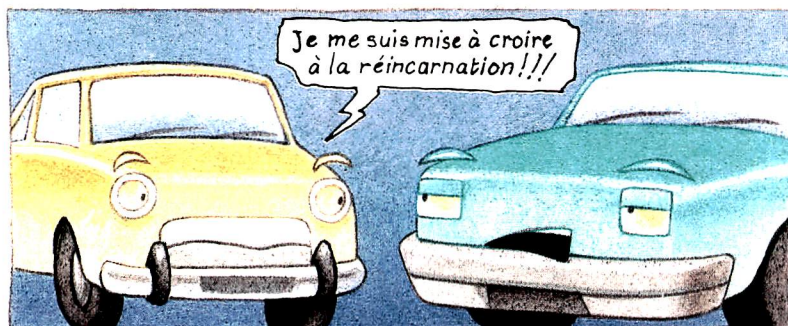
RENAULT RECYCLE

Le constructeur automobile Renault a trouvé une solution économique pour recycler les boucliers (ensemble pare-choc et bas-de-caisse) endommagés à la suite d'un accident. Leur collecte mensuelle est organisée auprès des garagistes. Un broyeur itinérant vient ensuite, dans les

plates-formes régionales (centres de stockage) où ces boucliers hors d'usage sont déposés, les réduire en granulés qui seront livrés aux usines de retraitement en vue d'être réutilisés dans la fabrication de nouveaux pare-chocs. Cette initiative devrait permettre de réutiliser 10 000

tonnes de plastique chaque année. Cette filière de recyclage doit également s'appliquer à travers toute l'Europe (*) à d'autres éléments : pots catalytiques, batteries, solvants et emballages divers, ferraille, pneus...

(1) Voir *Science & Vie* n° 887, p. 86, et n° 895, p. 106.



LES BIODÉGRADABLES

– bien que ce travail relève en principe des compétences du plasturgiste –, mais c'est surtout en modifiant les constituants que l'on arrive à répondre aux besoins de ce dernier ou de son client (le constructeur). Exemple : comment faire en sorte qu'un bouclier (pare-choc et bas-de-caisse d'une voiture) absorbe un petit choc puis reprenne son apparence initiale sans que sa peinture, s'il est peint, ne s'écaille trop facilement ?

«Ce type d'exigence passe évidemment par une formulation mathématique de la contrainte correspondante et une modélisation en CAO (conception assistée par ordinateur). Dès cette étape, nos ingénieurs et techniciens (concepteurs du service recherche et développement) travaillent en étroite collaboration avec le bureau d'études du plasturgiste.» Autre exemple : pour qu'un potage vendu en bol individuel puisse aller directement dans un four à micro-ondes, la composition du récipient doit faire appel à plusieurs éléments aux caractéristiques complémentaires. Produit par coextrusion, ce type d'emballage est formé de plusieurs composants superposés : polyéthylène (côté intérieur) pour l'imperméabilité, alcools polyvinyliques pour l'étanchéité à l'air et polypropylène pour résister à la chaleur. Le tout est rendu solidaire par deux couches d'adhésifs intermédiaires.

Les activités de recherche ne se limitent pas aux seuls aspects "fondamentaux" et "applications", elles incluent également la modélisation des procédés de transformation – comme l'analyse de l'écoulement des polymères dans les extrudeuses et les filières – ainsi que l'étude et la conception de ce type de matériel. Ainsi, l'assistance auprès du client ne se borne-t-elle pas, elle non plus, au simple suivi des produits. Elle peut aller jusqu'à l'aide au choix de telle ou telle machine particulièrement adaptée à la transformation d'un type de résine, voire à la conception d'un nouvel équipement. Cette connaissance poussée des processus de fabrication s'appuie obligatoirement sur l'expérimentation en vraie grandeur des diverses techniques de mise en œuvre des thermoplastiques : moulage, extrusion,

Des sacs-poubelles biodégradables en moins de deux ans contre cent ans habituellement (pour les sacs "classiques" en polyéthylène vierge) ! La nouvelle a fait grand bruit quand, à l'été 1989, ont été annoncées les noces du polyéthylène avec l'amidon et certains agents pré-oxydants. Le processus de dégradation de ce nouveau plastique se déroule en deux temps : l'amidon est d'abord phagocyté par les micro-organismes présents dans le sol, ce qui entraîne une fragmentation de la matrice de polymères. Ensuite, les agents pré-oxydants coupent ces polymères en chaînons suffisamment petits pour qu'ils puissent être assimilés à leur tour par les micro-organismes.

Ce progrès suscite toutefois diverses interrogations. A partir de quand le processus commence-t-il vrai-

ment ? N'est-ce pas dangereux dans le cas où il s'agit du conditionnement de produits alimentaires ? Ensuite, la biodégradabilité est-elle vraiment totale ?

Aux écologistes qui souhaitent qu'elle soit plus rapide (en augmentant la part d'amidon), les industriels répondent qu'un pourcentage d'amidon qui avoisinerait les 10 % deviendrait difficile à mettre en œuvre industriellement.

Mais attention à ce que cette biodégradabilité accrue n'encourage pas le public à jeter à nouveau ses déchets n'im-
porte où.



thermoformage, rotomoulage ⁽³⁾, compoundage (malaxage), finitions (surmoulage, soudure, décoration, peinture, etc.). Atochem possède ainsi un parc de presses et de moules comparables à ceux de ses clients afin d'aborder les problèmes qu'ils peuvent rencontrer en fabricant des produits finis à partir de la matière première qu'elle leur fournit.

«C'est évidemment la fabrication de cette matiè-

PLASTICS VALLEY

La région d'Oyonnax, précédemment renommée pour la fabrication d'objets en corne, abrite aujourd'hui de nombreuses entreprises spécialisées dans la transformation des matières plastiques. La "Plastics Valley" fournit, en effet, 40 % de la production nationale de pièces techniques en plastique. Regroupant au départ des structures familiales, la plasturgie oyonnaxienne est devenue assez

rapidement une industrie semi-lourde constituée de PME. Les titulaires du BTS plasturgie y sont très bien accueillis, surtout s'ils ont déjà une expérience professionnelle. Embauchés à 8 000 F mensuels, ils gagnent en général 12 000 F un an plus tard. Mais ces salaires ne suffisent pas toujours à les inciter à rester dans l'entreprise (trois ans en moyenne)... Partie prenante dans la création du Pôle euro-

péen de la plasturgie Lyon Oyonnax (PEPLO) (*voir encadré p. 130*), les industriels de la région comptent beaucoup sur cet enseignement pour concilier le savoir technique avec le savoir-faire et l'empirisme encore largement de mise dans les entreprises. Rendez-vous l'an prochain lorsque sortira la première promotion de la toute nouvelle MST (maîtrise des sciences et des techniques) de plasturgie.

PISTES À SUIVRE

Après leur BTS, DUT ou DEUG, les candidats ont la possibilité de préparer une MST (maîtrise de sciences et techniques) en deux ans, à l'université de Saint-Etienne. Ils peuvent également s'inscrire à un diplôme de plasturgie industrielle à l'Institut supérieur de plasturgie d'Alençon (ISPA).

● Université Jean Monnet, 34 rue Francis-Baulier, 42023 Saint-Etienne Cedex 2. Tél. : (16) 77 42 17 00

● ISPA, Montfoulon, 61250 Damigny. Tél. : (16) 33 31 02 97

En outre, l'ENSTIMD (Ecole nationale supérieure des techniques industrielles et des mines de Douai) a mis sur pied un département plasturgie en 1984. L'Ecole nationale supérieure des arts et métiers (ENSAM), à Paris, et l'Institut textile et chimique (ITECH) de Lyon proposent, eux aussi, un diplôme d'ingénieur avec option plasturgie. Même chose pour l'Ecole nationale supérieure des arts et industries (ENSAIS) de Strasbourg et l'Ecole d'application des hauts polymères (EAHP) qui délivrent conjointement un diplôme d'ingénieur

spécialisé plasturgie.

● ENSTIMD, 941 rue Charles-Bourseul, BP 838, 59508 Douai Cedex. Tél. : (16) 27 93 22 22.

● ENSAM, 151 bd de l'Hôpital, 75013 Paris. Tél. : (1) 44 24 62 99.

● ITECH, 181-203 av. Jean-Jaurès, BP 7034, 69342 Lyon Cedex 07. Tél. : (16) 78 72 28 31.

● ENSAIS, 24 bd de la Victoire, 67084 Strasbourg Cedex. Tél. : (16) 88 35 55 05.

● EAHP, Université Louis Pasteur, 4 rue Boussingault, 67000 Strasbourg. Tél. : (16) 88 41 65 00.

Ces ingénieurs peuvent compléter leur formation par un diplôme du Centre d'études supérieures du management (CESMA), de l'Institut européen d'administration des affaires (INSEAD) ou de l'Institut supérieur des affaires (ISA).

● CESMA, Groupe ESC Lyon, 23 av. Guy-de-Collongues, BP 174, 69132 Ecully. Tél. : (16) 72 20 25 25.

● INSEAD, bd de Constance, 77300 Fontainebleau. Tél. : (1) 60 72 40 00.

● ISA, Groupe HEC, 1 rue de la Libération, 78350 Jouy-en-

Josas. Tél. : (1) 39 56 70 00.

Ouvert en septembre 1991, le Pôle européen de plasturgie Lyon Oyonnax (PEPLO) propose pour sa part une section de BTS, une MST et un diplôme d'ingénieur plasturgiste. Ce dernier se prépare en quatre ans à partir du DUT, Deug ou BTS et après admission sur concours de niveau Math sup. La première année s'effectue à l'université Claude Bernard de Lyon. Outre l'enseignement de la technologie, le programme inclut les sciences humaines et les techniques de gestion, indispensables aux futurs cadres de PME. Enfin, ouverture sur l'Europe oblige, certains cours sont dispensés en langues étrangères et des échanges sont prévus entre étudiants des pays de la CEE. L'admission directe en troisième année est également possible pour les titulaires d'une MST plasturgie.

● PEPLD, 126 rue Anatole-France, 01100 Oyonnax. Tél. : (16) 74 77 66 00.

● Université Claude Bernard - Lyon 1, 43 bd du 11-novembre-1918, 69622 Villeurbanne Cedex. Tél. : (16) 72 44 80 00.

La Fédération de la plasturgie édite pour sa part une plaquette, la Plasturgie en pole position. Outre une présentation du secteur, vous y trouverez des informations sur les filières ainsi qu'une liste des établissements préparant aux diplômes de la plasturgie.

● Fédération de la plasturgie, Maison des industries plastiques, 65 rue de Prony, 75854 Paris Cedex 17. Tél. : (1) 47 63 12 59.

Des informations sur les écoles, leurs programmes et leurs conditions d'admission se trouvent également dans le numéro 116 de la *Lettre de l'Etudiant* (avril 1991). Une brochure de vulgarisation sur les matières plastiques (matériaux et techniques industrielles) est également éditée par le Syndicat professionnel des producteurs de matières plastiques (SPMP).

● L'Etudiant, 27 rue du Chemin-Vert, 75011 Paris. Tél. : (1) 48 07 41 41.

● *Les plastiques aujourd'hui et demain*, SPMP, tour Aurore, La Défense 2, Cedex 05, 92080 Paris-La Défense. Tél. : (1) 47 78 67 89.

re première qui emploie la majorité des ingénieurs, agents de maîtrise et techniciens que nous embauchons», ajoute Bernard Gourdon. «Ils assurent la surveillance et le suivi du fonctionnement des différentes usines de polymérisation⁽⁴⁾ du groupe.

Ces responsabilités nécessitent des compétences, aussi bien dans la transformation des matériaux que dans l'étude de leurs performances et de leur comportement. Nous recrutons donc des diplômés de l'Université technologique de Compiègne (UTC), de l'EAHP, des écoles de chimie, des Arts et métiers, des Mines de Paris, ainsi que les DUT et BTS en matériaux plastiques et en mécanique.»

Hervé Lhuissier



(3) Le rotomoulage, ou moulage rotationnel, permet de produire du PSM (Powder Slush Molding), une sorte de PVC plastifié dont la texture est très proche de celle du cuir. On commence à l'utiliser pour garnir les tableaux de bord, volants, consoles et autres contre-portes, car il se prête très bien aux formes complexes et laisse ainsi une très grande liberté aux concepteurs.

(4) Union de plusieurs molécules d'un composé pour former une grosse molécule (le polystyrène, par exemple).

Votre assureur pense-t-il qu'un bon père de famille se reconnaît au nombre de contrats qu'il souscrit ?



Peut-être après tout. Pour Groupama en tout cas, la quantité n'est pas forcément un gage de qualité. Et parce que pour vous, la protection de votre famille forme un tout, nous avons fait en sorte de protéger dans

un même geste ce qui fait votre vie de tous les jours.

Avec le Plan d'Assurance des Particuliers, vous

disposez maintenant d'un seul contrat simple et complet qui regroupe toutes les assurances de votre famille : auto, maison et santé. Fini les garanties en double, les garanties oubliées. Vous bénéficiez d'une protection

sur mesure, moins chère que des assurances séparées.

Et vous avez la possibilité de régler votre cotisation en plusieurs mensualités. Enfin, avec le Plan d'Assurance des Particuliers, vous n'avez plus qu'un

seul interlocuteur, le conseiller Groupama; pour répondre à toutes vos questions et vous

aider, si besoin est, à faire évoluer vos garanties. Si nous sommes en mesure, chez Groupama, de bien comprendre l'assurance qu'il vous faut, c'est que nous savons d'abord comprendre la personne que vous êtes.

3 CONTRATS EN 1
PLAN D'ASSURANCE DES PARTICULIERS
COMPRENDRE CE QU'IL VOUS FAUT
C'EST D'ABORD COMPRENDRE QUI VOUS ÊTES



Dire, c'est tenir.

Pour en savoir plus, interrogez le conseiller Groupama ou tapez 3615 Groupama sur votre minitel.

SCIENCE & JEUX

PHYSIQUE AMUSANTE

Le moteur le plus simple du monde

Des moteurs, nous en avons fait un certain nombre depuis quinze ans dans cette rubrique. Mais nous pensons bien avoir réalisé le plus simple de tous aujourd'hui : un fil, une pile, un aimant ; c'est tout, et cela tourne très bien.

En 1819, le Danois Oersted découvre le champ magnétique créé par un aimant ; un an plus tard, le Français Laplace – qui fut aussi un des maîtres de la mécanique céleste – met en équations le lien existant entre l'intensité du courant dans un conducteur, l'induction d'un champ magnétique extérieur et la force de déplacement qui en résulte. Tout est en place pour qu'on puisse réaliser le moteur électrique, mais il faudra tout de même attendre Faraday, Ampère, Gramme et Tesla pour passer de la théorie à la pratique.

Faraday réalisa en 1831 le premier générateur de courant basé sur les courants induits par un champ magnétique, générateur que Barlow transforma ensuite en moteur : dans le premier cas on l'appelle disque de Faraday, dans le second roue de Barlow. Comme tout montage électrique, il est réversible, et essentiellement constitué d'un disque de cuivre qui peut tourner entre les pôles d'un aimant.

On peut trouver plus simple encore avec l'équipage tournant de Faraday, où le rotor se limite à un seul brin de fil conducteur. C'est ce moteur

historique que nous nous proposons de construire, en ayant d'ailleurs simplifié le problème que pose tout moteur alimenté en courant continu : les contacts tournants. Pour limiter au maximum le frottement dû à ces contacts glissants, Faraday et Barlow utilisaient une cuve de mercure qu'effleurait l'un des conducteurs.

Un fil glissant sur du mercure n'offre en effet qu'une résistance minime, mais il est peu commode de se procurer ce métal liquide et nous l'avons remplacé par de l'eau salée ; celle-ci conduit beaucoup moins bien le courant que le mercure et, de plus, il y a immédiatement électrolyse de la solution ; mais le liquide conducteur ne coûte pour ainsi dire rien, ce qui permet de le remplacer à chaque fois.

Les forces mises en jeu dans ce montage sont les mêmes que dans tout moteur électrique, qu'il s'agisse de celui du magnétoscope ou de celui de la grue du chantier voisin : ce sont toujours des attractions ou des répulsions magnétiques – nous ne prenons pas en compte les moteurs mettant en jeu les attractions et répulsions électrostatiques, dans la mesure où ce ne sont

encore que des curiosités de laboratoire.

L'expérience d'Oersted avait montré que le passage du courant dans un conducteur engendre un champ magnétique autour de ce conducteur. Ce champ est exactement de même nature que celui d'un aimant, et il possède donc un pôle nord et un pôle sud. De ce fait, il est susceptible de produire les mêmes forces d'attraction et de répulsion qu'on observe avec un aimant ordinaire – attraction entre pôles de sens contraires, répulsion entre pôles de même nom.

Ces forces donnent lieu à des déplacements matériels facilement observables : le fil dans lequel passe un courant est attiré ou repoussé par un aimant en fer à cheval dont on tente de le coiffer. Si le fil est gros et solide, c'est l'aimant qui va être déplacé par les forces magnétiques – on peut d'ailleurs remplacer l'aimant par un autre conducteur et on observera les mêmes effets.

Notons bien que le fil dans lequel circule un courant ne va pas se diriger vers l'un ou l'autre pôle de l'aimant, mais se déplacer à angle droit des lignes d'induction qui vont du pôle nord au pôle sud. Cela,

parce que le champ engendré dans un fil circule en rond autour de ce fil : il se trouve donc simultanément attiré par un pôle et repoussé par l'autre, mais de manière inégale, et ce, tout autour de l'axe que représente le fil.

La résultante de ces forces est dirigée perpendiculairement à la droite qui joint les pôles, et sa direction dépend du sens du courant. Pour être plus précis – et c'est là ce qu'avait formulé Laplace – la force électromagnétique exercée par un champ magnétique sur un élément de circuit parcouru par un courant est normale au plan contenant le vecteur induction et l'élément de courant. Il y a dans cette loi la base du moteur extrêmement simple qu'avait dessiné Faraday : on pique un aimant en barreau assez long sur une planche, et on place un brin conducteur rectiligne le long de l'extrémité libre – l'autre bout du brin est enfoncé dans le bois du support. Autour de ce pôle libre, les lignes d'induction s'étalent comme les tiges d'un bouquet dans un vase à col étroit – ou comme les pétales d'une marguerite.

Le fil conducteur est donc perpendiculaire à ces lignes

quelle que soit sa position autour du barreau. Dès que le courant circule, la force électromagnétique qui, d'après la loi de Laplace, est perpendiculaire aux lignes d'induction et au fil, se trouve donc tangente au cercle ayant pour centre l'axe du barreau et pour rayon la distance entre cet axe et le fil.

Cette force entraîne le fil en rond autour du barreau, et le mouvement se poursuit tant que le courant passe puisque le conducteur, en tournant, reste dans le bouquet de lignes d'induction qui s'épanouit autour du pôle libre. En pratique, le couple développé reste faible en raison de la loi qui régit les forces magnétiques : celles-ci diminuent comme le carré de la distance séparant les deux pôles actifs.

Il faut donc que ceux-ci restent aussi proches que possible durant toute la rotation, ce qui explique que dans un moteur électrique standard il y a toujours un intervalle très mince entre le rotor et le stator. Avec notre montage, cette condition est loin d'être remplie : le fil conducteur n'est pas à ras du pôle supérieur du barreau, mais sur le côté. Les forces magnétiques y sont beaucoup plus faibles qu'en bout, ce qu'on peut vérifier facilement avec un aimant quelconque.

Bien entendu, il faut que le brin conducteur n'aille pas jusqu'à l'autre bout de l'aimant, auquel cas il serait aussi dans les lignes d'induction du pôle opposé ; là encore, il serait soumis à un couple tendant à le faire tourner autour du barreau, mais cette fois dans l'autre sens. Les deux couples s'annuleraient et le fil ne bougerait pas.

Mais le fait qu'il tourne pose l'éternel problème de l'alimentation électrique d'un conducteur mobile. En principe, ce

problème est facilement résolu avec un balai frottant sur une bague ; c'est là une formule qui a fait ses preuves depuis plus d'un siècle, mais qui ne convient pas si le couple fourni est trop faible pour vaincre le frottement du balai, ce qui est justement le cas de notre montage.

Faraday et Barlow faisaient tremper le bout du fil sur le mercure d'une cuve annulaire, ce qui constitue évidemment la solution technique la meilleure ; c'est aussi la plus chère, et la moins commode car le mercure ne se trouve pas dans les supermarchés. Par contre, on sait que les solutions de sels métalliques sont conductrices, ce qui nous a menés à prendre le chlorure de sodium, dit sel de table ou de cuisine selon sa grosseur, et à le dissoudre dans l'eau pour avoir notre liquide conducteur.

Ce liquide n'étant pas un élément métallique mais un conducteur dit ionique, le passage du courant y déclenche

des effets d'électrolyse, qui se traduisent par une décomposition du liquide selon ses éléments constitutifs : hydrogène, oxygène, chlore et sodium. Ceux-ci entrent ensuite en réaction les uns avec les autres, et avec l'eau du bain ; nous n'insisterons pas sur cet aspect chimique de notre expérience.

Il en découle un dégagement gazeux à base d'hydrogène et de chlore, et une corrosion très rapide des électrodes par la soude, résultant de la réaction entre le sodium et l'eau. Ceci n'a d'ailleurs pas une grande importance car il est facile de changer le bain et les électrodes. Le montage n'a pas pour but de tester les réactions complexes entre le chlore et la soude, mais de faire tourner le premier moteur électrique illustrant les lois de Laplace.

Il suffit pour cela d'un matériel limité :

- Crayon, gomme, papier abrasif, fer à souder.
- Cutter, règle métallique, colle Uhu-Plast, colle néoprène gel.

- Polystyrène choc en feuilles de 2 mm d'épaisseur, disponible directement ou par correspondance chez Adam Montparnasse, 11 bd Edgar-Quinet, 75014 Paris ; ou chez Pierron, B.P. 609, 57206 Sarreguemines.

- Fil de cuivre ou laiton de 2 mm, longueur 160 mm ; fil de cuivre ou laiton de 1 mm, longueur 250 mm (en vente dans les magasins de marquetterie et modèles réduits).

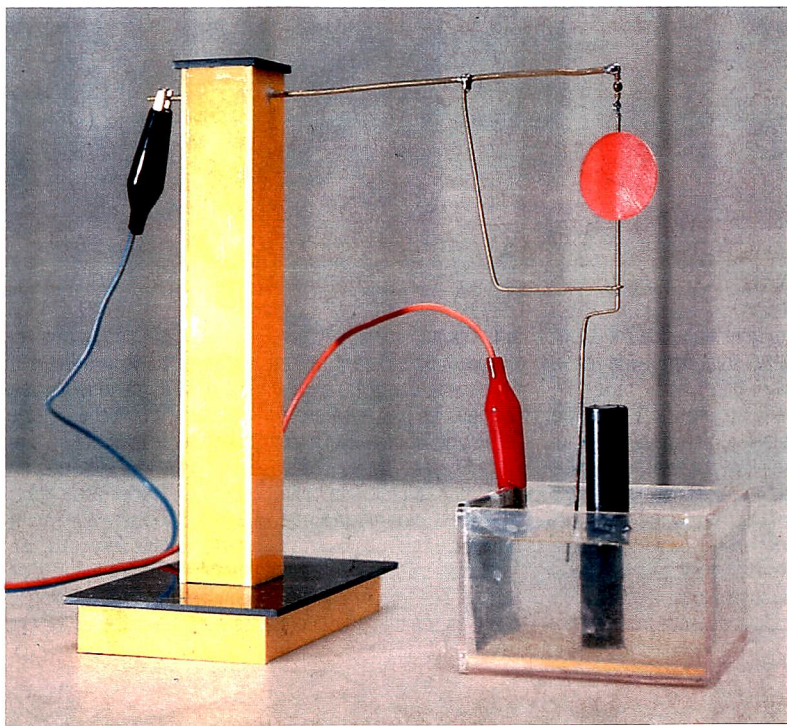
- Un émerillon de pêche (longueur 12 mm) de préférence en laiton (magasins d'articles de pêche).

- Un aimant barreau Ticonal 70 x 12 ; pour l'obtenir par correspondance, envoyer un chèque de 130 F à ARELEC, 71 bd de Reuilly, 75012 Paris.

- Récipient en plastique, métal en feuille (fer blanc, aluminium ménager ou autre).

La **figure 6** nous montre la vue générale du montage une fois terminé. Il fonctionne parfaitement, bien que sa

Un fil, une pile et un aimant, cela suffit pour faire un moteur...



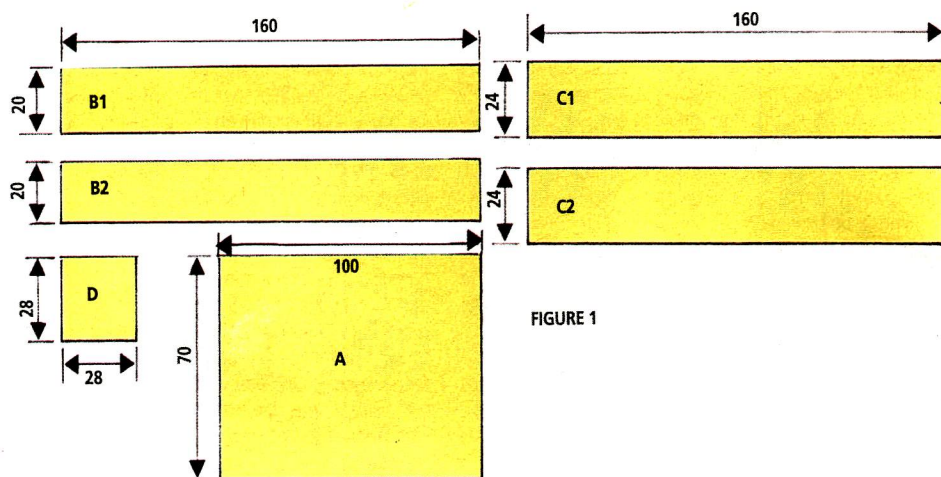


FIGURE 1

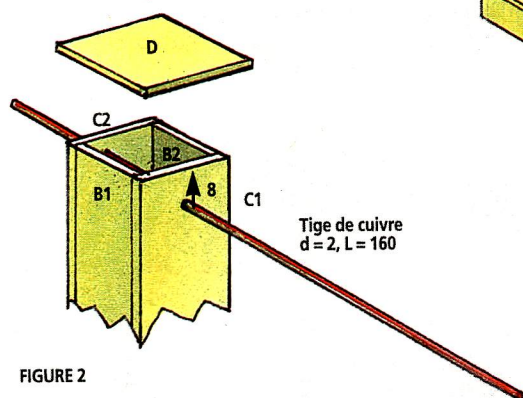
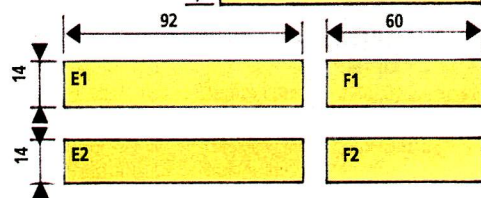


FIGURE 2

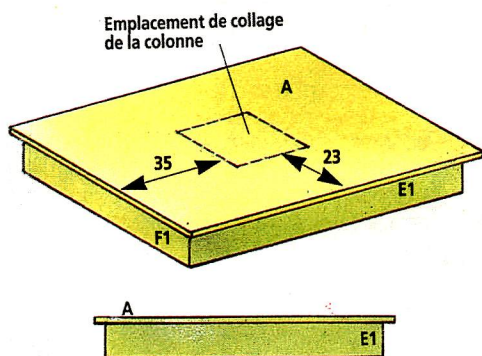


FIGURE 3

consommation (de 2 à 3 ampères sous 6 volts) le rend assez gourmand en piles. En fait, en montant en série quatre grosses piles rondes de 1,5 V, on aura une autonomie suffisante. On peut d'autre part considérer que ces piles sont relativement bon marché si on les achète sous la marque du supermarché local.

On commence par construire

la colonne constituée par les pièces B1 à D (figure 1). On tracera, marquera et découpera les pièces selon la technique Hobbystyrène de Pierre Courbier. On les assemblera par collage à la colle Uhu-Plast comme indiqué figure 2.

Les pièces C1 et C2 seront percées d'un trou de 2 mm (à 8 mm du sommet), destiné à

laisser passer une tige de laiton ou de cuivre de même diamètre et d'une longueur de 160 mm ; sa fonction est de supporter le moulinet proprement dit et de l'alimenter en courant. Le socle (pièces A, E1, E2, F1 et F2) sera également tracé, marqué, découpé et assemblé selon les indications données figure 3. La colonne sera ensuite collée sur A.

La figure 4 montre en détail la fabrication de l'équipage mobile. Afin de permettre sa rotation tout en maintenant un contact électrique, nous avons choisi d'utiliser un émerillon de pêche en laiton (longueur 12 mm). Il devra être soudé à angle droit à la tige de 2 mm. Si cet angle n'était pas droit et que l'émerillon ne soit pas vertical, la

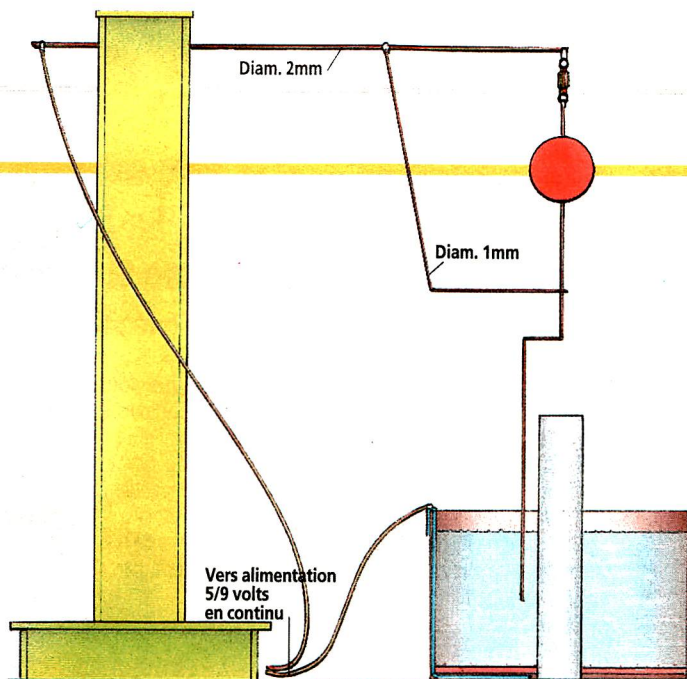


FIGURE 6

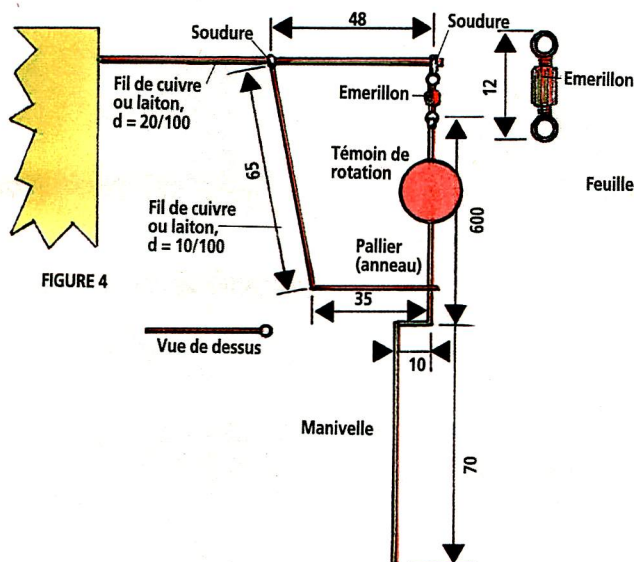


FIGURE 4

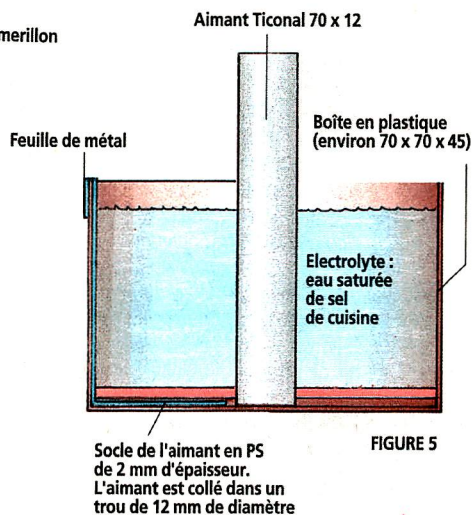


FIGURE 5

rotation serait difficile et le système fonctionnerait mal ou pas du tout.

On formera ensuite une manivelle avec un fil de laiton de 1 mm, long de 14 cm, qui sera coudé à angle droit à deux endroits comme indiqué **figure 4**. L'extrémité supérieure de la manivelle sera soudée dans le prolongement exact de l'axe de rotation de

l'émerillon. Là aussi, l'angle est impératif.

Si l'on ne trouve pas d'émerillon en laiton, on peut utiliser à la place ce même accessoire de pêche en acier inox ou chromé. Toutefois la soudure sera impossible. Il suffira de ligaturer les pièces avec du petit fil de laiton. Quoique cette solution soit acceptable (nous avons vérifié que le système

fonctionne dans ce cas), elle est moins sûre car il arrive que le contact se fasse mal.

Comme l'axe de la manivelle doit tourner, il est nécessaire de le faire passer dans un pallier constitué par une tige, de 100 mm de long et de 1 mm de diamètre, en fil de laiton. L'une de ses extrémités (voir **figure 4**) est formée en anneau à l'aide d'une pince à

becs ronds. L'autre sera soudée à la tige de 2 mm. On veillera au bon alignement des divers composants mécaniques, la manivelle devant être verticale et tourner librement.

Le bac qui va contenir l'aimant et une solution de sel de cuisine saturée aura des dimensions proches de 70 X 70 X 45 mm. Il peut être

en plastique (c'est préférable) et, dans ce cas, éventuellement fabriqué avec cinq rectangles de polystyrène assemblés à la colle Uhu-Plast et rendu étanche par le dépôt d'un cordon de colle dans les angles internes.

La boîte en métal peut convenir, mais sa durée de vie est brève ; nous avons essayé avec une petite boîte de conserve et une boîte de bière en aluminium coupée aux ciseaux en hauteur. Le système fonctionne parfaitement, mais les phénomènes d'électrolyse font que les boîtes sont vite percées – en 1 h pour une boîte de bière, en 3 h pour une boîte en fer blanc – et que la solution goute.

C'est pourquoi nous préconisons plutôt une boîte en plastique carrée ou cylindrique, dont une paroi sera rendue conductrice par application d'une feuille métallique (étain, cuivre, laiton ou même aluminium ménager ; dans ce dernier cas, il faudra surveiller la corrosion, également très rapide, et changer la feuille de temps en temps).

Le socle support de l'aimant, en polystyrène de 2 mm, sera découpé aux dimensions du récipient et percé en son centre d'un trou de 12 mm, dans lequel sera introduit et collé verticalement à la colle cyanocrylate un aimant Ticonal de 70 mm de long pour 12 mm de diamètre. Celui-ci sera soigneusement isolé du bain salé par un ruban adhésif le recouvrant entièrement ; en effet, un court-circuit est à craindre si l'aimant entre en contact avec le revêtement métallique : les piles n'y résisteraient pas longtemps.

La figure 6 montre les disposition relatives de la potence et du bac. L'axe de la manivelle doit être centré sur l'aimant de telle façon qu'en tournant elle ne le touche à aucun endroit.

On préparera alors une solution saturée de sel de cuisine et on remplira le bac. Il restera à faire les liaisons électriques avec deux fils munis de pinces crocodiles ; par exemple, on raccorde la feuille de métal du bac au + de la source de courant 6 volts continu. La tige sera reliée par un autre fil au – de la batterie de piles.

Dès que le contact est établi, un dégagement de gaz se produit et la manivelle se met à tourner. Il se peut, toutefois, que le système soit assez lent ou, même, s'arrête. On intervertira alors les polarités, et, en général, la rotation reprend normalement. Nos essais ont prouvé, qu'après un certain temps de fonctionnement, il se produit un dépôt sur les électrodes, ce qui limite le courant si on inverse les polarités. Dès qu'on aura trouvé le bon branchement, on le conservera à chaque fois.

Le défaut de ce moteur est dû, ainsi que nous le disions, à sa consommation importante (de 1 à 3 ampères). C'est pourquoi il ne faut pas tenter de l'alimenter avec des petites piles du genre R16 : elles ne dureraient pas longtemps. Les grosses piles rondes type R20 montées en série donnent de bons résultats. Ceux qui possèdent une alimentation secteur réglable et protégée contre les courts-circuits s'en serviront avec avantage.

On remarquera également, au bout de quelques minutes de fonctionnement, que l'électrolyte se trouble et devient vite une soupe épaisse, dont la couleur varie selon le type de métal utilisé. Cela est dû aux phénomènes d'électrolyse qui se produisent dans le bac. On n'hésitera donc pas à le remplacer de temps en temps pour que le moteur le plus simple du monde continue à tourner gaiement.

Renaud de La Taille

INFORMATIQUE AMUSANTE

La Bourse comme si vous y étiez (première partie)

Le programme que nous vous proposons ce mois-ci intéressera essentiellement les possesseurs de portefeuilles d'actions. Cependant, il permet d'illustrer la manière de gérer des fichiers et de réaliser des graphiques à partir

du GW Basic. Son exposé complet nécessitera deux articles. Dans cette première partie, nous ne nous attachons qu'à la gestion des fichiers et à la représentation graphique de l'évolution des cours. Le mois prochain, nous

PROGRAMME PRINCIPAL

```

10 CLEAR:SCREEN 9:COLOR 8:CLS
20 DIM TT(1100):DIM TL(1100):DIM TLL(1100)
21 REM *****
22 REM *
23 REM * Tracé du logo de la *
24 REM * page de présentation *
25 REM *
27 REM *****
30 COLOR 3:FOR T=0 TO 15
31 PSET ((300-(8*T)),(10+T)):LET X=16*T:DRAW "R=X;"
32 NEXT T
33 FOR T=0 TO 10
34 PSET ((150-(3*T)),(10+T)):LET X=6*T:DRAW "R=X;"
35 PSET ((450-(3*T)),(10+T)):LET X=6*T:DRAW "R=X;"
36 NEXT T
37 COLOR 15:PSET (50,25):LET X=500:LET Y=5:DRAW
  "R=X;D=Y;L=X;U=Y;"
38 PSET (10,30):LET X=580:LET Y=5:DRAW
  "R=X;D=Y;L=X;U=Y;"
39 PSET (25,35):LET X=550:LET Y=5:DRAW
  "R=X;D=Y;L=X;U=Y;"
40 FOR T=0 TO 4
41 PSET (50,(41+T)):LET X=500:DRAW "R=X;"
42 NEXT T
43 LET X=10:LET Y=100:COLOR 15
44 FOR T=55 TO 535 STEP 40
45 PSET (T,45):DRAW "D=Y;R=X;U=Y;L=X;":PAINT
  (T+1,46),7,15
46 NEXT T
47 COLOR 15:FOR T=0 TO 16 STEP 2
48 PSET ((25-T),(145+T)):LET X=550+(2*T):DRAW "R=X;"
49 NEXT T
50 FOR T=70 TO 530 STEP 40
51 PAINT (T,46),8,15
52 NEXT T
54 LET XC=100:COLOR 4:LET Y=2
55 FOR C=25 TO 575:LET AL=INT(RND*5)
56 IF AL=0 THEN LET CR=1-(INT(RND*3))
57 LET XC=XC+CR:PSET (C,XC):DRAW "U=Y;"
58 NEXT C
61 REM *****
62 REM *
63 REM * Choix du fichier à *
64 REM * charger en mémoire *
65 REM *
67 REM *****

```


tenterons de dégager les tendances à court terme des variations d'une valeur. Précisons, d'autre part, que cette première partie ne comporte pas un programme, mais deux : le premier permettant de saisir les cotations d'un titre, le second utilisant le fichier ainsi créé pour suivre l'évolution du titre.

Le programme de saisie aura pour but de créer, sur la disquette, un fichier où seront mémorisées toutes les cotations d'un titre.

En premier lieu, le programme demandera de donner un nom au titre que vous allez saisir. C'est sous ce nom que sera mémorisé le fichier sur la disquette. Nous avons décidé de pouvoir enregistrer les cours sur 1 100 cotations, soit plus de quatre ans. Nous commencerons donc par dimensionner deux tableaux de mémorisation à 1 100. Le premier mémorisera la frappe des valeurs saisies au clavier qui, après traitement, seront transférées dans le second.

Ce point nous permettra notamment de saisir les cours, soit par ordre chronologique – du plus ancien au plus récent –, soit par ordre chronologique inverse – donc en partant du cours du jour. Dès la page d'accueil, l'ordinateur demandera de préciser le sens de saisie et rebouclera tant qu'une réponse ne sera pas fournie. Notons que si une touche différente de C (pour chronologique) ou I (pour inverse) est frappée, l'ordinateur indiquera : "CHOIX NON

VALIDE" et reformulera sa question. Une fois la réponse fournie, le programme se rendra vers la sous-routine correspondante. Elles ne différeront que par le sens du remplissage du tableau de mémorisation. Il ne faudra pas oublier d'indiquer, à la saisie, les jours de clôture du marché, précédés du signe : "-". Cette mention est absolument indispensable pour que le programme principal puisse les faire apparaître sur ses tracés graphiques et les prendre en

```
100 COLOR 7:LOCATE 20,1:INPUT "Nom du titre a
étudier";NT$
110 LOCATE 21,1:INPUT "Sur quel disque, ou disquette,
dois-je le chercher";DK$
120 LOCATE 22,1:COLOR 11:PRINT "Chargement en cours,
veuillez patienter."
161 REM *****
162 REM * *
163 REM *   Chargement du fichier *
164 REM *   depuis le disque *
165 REM * *
167 REM *****
200 LET NF$=DK$+";"+"NT$+" .BRS"
210 OPEN "I",#1,NF$
220 FOR I=1 TO 1100
230 INPUT #1,TT(I)
240 NEXT I
250 CLOSE
261 REM *****
262 REM * *
263 REM *   Choix de la méthode de *
264 REM *   traçage des axes *
265 REM * *
267 REM *****
300 FOR EFF=20 TO 22
310 LOCATE EFF,1:PRINT STRING$(70,32)
320 NEXT EFF
330 LOCATE 15,1:PRINT "Je vais procéder au tracé des
axes."
331 LOCATE 16,1:PRINT "Pour le choix des échelles dési-
rez-vous:"
332 LOCATE 18,10:PRINT "- Une graduation automatique des
axes (taper A)"
333 LOCATE 19,10:PRINT "- Une graduation manuelle des
axes (taper M)."
340 LET K$=INKEY$:IF K$<>"A" AND K$<>"a" AND K$<>"M" AND
K$<>"m" THEN GOTO 340
350 IF K$="A" OR K$="a" THEN GOSUB 8000
351 IF K$="M" OR K$="m" THEN GOSUB 8500
360 GOSUB 9000:GOSUB 9600
400 LOCATE 23,1:PRINT "Désirez vous modifier les
échelles? (O/N)";CHR$(7);STRING$(10,32)
410 LET K$=INKEY$:IF K$<>"O" AND K$<>"o" AND K$<>"N" AND
K$<>"n" THEN GOTO 410
420 IF K$="n" OR K$="N" THEN GOTO 450
430 CLS:GOSUB 8500:GOSUB 9000
440 LET TYPE=1: GOSUB 10000
441 LET TYPE=2: GOSUB 10000
```

```
442 LET TYPE=3: GOSUB 10000
445 GOTO 400
450 LOCATE 23,1:PRINT "Désirez etudier une autre valeur?
(O/N)";CHR$(7);STRING$(10,32)
460 LET K$=INKEY$: IF K$<>"O" AND K$<>"o" AND K$<>"n" AND
K$<>"N" THEN GOTO 460
470 IF K$="n" OR K$="N" THEN SYSTEM
480 GOTO 10
941 REM *****
942 REM * *
943 REM *   Rebouclage du programme *
944 REM *   ou retour au MS DOS *
945 REM * *
947 REM *****
950 LOCATE 23,1:PRINT "Désirez etudier une autre valeur?
(O/N)";CHR$(7);STRING$(10,32)
960 LET K$=INKEY$: IF K$<>"O" AND K$<>"o" AND K$<>"n" AND
K$<>"N" THEN GOTO 960
970 IF K$="n" OR K$="N" THEN SYSTEM
980 GOTO 10
7941 REM *****
7942 REM * *
7943 REM *   Sous-routine de calcul *
7944 REM *   automatique des échelles *
7945 REM * *
7947 REM *****
8000 LET CMAX=TT(1):LET CMIN=CMAX:LET NCT=0
8001 FOR EFF=15 TO 19
8002 LOCATE EFF,1:PRINT STRING$(70,32)
8003 NEXT EFF
8010 LOCATE 15,1:PRINT "Calcul des axes en cours, veuillez
patienter."
8100 LET SCN=1
8110 LET COT=ABS(TT(SCN)):IF COT=0 THEN LET NCT=SCN-1:RE-
TURN
8115 IF CMAX< COT THEN LET CMAX=COT
8120 IF CMIN> COT THEN LET CMIN=COT
8130 IF SCN=1100 THEN LET NCT=1100:RETURN
8140 LET SCN=SCN+1:GOTO 8110
8441 REM *****
8442 REM * *
8443 REM *   Sous-routine de choix *
8444 REM *   manuel des échelles *
8445 REM * *
8447 REM *****
8500 LET CMAX=0:LET CMIN=0:LET NCT=0
8501 FOR EFF=15 TO 19
8502 LOCATE EFF,1:PRINT STRING$(70,32)
```

```

8503 NEXT EFF
8510 LET SCN=1:LET MCT=0
8520 IF TT(SCN)=0 THEN LET MCT=SCN-1:GOTO 8600
8530 LET SCN=SCN+1
8540 IF SCN=1101 THEN LET MCT=1100:GOTO 8600
8550 GOTO 8520
8600 LOCATE 15,1:PRINT "Pour le titre ";NT$;" je dispose
de";MCT;"cotations."
8610 LOCATE 18,1:PRINT STRING$(80,32)
8620 LOCATE 18,1:INPUT "Sur combien de cotations l'affi-
chage doit-il porter";NCT
8630 IF NCT>MCT THEN LOCATE 20,1:COLOR 12:PRINT "CHOIX NON
VALIDE: NOMBRE CHOISI SUPERIEUR A CELUI DES COTATIONS DIS-
PONIBLES.";CHR$(7):COLOR 11:GOTO 8610
8635 IF NCT<2 THEN LOCATE 20,1:COLOR 12:PRINT "*****
CHOIX NON VALIDE. *****";CHR$(7):COLOR 11:GOTO 8610
8640 LOCATE 20,1:PRINT STRING$(80,32)
8650 LOCATE 20,1:INPUT "Cote maximale de l'échelle";CMAX
8660 LOCATE 21,1:INPUT "Cote minimale de l'échelle";CMIN
8670 IF CMIN>CMAX THEN LOCATE 21,1:PRINT
CHR$(7);STRING$(70,32):GOTO 8660
8700 RETURN
8841 REM *****
8842 REM *
8843 REM * Sous routine de traçage *
8844 REM * des axes *
8845 REM *
8847 REM *****
9000 CLS: COLOR 15
9010 LET X=605:LET Y=244:LET ZV=5:LET ZH=10
9020 PSET(25,225):DRAW "R=X;"
9030 PSET(50,250):DRAW "U=Y;"
9040 PSET(50,1):DRAW "F=Zv;L=Zh;E=Zv;"
9050 PSET(635,225):DRAW "G=Zv;U=Zh;F=Zv;"
9100 COLOR 2:LET FH=1:LOCATE 20,17:PRINT "Une graduation
par cotation."
9110 IF NCT>50 THEN LET FH=10:LOCATE 20,17:PRINT "Une gra-
duation pour 10 cotations."
9120 IF NCT>500 THEN LET FH=100:LOCATE 20,17:PRINT "Une
graduation pour 100 cotations."
9125 LOCATE 20,1:PRINT "Axe horizontal:":COLOR 15
9130 LET PAS=INT(500/(NCT/FH))
9140 LET NPCH=500/NCT
9150 FOR BX=50+PAS TO 550 STEP PAS
9160 COLOR 15:PSET (BX,225):DRAW "D=Zv;"
9165 COLOR 8:PSET (BX,224):LET RV=220:DRAW "U=RV;"
9166 LET DGRH=BX
9170 NEXT BX
9200 LET FOURCH=CMAX-CMIN:LET FV=1
9210 COLOR 2:LOCATE 21,1:PRINT "Axe vertical: Une gradua-
tion par franc."
9220 IF FOURCH>20 THEN LET FV=10:LOCATE 21,30:PRINT "pour
10 francs."
9230 IF FOURCH>200 THEN LET FV=100:LOCATE 21,30:PRINT
"pour 100 francs."
9240 IF FOURCH>2000 THEN LET FV=1000:LOCATE 21,30:PRINT
"pour 1000 francs."
9250 IF FOURCH>20000 THEN LET FV=10000:LOCATE 21,30:PRINT
"pour 10000 francs."
9260 LET PAF=INT(200/(FOURCH/FV))
9265 LET NPPF=PAF/FV
9270 FOR BY=225-PAF TO 10 STEP -PAF
9280 COLOR 15:PSET (50,BY):DRAW "L=Zv;"
9290 COLOR 8:PSET (50,BY):LET RH=550:DRAW "R=RH;"
9295 NEXT BY
9300 LET SEUIL=FV*(INT(CMIN/FV))
9310 COLOR 2:LOCATE 22,15:PRINT
"Origine: ";SEUIL;"francs."
9400 LOCATE 20,60:COLOR 7
9410 PRINT "Réelle: ";:COLOR 14:PRINT " "
9411 LOCATE 21,60:COLOR 7
9420 PRINT "50 jours: ";:COLOR 11:PRINT " "
9421 LOCATE 22,60:COLOR 7
9430 PRINT "200 jours: ";:COLOR 10:PRINT " "
9431 LOCATE 23,60:COLOR 7
9435 PRINT "Clotures: ";:COLOR 4:PRINT " "
9440 LET LEC=0:LET PRXP=0:LET B=0:COLOR 14
9500 LET TYPE=1:GOSUB 10000
9510 RETURN
9541 REM *****
9542 REM *
9543 REM * Sous-routine de calcul *
9544 REM * des lissages 50 et 200 jours *
9545 REM *
9547 REM *****
9600 LOCATE 23,1:COLOR 7
9610 PRINT "Calcul de la courbe 50 jours. Itération:"
9620 FOR PL=1 TO 1050
9625 LET CVL=0
9630 FOR VL=0 TO 49
9635 IF TT(VL+PL)=0 THEN LET VL=50:LET PL=1051:GOTO 9680
9640 LET CVL=CVL+ABS(TT(VL+PL))
9645 LOCATE 23,40:PRINT PL
9650 NEXT VL
9660 LET TL(PL)=INT(CVL/50)
9670 NEXT PL
9680 LET TYPE=2:GOSUB 10000
9700 LOCATE 23,1:COLOR 7
9710 PRINT "Calcul de la courbe 200 jours. Itération:"
9720 FOR PL=1 TO 900
9725 LET CVL=0
9730 FOR VL=0 TO 199
9735 IF TT(VL+PL)=0 THEN LET VL=200:LET PL=901:GOTO 9780
9740 LET CVL=CVL+ABS(TT(VL+PL))
9745 LOCATE 23,41:PRINT PL
9750 NEXT VL
9760 LET TLL(PL)=INT(CVL/200)
9770 NEXT PL
9780 LET TYPE=3:GOSUB 10000
9900 RETURN
9941 REM *****
9942 REM *
9943 REM * Sous-routine de traçage *
9944 REM * des courbes *
9945 REM *
9947 REM *****
10000 LET LEC=0:LET PRXP=0:LET B=0
10005 FOR TR=DGRH TO 50 STEP -INT(NPCH)
10010 LET LEC=LEC+1
10015 IF TYPE=1 THEN LET PTC=ABS(TT(LEC)):LET CLT=14
10016 IF TYPE=2 THEN LET PTC=ABS(TL(LEC)):LET CLT=9
10017 IF TYPE=3 THEN LET PTC=ABS(TLL(LEC)):LET CLT=10
10018 COLOR CLT
10020 LET PRX=225-(INT(PTC-SEUIL)*NPPF)
10025 IF PTC=0 THEN GOTO 10060
10030 LET L=PAS/FH
10040 PSET (TR,PRX):DRAW "R=L;"
10050 IF LEC>1 THEN LET B=PRX-PRXP
10051 PSET (TR+INT(NPCH),PRX):DRAW "U=B;"
10052 IF TT(LEC)<0 THEN COLOR
4:PSET(TR,230):DRAW"U=Y;":COLOR CLT
10059 LET PRXP=PRX
10060 NEXT TR
10070 RETURN

```


compte dans ses estimations.

Pour terminer la saisie, il suffira de taper zéro comme cotation. Dès lors la sauvegarde sera effectuée. Cette opération terminée, le programme vous demandera si vous souhaitez ou non effectuer la saisie d'un autre titre. Dans l'affirmative, il rebouclera ; en cas contraire, il rendra la main au MS DOS.

Le programme principal.

En premier lieu nous dimensionnerons un tableau destiné à recevoir les données contenues par le fichier de la disquette. Une page d'accueil

sera ensuite affichée ; puis le programme demandera de lui fournir le nom du titre à charger. Il faudra également lui préciser sur quel disque le fichier est disponible. En effet, rien ne s'oppose à ce que des copies des fichiers soient effectuées sur une unité différente de l'unité A. Ces deux paramètres fixés, le chargement s'effectuera. L'ordinateur aura dès lors en mémoire toutes les cotations du titre. Le tracé des courbes pourra donc commencer.

En premier lieu, l'ordinateur tracera des axes sur l'écran.

Ici, deux possibilités sont offertes à l'utilisateur : soit leur graduation, en abscisse comme en ordonnée, est automatique ; soit elle est manuelle. En fonction automatique, le programme analyse le contenu du tableau de mémorisation et, en fonction des points extrêmes, calcule les échelles de manière à ce que la courbe occupe le plus de place possible sur le graphe. En fonctionnement manuel, la machine demande qu'on lui précise les échelles et vérifie qu'elles sont compatibles avec la représentation demandée.

Enfin trois courbes seront affichées : la courbe réelle, une courbe "lissée" sur un cycle de cinquante jours et une dernière correspondant à un lissage sur deux cents jours. Précisons que celles-ci n'apparaissent, évidemment, que si le nombre de cotations saisies est suffisant pour effectuer l'ensemble des calculs nécessaires.

Voici donc les fonctions que nous réaliserons ce mois-ci. Le mois prochain, nous nous intéresserons à l'interprétation des courbes.

Henri-Pierre Penel

PROGRAMME AUXILIAIRE DE SAISIE

```
10 CLEAR:SCREEN 9:CLS
20 DIM SAI(1100)
30 DIM TIT(1100)
100 COLOR 14:LOCATE 5,10:PRINT "Saisie de l'évolution du
cours d'un titre."
110 COLOR 2:LOCATE 10,10:INPUT "Nom du titre (valider par
'Entrée' SVP):";NT$
115 PRINT CHR$(7)
120 COLOR 10:LOCATE 15,10:PRINT "Désirez vous entrer les
cotations par ordre"
130 LOCATE 17,10:PRINT "chronologique ou chronologique
inverse?"
140 LOCATE 19,10:PRINT "Sens chronologique taper 'C'"
150 LOCATE 21,10:PRINT "Sens chronologique inverse taper
'I'"
160 LET K$=INKEY$:IF K$="" THEN GOTO 160
170 IF K$="C" OR K$="c" OR K$="I" OR K$="i" THEN GOTO 200
180 COLOR 12:LOCATE 17,10:PRINT "***** Choix non
valide *****";CHR$(7)
190 GOTO 160
200 CLS
210 COLOR 14:LOCATE 2,1:PRINT "Attention: précisez la
cloture en faisant précéder le cours du signe '-'
'(moins)."
215 LOCATE 10:LOCATE 3,1:PRINT "Pour terminer la saisie
tapez '0' (zéro)."
220 COLOR 10:LOCATE 1,1:PRINT "Saisie la valeur de
";NT$;" par ordre ";
230 IF K$="C" OR K$="c" THEN PRINT "chronologique.":GOSUB
1000
240 IF K$="I" OR K$="i" THEN PRINT "chronologique inver-
se.":GOSUB 2000
300 CLS
310 LOCATE 5,10:PRINT "je traite vos données et je vais en
effectuer"
320 LOCATE 7,10:PRINT "une sauvegarde sur la
disquette A."
330 LOCATE 9,10:PRINT "Veuillez vérifier que le lecteur
est prêt."
400 IF K$="C" OR K$="c" THEN GOTO 500
410 FOR I=1 TO 1100
420 LET TIT(I)=SAI(I)
```

```
430 NEXT I
500 IF K$="I" OR K$="i" THEN GOTO 600
510 FOR I=1 TO 1100
520 LET TIT(I)=SAI(1101-I)
530 NEXT I
600 LET SB$="A:"+NT$+".BRS"
610 OPEN "o",#1,SB$
620 FOR S=1 TO 1100
630 WRITE #1,TIT(S)
640 NEXT S
650 CLOSE
700 CLS
710 LOCATE 5,1:PRINT "Désirez vous saisir le cour
d'une autre valeur (O/N)?"
715 LET K$=INKEY$
720 IF K$="O" OR K$="o" THEN GOTO 10
730 IF K$="N" OR K$="n" THEN SYSTEM
740 GOTO 715
1000 LET JOUR=1100
1010 LOCATE 23,1
1020 PRINT "Cours de la valeur ";NT$;" ";
1030 COLOR 14:INPUT COTE:COLOR 10
1040 IF COTE<0 THEN COLOR 4:PRINT "Cloture";:COLOR
10:PRINT CHR$(7)
1050 LET SAI(JOUR)=COTE
1100 LET JOUR=JOUR-1
1110 PRINT
1120 IF COTE=0 OR JOUR=0 THEN RETURN
1200 GOTO 1010
2000 LET JOUR=1
2010 LOCATE 23,1
2020 PRINT "Cours de la valeur ";NT$;" a Jour -";
(JOUR-1);
2030 COLOR 14:INPUT COTE:COLOR 10
2040 IF COTE<0 THEN COLOR 4:PRINT "Cloture";:COLOR
10:PRINT CHR$(7)
2050 LET SAI(JOUR)=COTE
2100 LET JOUR=JOUR+1
2110 PRINT
2120 IF COTE=0 OR JOUR=1101 THEN RETURN
2200 GOTO 2010
```

ÉLECTRONIQUE AMUSANTE

Un détecteur d'entrées

De nombreux appareils, tels que les amplificateurs, les tuners, les magnétophones, etc., sont équipés soit de fiches DIN, soit de fiches RCA. Les premières rassemblent le plus souvent cinq contacts dans une fiche unique, alors que les secondes ne comportent qu'un contact central et une mise à la masse périphérique. Des problèmes se posent dès que l'on veut interconnecter deux appareils équipés différemment. Ce peut être le cas, par exemple, d'un amplificateur et d'un lecteur-enregistreur de cassettes. S'il est facile de se procurer dans le commerce des cordons dont l'une des extrémités est équipée d'une fiche DIN et l'autre de quatre RCA, l'affaire se gâte lors de la mise en place des fiches. Si, côté DIN, l'opération est aisée (il n'y a qu'une seule fiche), côté RCA, rien ne va

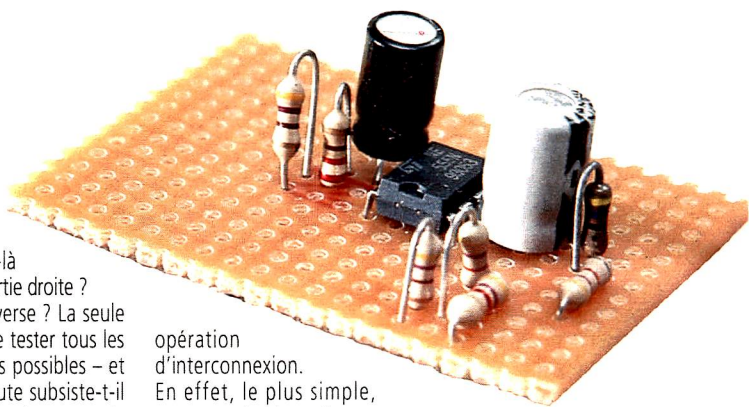
plus ! Où raccorder les fiches ? Si celle-ci est une entrée gauche, celle-là est-elle une sortie droite ? Ou est-ce l'inverse ? La seule solution est de tester tous les raccordements possibles – et encore un doute subsiste-t-il souvent en ce qui concerne le respect des canaux. Cependant, même si la stéréo est inversée (ce qui n'est qu'un moindre mal), bien des amateurs mettront le raccordement "sous scellés", interdisant farouchement à quiconque d'en approcher pour ne pas risquer de voir tous leurs efforts réduits à néant.

Le petit montage que nous vous proposons de réaliser ce mois-ci devrait permettre de rendre moins délicate cette

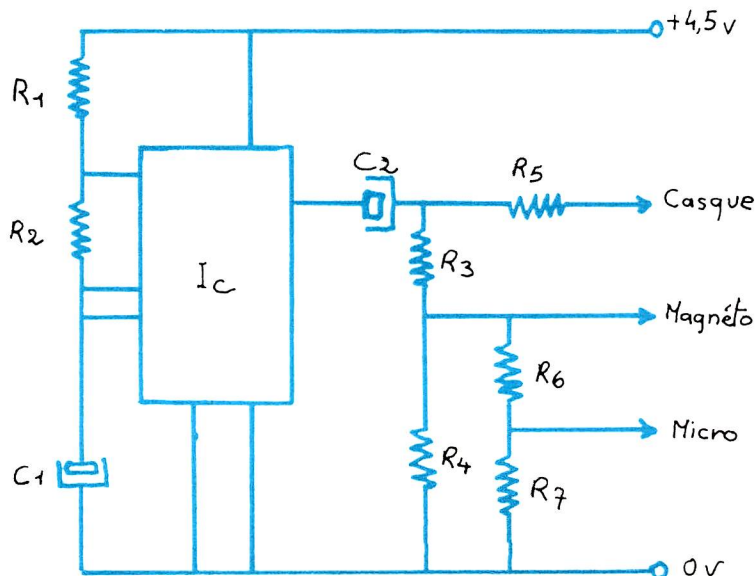
opération d'interconnexion. En effet, le plus simple, pour savoir "à quoi correspond quoi", reste encore de provoquer un signal électrique permettant de constater de quel haut-parleur provient le son. Ce montage offre une source sonore aisément reconnaissable, un peu comme les magnétoscopes génèrent une mire permettant de repérer leur canal sur le téléviseur. Il s'agit, en fait, d'un petit oscillateur, dont les caractéristiques de sorties seront similaires à celles d'un magné-

tophone, d'un micro ou d'une fiche casque. Nous l'équiperons en effet de trois sorties, de manière à pouvoir choisir la mieux adaptée au type d'entrée qu'on veut identifier.

L'oscillateur lui-même est réalisé à l'aide d'un circuit intégré du type NE 555. Câblé en fonctionnement astable, par bouclage de ses broches 2 et 6, il fournira sur sa sortie, contact numéro 3, un signal



SCHEMA ÉLECTRIQUE



OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

- MAGNETIC FRANCE, 11 place de la Nation, 75011 Paris. Tél. : (1) 43 79 39 88.
- PENTASONIC, 10 bd Arago, 75013 Paris. Tél. : (1) 43 36 26 05.
- T.S.M., 15 rue des Onze-Arpen, 95130 Franconville. Tél. : (1) 34 13 37 52.
- URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon, Suisse.
- Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

carré. Comme toujours pour cet usage, il sera entouré d'un jeu de résistances et d'un condensateur, ces composants constituant la "base de temps" fixant la valeur de la fréquence d'oscillation du montage. Le signal électrique

correspondant au casque sera prélevé sur la sortie du NE 555 par l'intermédiaire d'un condensateur et d'une résistance de faible valeur sur la sortie du circuit intégré. Il s'agit là de la tension la plus élevée. Les signaux destinés aux autres fiches seront également obtenus à partir de cette sortie, en divisant sa valeur à l'aide d'un jeu de résistances montées en pont diviseur. En fait, le rapport de leurs valeurs sera directement lié au rapport des tensions à obtenir. Dans notre cas, nous choisirons donc des composants tels que, pour la base de temps, le montage délivre un signal d'une fréquence d'environ 1 kilohertz ; et que, d'autre part, en ce qui concerne les tensions disponibles, l'amplitude soit d'environ 2,5 volts sous 30 ohms sur la sortie casque, d'environ 250 millivolts sur la

sortie magnétophone, et d'environ 2,5 millivolts sur la sortie micro.

La simplicité du câblage de ce contrôleur le destine tout particulièrement aux débutants. Il ne faudra, cependant, pas oublier de couper l'ensemble des bandes conductrices de la plaquette de câblage sous le circuit intégré et aux emplacements mentionnés sur le schéma d'implantation des composants. De même, il faudra respecter le brochage du circuit intégré. Rappelons que sur le NE 555 une encoche sur le dessus du boîtier est placée entre la broche 1 et la broche 8. Ce repère permet d'éviter toute erreur d'orientation. Notons également que si les résistances ne possèdent pas de polarité particulière, il n'en va pas de même des condensateurs chimiques dont est équipé ce contrôleur. Ces derniers,

fonctionnant à partir d'une réaction électrochimique comparable à celle des batteries, ne peuvent fonctionner correctement que si la valeur moyenne de la tension appliquée à leurs bornes possède un sens compatible avec celui pour lequel ils ont été conçus. De plus, un fonctionnement en "polarisation inverse" conduit à la destruction de ce type de composant à plus ou moins court terme. Afin de repérer le sens de polarisation, un étranglement est pratiqué sur le cylindre faisant office de boîtier, du côté correspondant au fil à raccorder vers les tensions positives. Seules exceptions à cette règle : les condensateurs à sorties radiales. Ici, les deux fils sortant du même côté, un repère marqué + est placé à proximité du contact lui correspondant.

Tester le fonctionnement de

notre réalisation est également très simple. Une fois entièrement câblé et alimenté par une pile de 4,5 V (du type pile pour lampe de poche), un casque (type casque pour baladeur) sera connecté en sortie. Sur la partie périphérique de la fiche casque, on appliquera simplement le fil issu du 0 volt et, à son extrémité, celui issu de la résistance. Un sifflement peut alors être perçu dans l'un des écouteurs. Si tel est le cas, le montage est prêt à l'usage. Il n'est effectivement pas indispensable de tester une par une les diverses sorties, celles-ci n'étant en fait que des dérivations de la sortie casque.

Pour tester le raccordement à un amplificateur, on procédera sensiblement de la même manière. Après l'avoir mis sous tension et avoir sélectionné une entrée, il suffira d'appliquer nos fils sur chaque fiche. S'il s'agit d'une entrée, le haut-parleur de la voie lui correspondant émettra un sifflement ; cette fiche devra donc être raccordée à la sortie correspondante du magnétophone, par exemple. Inversement, s'il s'agit d'une sortie, le haut-parleur restera muet.

Henri-Pierre Penel

NOMENCLATURE

R1 = 470 ohms (jaune, violet, brun, or)
R2 = 220 ohms (rouge, rouge, brun, or)
R3 = 47 kilohms (jaune, violet, orange, or)
R4 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)
R5 = 22 ohms (rouge, rouge, noir, or)
R6 = 47 kilohms (jaune, violet, orange, or)

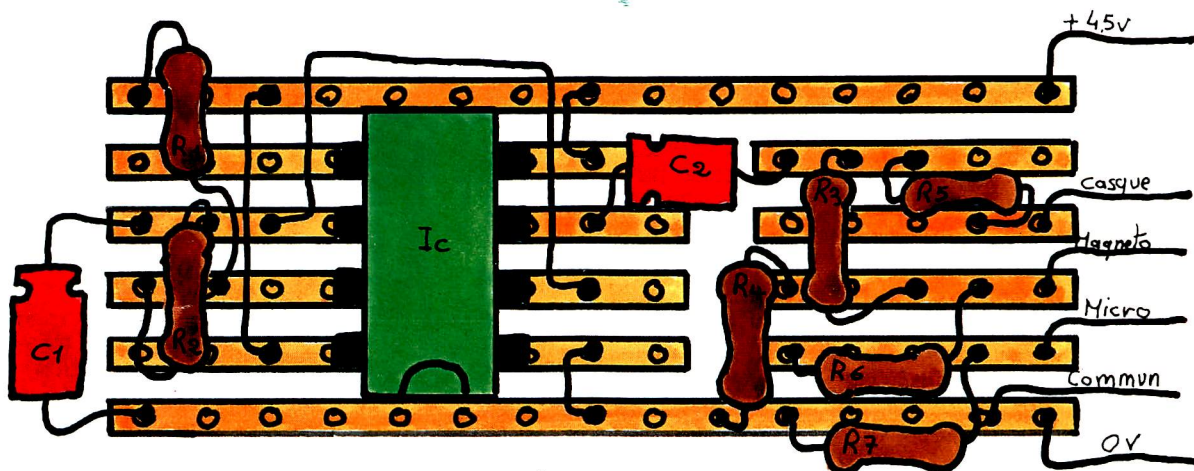
R7 = 470 ohms (jaune, violet, brun, or)

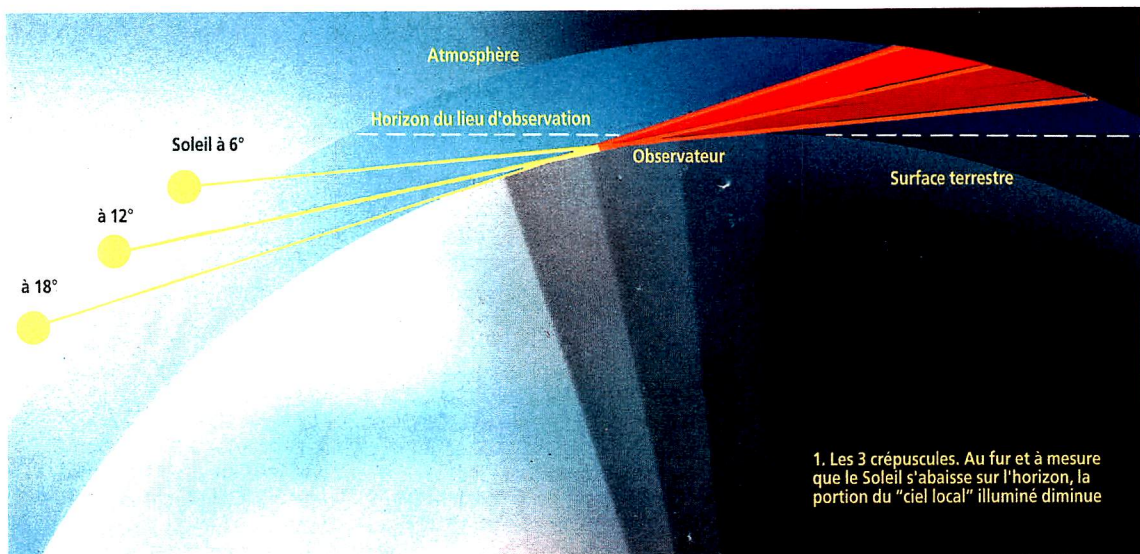
C1 = 22 microfarads 12 V

C2 = 47 microfarads 12 V

Ic = NE 555

IMPLANTATION DES COMPOSANTS





JOURNAL DE L'ASTRONOME

Des jours sans nuit

L'observation astronomique, exception faite pour le Soleil, se pratique essentiellement la nuit. Certes, on sait bien que les nuits d'hiver sont plus longues que les nuits d'été mais, en réalité, cela demande une précision sur le plan astronomique.

En fait, ce que les astronomes appellent nuit n'est pas le temps compris entre le coucher et le lever du Soleil mais celui où le ciel, parfaitement noir, rend accessible la visibilité des étoiles de 6^e magnitude à l'œil nu.

Cette période est égale au temps qui sépare le coucher du Soleil de son lever moins la durée du crépuscule et de l'aurore ; laquelle durée est particulièrement perçue en juin, au voisinage du solstice d'été, et cela d'autant plus depuis l'utilisation de l'heure d'été.

Crépuscule et aurore sont ces périodes "entre chien et loup", qui suivent le coucher de l'astre solaire ou précèdent son lever et au cours desquelles la nuit n'est pas encore parfaite.

C'est l'atmosphère et ses éventuelles poussières qui sont responsables de tout. A la surface d'un astre dépourvu d'atmosphère, comme la

Lune, la transition entre le jour et la nuit est brutale ; on passe de la lumière à l'obscurité profonde. Sur Terre, lorsque le Soleil se couche à l'horizon, celui-ci disparaît à notre vue mais son rayonnement continue à éclairer l'atmosphère, qui reste ainsi lumineuse pendant un certain temps. C'est cet éclaircissement de l'atmosphère terrestre par le Soleil déjà couché qu'on appelle crépuscule. A noter que, le matin, avant le lever du Soleil, le phénomène est identique, mais à l'envers ; le ciel s'éclaire progressivement avant que le disque solaire n'apparaisse, et ce crépuscule du matin est appelé aurore.

Tout ce que nous dirons au sujet du crépuscule est donc applicable à l'aurore mais "à l'envers".

On comprend de ce qui précède que l'obscurcissement du ciel soit progressif et proportionnel à l'abaissement du Soleil au-dessous de l'horizon du lieu d'observation.

La définition du crépuscule découle de cet abaissement d'un certain nombre de degrés. Mais chacun a pu remarquer que, entre le coucher du Soleil et la fin du crépuscule, il y avait un certain "palier". Au

bout d'un moment, bien que gênés pour lire, nous pouvons encore identifier les formes ; puis il devient difficile de se déplacer alors que le ciel n'est pas encore tout à fait noir.

Cela a amené l'astronome et le législateur à définir plusieurs crépuscules (figure 1).

On distingue :

- Le crépuscule civil, qui dure du coucher du Soleil jusqu'à son abaissement de 6° au-dessous de l'horizon. A la fin du crépuscule civil, l'éclairage public est allumé, les automobilistes doivent mettre leurs veilleuses, les parcs et jardins sont fermés, etc. L'astronome sait que les planètes et les étoiles les plus brillantes sont visibles (1^{re} magnitude).

- Le crépuscule nautique, qui va du coucher du Soleil jusqu'à son abaissement de 12° au-dessous de l'horizon. Lorsqu'il se termine, les navigateurs savent que les étoiles de 2^e magnitude, nécessaires pour faire le point, sont visibles dans le sextant alors que la ligne d'horizon est encore discernable.

- Le crépuscule astronomique enfin, qui se termine alors que le Soleil est abaissé de 18° sous l'horizon. A ce moment, les plus faibles étoiles, visibles à l'œil nu, apparaissent (6^e magnitude).

Si le Soleil se couchait toujours selon une même trajectoire par rapport à l'horizon, la durée des crépuscules serait toujours identique, mais, en



raison de l'inclinaison de la Terre, il n'en est rien. Tout au long de l'année, cette trajectoire varie en fonction de la date et de la latitude du lieu d'observation.

La durée des crépuscules change d'un jour à l'autre et pour deux endroits situés à des latitudes différentes. Si nous prenons la latitude moyenne de la France, soit 45°, le crépuscule civil dure de 31 minutes fin septembre-début octobre, à 39 minutes fin juin. Aux mêmes dates, et pour la même latitude, le crépuscule nautique varie de 1 h 05 à 1 h 28 et l'astronomique de 1 h 39 à 2 h 34.

Cette variation de durée est d'autant plus marquée qu'on se rapproche des latitudes polaires, tandis que l'amplitude de ces variations diminue à l'approche de l'équateur. C'est d'ailleurs cette faible variation au cours de l'année qui fait dire qu'il n'y a pas de crépuscule sous l'équateur et que la nuit y tombe brutalement. Dans la réalité, il y a bien trois crépuscules, mais le civil varie de 22 à 24 minutes, le nautique de 46 à 50 minutes et l'astronomique de 1 h 10 à 1 h 16. Comme la détermination de la fin d'un crépuscule n'est pas une chose précise, quelques minutes de variation au cours d'une année ne se remarquent pas. De plus, le phénomène est plus court que sous nos latitudes et il nous semble donc, lorsque nous nous trouvons à l'équateur, qu'il est inexistant, ce qui est purement subjectif.

Lorsqu'on se rapproche du pôle, le principe est inverse. L'amplitude des variations s'accroît en même temps que la durée s'allonge. Le cas extrême est représenté par le pôle lui-même où, suivant l'époque, le Soleil finit par ne pas se coucher six mois durant. Déjà, à partir du cercle polaire, on peut observer le fameux soleil

de minuit : le Soleil s'abaisse sur l'horizon, le frôle à minuit, puis commence à remonter.

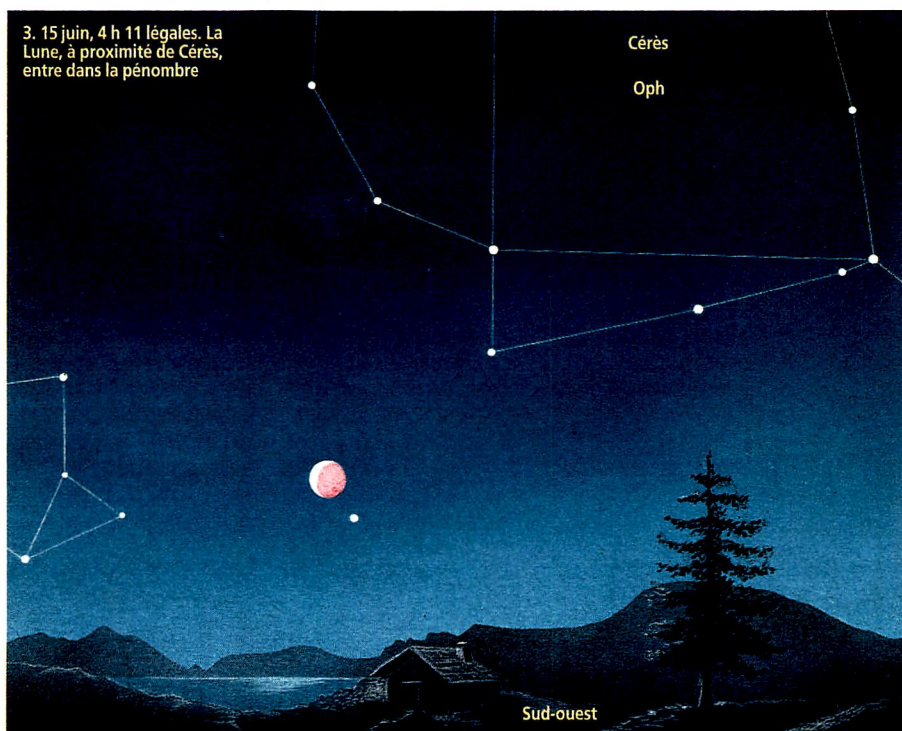
Cependant, avant d'arriver au cercle polaire, il est des latitudes intermédiaires qui méritent notre attention. Ce sont celles où le Soleil, alors qu'il est couché, ne s'abaisse pas de 18° au-dessous de l'horizon. Dans ces régions, il n'y aura pas du tout de nuit astronomique pendant une certaine période de l'année !

Cela est particulièrement im-

leil, c'est-à-dire sa hauteur sur l'équateur céleste. La déclinaison nord maximale est atteinte au solstice d'été avec 23° 27'. On constate que, en cette période-là, les zones de latitude nord supérieures à 48° 33' n'ont plus de nuits astronomiques. En France, cette limite passe par une ligne Strasbourg, Lunéville, Arcis-sur-Aube, Provins, Melun, Mantes-la-Ville, Mortagne, Saint-Brieux, Morlaix. Bien entendu, le phénomène est d'autant plus sen-

A partir de la latitude 60°, le Soleil s'abaisse de moins de 6° au-dessous de l'horizon à l'époque du solstice ; le crépuscule civil ne se termine jamais. C'est la cas de Saint-Petersbourg où, durant cette période, l'éclairage public n'est pas allumé la nuit ; il fait suffisamment clair pour se déplacer et lire son journal !

L'astronome amateur doit connaître ce phénomène afin d'éviter des déboires. Ainsi, il serait vain de se lancer dans



portant pour l'astronome amateur car, à ces moments-là, il sera inutile de tenter l'observation des objets faibles, comme les galaxies ou les nébuleuses, ainsi que la photographie des champs d'étoiles. Le ciel nocturne, trop lumineux, gênerait l'observation ou voilerait le cliché photographique.

La détermination des zones concernées est facile. Cela dépend de la déclinaison du So-

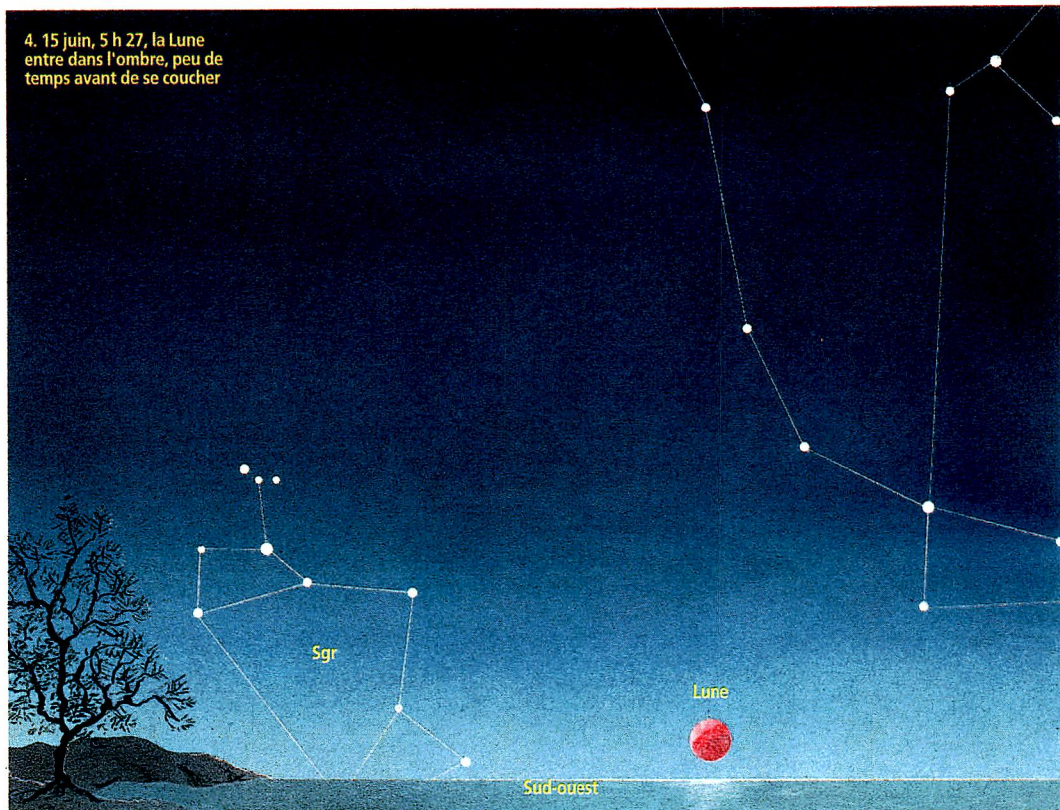
sible qu'on se trouve plus au nord de cette ligne. A Paris, sans atteindre l'ampleur des fameuses nuits blanches de Saint-Petersbourg (ex-Léninград) du 11 juin au 3 juillet, il ne fait pas nuit astronomiquement parlant.

Plus au nord, à Amsterdam par exemple, c'est du 21 mai au 23 juillet qu'il ne fait pas nuit et, à la latitude d'Edimbourg, du 29 avril au 15 août.

l'observation de nébuleuses ou d'amas, fin juin au nord de Paris, le ciel ne permettant pas ce genre d'observation.

De toute façon, il est bon, avant de commencer une séance d'observation, de déterminer l'heure de début et de fin de la nuit astronomique. Ce sera la période réservée aux objets faibles, comme les amas, galaxies et nébuleuses. Le crépuscule toutefois n'in-

4. 15 juin, 5 h 27, la Lune entre dans l'ombre, peu de temps avant de se coucher



terdit pas toutes les observations. Il est toujours possible d'observer la Lune, les planètes, les conjonctions et les étoiles les plus brillantes. Certaines planètes, comme Mercure et quelquefois Vénus, ne sont d'ailleurs visibles qu'à ces moments-là.

La formule qui permet de calculer la durée du crépuscule astronomique est relative-

ment complexe, mais les éphémérides astronomiques publient chaque année la durée de celui-ci en fonction de la date et de la latitude du lieu d'observation.

En dehors de l'intérêt qu'il y a pour l'astronome à connaître les heures d'observation possible, le crépuscule a été utilisé dans le passé pour déterminer l'épaisseur de l'atmosphère.

En effet, on comprend que la durée pendant laquelle le ciel reste illuminé après le coucher du Soleil dépend directement de l'épaisseur de la couche atmosphérique. Bien entendu, la méthode n'est pas aussi simple à mettre en œuvre qu'il n'y paraît. Si l'heure du coucher du Soleil peut être observée de façon précise, il est très délicat de donner avec exactitude

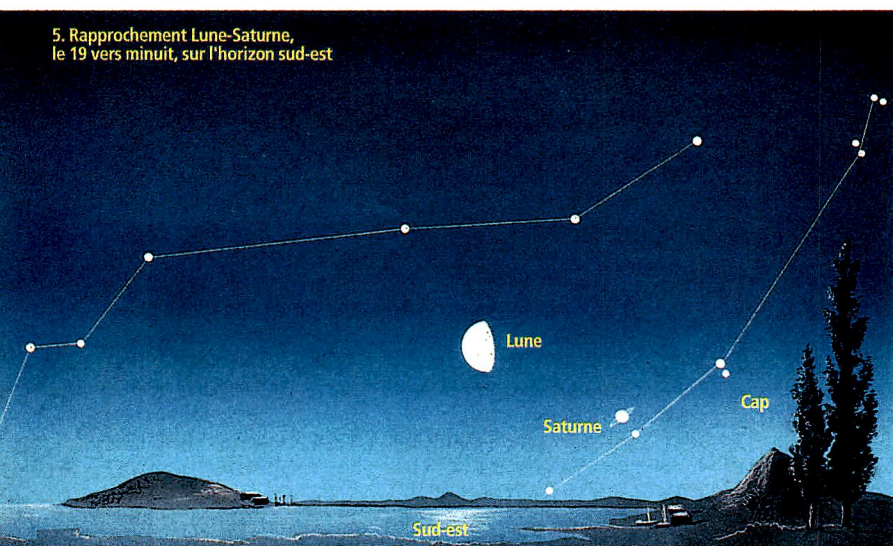
l'heure de la fin du crépuscule. Pourtant, cette expérience, imaginée à l'origine par Kepler, a été réalisée à plusieurs reprises par de grands savants, comme Lacaille, Bernoulli, Euler, d'Alembert ou Delambre. Les résultats sont quelque peu dispersés et s'échelonnent de 40 à 65 kilomètres.

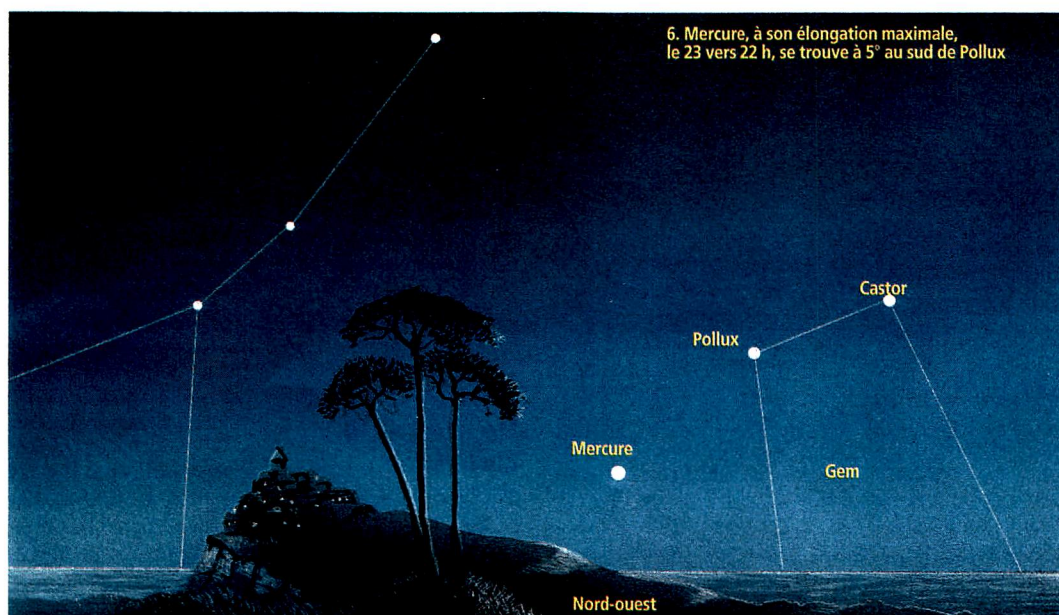
Cette méthode peut toutefois être utilisée à titre de curiosité par l'amateur. Pour ceux qui ne voudraient pas faire des calculs complexes, deux physiciens américains, Aden et Marjory Meinel, de l'université d'Arizona, indiquent dans leur livre *Sunsets, twilights and evening skies* une formule approchée.

A partir du temps écoulé (soit t , en minutes) entre le coucher du Soleil et la fin du crépuscule, on calcule l'angle selon lequel le Soleil s'est abaissé en dessous de l'horizon (soit a) en appliquant cette relation : $a = 0,25 t \cos L$, où L est la latitude du lieu d'observation. Cette formule n'est valable que pour nos latitudes.

On détermine l'épaisseur de

5. Rapprochement Lune-Saturne, le 19 vers minuit, sur l'horizon sud-est





6. Mercure, à son élongation maximale, le 23 vers 22 h, se trouve à 5° au sud de Pollux

la couche atmosphérique H par : $H = R/2 \tan^2(a/2)$, où R est le rayon terrestre (6371 km).

Il pourra arriver, suivant les conditions expérimentales, que les résultats obtenus paraissent aberrants. Il faudra alors vérifier que le phénomène crépusculaire n'a pas été perturbé par des nuages ou par une pollution atmosphérique importante. C'est no-

tamment le cas en ce moment avec les récentes éruptions du volcan philippin, le Pinatubo.

D'un autre côté, cette pollution atmosphérique est aussi responsable des splendides couchers de Soleil.

Les rendez-vous du mois. Le phénomène majeur du mois de juin est une éclipse partielle de Lune. Hélas, sous nos latitudes, le phénomène

ne sera visible qu'en partie. L'éclipse aura lieu dans la nuit du 14 au 15 juin. La Lune rentrera dans la pénombre de la Terre à 4 h 11, heure légale, et l'assombrissement ne deviendra sensible que trois quarts d'heure après environ. C'est à 5 h 27 que notre satellite fera son entrée dans l'ombre, phase parfaitement visible à l'œil nu si, toutefois, l'horizon du lieu d'observation est bien dégagé car la Lune sera alors très basse. A Paris, elle se couchera peu après, à 5 h 44 exactement, ce qui naturellement empêchera de voir la suite du phénomène (figures 3 et 4).

En dehors de cette éclipse, on note également la conjonction Lune-Jupiter du 6, vers minuit (figure 2). Cette planète reste encore bien visible toute la première partie de la nuit.

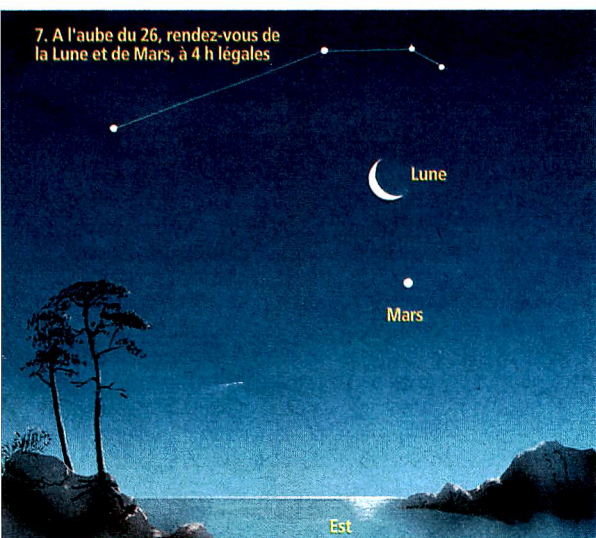
Saturne est en revanche observable après minuit. C'est le 19, peu après son lever, qu'on assistera à sa conjonction avec la Lune, sur l'horizon sud-est (figure 5).

La difficile planète Mercure

pourra être localisée à l'occasion de son élongation maximale du 23. A rechercher aux jumelles sur l'horizon nord-ouest, azimut 301°, vers 22 h. La planète se trouvera alors à 5° au sud de l'étoile Pollux des Gémeaux qui pourra servir de repère (figure 6).

Le 26, vers 4 h, heure légale, Mars aura rendez-vous avec la Lune. La planète rouge se rapproche petit à petit de nous, rendant son observation de plus en plus intéressante (figure 7).

Le mois se termine par une éclipse totale de Soleil, hélas invisible sous nos latitudes. En fait, pratiquement toute la zone de totalité se trouve sur l'océan Atlantique. Seule l'extrême pointe de l'Uruguay sera touchée par l'ombre de la Lune, et encore ce sera tout juste au lever du Soleil. Nous sommes bien loin de la magnifique éclipse de juillet dernier au Mexique ! **Yves Delaye**



7. A l'aube du 26, rendez-vous de la Lune et de Mars, à 4 h légales

Un bon guide pour choisir un instrument d'observation : *Astronomie, guide du matériel*. En vente à la Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris. 135F + 20F de port.

LIVRES

Desmond Morris

Des Animaux et des Hommes

Calmann-Lévy, 224 p., 85 F.

Desmond Morris, éthologiste connu pour ses ouvrages sur les comportements animaux et humains, offre ici un livre de faits et de réflexions sur les rapports entre les animaux et les hommes.

Il fait le ménage des idées reçues. Ainsi, les fresques de Lascaux et d'autres grottes ne représentent pas le gibier favori lancé au galop et destiné à une mise à mort symbolique. La position des sabots ne laisse aucun doute à un zoologiste. Il s'agit d'animaux morts auxquels nos lointains ancêtres rendaient une sorte de culte, peut-être pour éviter la vengeance posthume des représentants de grosses espèces qui, par ailleurs, étaient loin de composer l'essentiel du régime quotidien. L'analyse des déchets de cuisine paraît convaincante à cet égard.

De même, on a longtemps cru que les momies animales des Egyptiens étaient destinées à rendre hommage à des animaux vénérés. Leur examen approfondi montre qu'il ne s'agit pas d'animaux morts de vieillesse, mais de jeunes adultes qui ont eu l'échine brisée, ce qui doit inviter à chercher d'autres interprétations. Les relations ambiguës de l'Eglise catholique avec les animaux peuvent aussi nourrir notre réflexion. Tout le monde a entendu parler de saint François d'Assise qui les

considérait comme ses frères. Mais au XIX^e siècle, le pape Pie IX, craignant qu'on se détournât de l'humanité, refusa l'ouverture à Rome d'un refuge pour animaux. Le rôle des jardins zoologiques – qui, dans une large mesure, façonne notre attitude de citadins vis-à-vis de l'animal sauvage –, celui des cirques et celui de l'animal de compagnie, font ensuite l'objet d'analyses, peut-être contestables, mais qui ne manquent jamais d'intérêt.

L'évolution de la chasse, elle aussi, éclaire sur celle des relations entre l'homme et l'animal et inspire des commentaires piquants. Morris nous explique comment le chasseur de bison a pu se transformer en un tireur qui va abattre des animaux d'élevage dans des enclos, moyennant finances. Au Texas, on peut tirer un zèbre pour 5 000 dollars, un gnu pour 2 000 ou se contenter d'un dindon qui ne coûte que 150 dollars. Finalement, on retrouve les Romains (de la décadence) qui organisaient des chasses factices dans leurs arènes. Le jour de l'inauguration de ce genre de spectacle, au Colisée, 5 000 animaux furent massacrés. Ainsi disparurent les éléments d'Afrique du Nord, des hippopotames de Nubie et les lions de Mésopotamie.

Les courses de taureaux descendent-elles de ces jeux romains ? Le football et le rugby en sont-ils les succédanés ? La provocation ne manque pas dans ce livre.

Pour terminer, il cherche à nous convaincre que, malgré nos erreurs, nous devons cher-

cher à conserver, en les améliorant, nos relations avec l'animal. Il nous donne d'ailleurs en quelques points un code de bonne conduite, et termine par un acte de foi en affirmant qu'«une culture qui se sent apparentée aux animaux gardera foi en ses racines».

Un livre à lire, même si on se sent obligé de le discuter.

Jacques Lecomte

Gilles Cohen Tannoudji

Les Constantes universelles

Hachette, 130 p., 79 F.

Comment la physique peut-elle prétendre trouver des grandeurs universelles ? Ce livre le dit. Ces constantes universelles sont au nombre de quatre : G , constante de gravitation ; c , vitesse de la lumière ; h , constante de Planck et k , constante de Boltzmann. Gilles Cohen Tannoudji, physicien au CEA et auteur de deux excellents livres de vulgarisation de la physique (!) résume l'histoire de la physique à travers ces constantes qui, prises séparément, contribuent à l'organiser en disciplines.

G , découverte par Newton, domine la mécanique ; c , la vitesse limite introduite par Einstein, fonde la relativité restreinte. G et c interviennent toutes deux dans notre rapport à l'Univers entier, donc à l'infiniment grand ; Einstein les a prises en compte simultanément pour fonder la relativité générale, théorie relativiste de la gravitation.

Avec l'autre couple de constantes, h et k , c'est l'infiniment petit que nous explorons. k , la constante de Boltzmann, fonde la thermodynamique, et traduit le fait que le passage du microscopique au macroscopique s'accompagne nécessairement d'une perte d'informa-

tion, car un très grand nombre de particules ne peut être connu que statistiquement. Quant à la constante de Planck, h , qui domine la physique quantique à l'échelle des particules, elle introduit le discontinu dans les forces, et traduit le fait que l'observation agit nécessairement sur l'objet observé – h représentant l'action minimum. Quand deux ou trois de ces constantes jouent simultanément, il y a unification de la physique : ainsi, toute la physique des particules et des forces prend en compte à la fois h et c ; elle est quantique et relativiste. Pour étudier la supraconductivité, par exemple, on prend en compte h et k . Les physiciens ne parviennent toutefois pas à unifier la gravitation et la théorie des particules, c'est-à-dire à rassembler h et G : or cette union existait aux tout premiers instants de l'Univers, au moment du big-bang...

En quelques pages, l'auteur fait défiler une bonne partie de la physique la plus "théorique" : par le biais des constantes universelles, il offre ainsi un aperçu passionnant sur l'entropie, ou sur le sens profond de "l'incertitude" quantique. Mais autant qu'une synthèse commode, il propose un point de vue philosophique : ces grandeurs ne sont pas des constantes physiques de l'Univers mais des constantes universelles de la physique. Autrement dit, elles expriment des limitations de principe de la connaissance, «aussi inévitables, inaliénables mais aussi déplaçables que des "lignes d'horizon", qui nous séparent de l'infiniment petit et de l'infiniment grand».

Ce paradigme d'horizon, que défend l'auteur, permet de comprendre ces grandeurs "universelles" sans diviniser la science, ni la rendre "subjective". Un livre court et pro-

fond qui passionnera le lecteur ayant quelques bases en physique.

Hélène Guillemot

(1) *La Matière-espace-temps*, en collaboration avec Michel Spiro, et *L'Horizon des particules*, avec Jean-Pierre Baton.

Pierre Albertini L'Ecole en France

XIX^e - XX^e siècles

Hachette/Carré Histoire, 191 p., 97 F.

Normalien, spécialiste de l'histoire de l'éducation, l'auteur a entrepris de décrire le passage de l'école du religieux à la laïcisation. Car ce passage fut excessivement rocailleux, les lois Ferry, qui arrachèrent le primaire puis le secondaire à l'Eglise, s'étant d'abord heurtées à l'opposition financière et idéologique. Cette opposition se livra à des excès de langage dont elle ne prévoyait sans doute pas l'effet de rebond, car ils ancrèrent de plus en plus fortement l'anticléricalisme.

La loi Camille Sée, qui créa en 1880 l'enseignement secondaire des jeunes filles, inspira au *Gaulois* le commentaire selon lequel il ne resterait pour ces malheureuses que «le suicide ou la prostitution». La séparation de l'Eglise et de l'Etat, en 1905, fit à nouveau qualifier l'école publique de «perverse, néfaste et diabolique», et l'on vit les curés faire la tournée des familles pour en brûler les manuels. Péguy lui-même, en 1907, dénonça la nouvelle Sorbonne, pourtant guère un lieu infernal, comme «une tyrannie pharmaceutique d'épiciers» (formule hétéroclite, s'il en fut). Ces violences se retournèrent contre leurs auteurs.

L'auteur décrit également les difficultés internes que connut l'enseignement laïc, qui s'organisait sans expérience véritable, puisqu'il était intégrale-

ment neuf ; et qui souffrit, d'abord, d'une grande lenteur dans son essor, puis, quand le mouvement fut bien pris, avant la première guerre mondiale, d'une carence de moyens. Il dénonce aussi les effets pervers de sa massification, et l'inégalité masquée qui y règne. Entre autres aperçus utiles, il précise l'importance politique et sociale que prit l'enseignement du français et la substitution de cette langue aux patois (qui ne disparurent que vers 1950). Des citations abondantes, des chiffres clairs, un ouvrage qui sera bien utile à ceux qui sont conscients du rôle de l'école et s'inquiètent de son évolution.

Gerald Messadié

Jean-Jacques Salomon Le Destin technologique

Balland, 300 p., 110 F.

Le progrès scientifique et technologique est-il véritablement un progrès ? Certes, l'espoir suscité par la machine au XIX^e siècle a été comblé avec l'accroissement de la production, de la consommation, de l'hygiène, de la durée de vie humaine, avec la régression de la mortalité infantile, l'amélioration des conditions de travail, l'élévation du niveau d'éducation, l'accès général aux loisirs. Mais aujourd'hui, le bilan n'est plus aussi positif lorsqu'on prend en compte les risques plus ou moins graves provoqués par la science et les techniques.

Du nucléaire aux recherches biomédicales, les menaces de catastrophes majeures ont atteint des points critiques et leur liste semble déjà sans fin, de l'affaire de la thalidomide à Tchernobyl, en passant par Three Mile Island, Seveso, l'Amoco Cadiz, l'extinction



d'espèces liée au DDT, les atteintes à la couche d'ozone, sans parler des armes militaires dont la puissance de mort est proportionnelle au "progrès" scientifique (Hiroshima et Nagasaki pour l'atome, le Vietnam et l'Irak pour les armes chimiques et électroniques).

En cette fin du XX^e siècle, les hommes découvrent tant les limites de leur génie technique que celles de l'exploitation des ressources naturelles, prenant ainsi conscience de l'enjeu écologique. En définitive, observe Jean-Jacques Salomon, «on peut dire que la notion de progrès au sens des Lumières n'a plus cours, puisque la route toute droite du progrès des connaissances et du progrès matériel s'est séparée des voies assurément moins linéaires du bonheur et du progrès moral... La prise de conscience des dommages qu'entraîne le processus de croissance a pour corollaire la mise en question de la science et de la technologie. L'une et l'autre sont perçues comme associées à la nature et à l'échelle de ces dommages. Ainsi l'image du progrès scientifique a-t-elle cessé de coïncider avec celle du progrès humain.»

Cette opinion, l'auteur ne la fonde pas simplement sur une réflexion abstraite. Elle est le résultat d'une analyse en profondeur de l'évolution des

sciences et des techniques en liaison avec l'évolution de la société et de la pensée. Jean-Jacques Salomon remonte à la naissance de la technologie et aux notions de catastrophes naturelles ou provoquées par l'homme, ainsi qu'à l'origine de la "civilisation du risque" et aux sources de notre pensée économique et sociale (Marx et Schumpeter notamment). Il dissèque la naissance du capitalisme, sa mort et sa résurrection, examine les rapports de la science et de la technique avec le pouvoir politique, les systèmes économiques et sociaux.

Cette analyse le conduit à considérer que «les affaires scientifiques et techniques ne peuvent plus être circonscrites dans les frontières traditionnelles des milieux scientifiques», que «la légitimité des décisions indispensables et l'adhésion de la société au changement technique relèvent d'un processus de décision qui n'est plus exclusivement dans les mains des seuls techniciens professionnels de la science», que «la nature, le rythme et l'orientation du changement technique dépendent d'une régulation à laquelle tout le corps social doit être autant que possible associé», enfin «qu'il faut se défendre contre toute tentative de monopole d'une filière technologique... Le pluralisme technologique n'est pas seulement une assurance sur l'avenir, c'est aussi une garantie de démocratie.»

Aujourd'hui, les affaires scientifiques et technologiques n'échappent pas plus que d'autres au contrôle des citoyens. Et de conclure : «Face aux pouvoirs dont disposent les lobbies techniciens dans la société moderne, il n'est pas d'autre moyen de limiter les dégâts que de renforcer les procédures d'information, de consultation et de négociation

qui garantissent le fonctionnement démocratique de nos institutions : en somme, face au discours technicien, être à l'écoute de la dissidence, reconnaître et intégrer la légitimité dans le processus de décision, se demander si ce qui passe pour rationnel est tout simplement raisonnable».

Remarquable par ses analyses et la densité de son contenu, ce livre ne l'est pas moins dans sa forme. Nous sommes loin de ces ouvrages de philosophie ou d'économie difficiles, parfois obscurs, souvent rebutants. Le livre de Jean-Jacques Salomon est d'une grande transparence et, ainsi, d'une lecture captivante.

Roger Bellone

Etienne Klein Conversations avec le Sphinx Les Paradoxes en physique

Albin Michel, 241 p.,
120 F.

«Le penseur sans paradoxe est comme l'amant sans passion, une belle médiocrité» a écrit Kierkegaard. Les paradoxes dont il est question ici ne sont pas ceux auxquels on se réfère en général, à savoir les paradoxes logiques ; en physique, le concept est beaucoup plus large. Pour Etienne Klein, physicien au CEA et professeur à l'Ecole Centrale, c'est le paradoxe qui fait avancer la science ; pas moins ! L'auteur en distingue trois grandes classes : les faits qui heurtent le sens commun (ceux-là ne semblent des paradoxes que pour le profane) ; les désaccords entre théorie et expérience, ou entre plusieurs théories ; enfin les incohérences qui apparaissent à l'intérieur d'une théorie.

Dans la première partie du livre, l'auteur détaille les pro-

cessus du progrès en physique ; il montre, par exemple, le rôle néfaste du "bon sens", la place de l'imagination dans l'apparition de nouvelles théories, et surtout le rôle des paradoxes. Sans paradoxe, la science ne se renouvellerait pas et ne serait qu'un dogme ; l'apparition d'un paradoxe révèle que la théorie ne colle pas à la réalité, et oblige à la remettre en cause. Les paradoxes, est-il montré, sont des critères de scientificité, même s'ils sont contingents, relatifs. Cet éloge du paradoxe est illustré par toutes sortes d'exemples et d'anecdotes de l'histoire de la physique.

La seconde partie expose sept paradoxes fascinants : la dualité onde-corpuscule en physique quantique ; le paradoxe du chat de Schrödinger (à la fois mort et vivant) ; le paradoxe des jumeaux (comment un jumeau qui partirait pour un voyage à une vitesse proche de celle de la lumière vieillirait moins vite que son frère resté sur Terre, grâce à la théorie de la relativité) ; celui du ciel noir la nuit (car c'en est un) ; le paradoxe du temps (réversible dans le monde microscopique et irréversible à notre échelle macroscopique) ; l'"EPR" (paradoxe d'Einstein-Podolsky-Rosen, l'un des plus inconcevables de la physique quantique) ; et enfin, la violation de la parité dans l'univers des particules.

Si les deux derniers exemples restent assez complexes (car ils sont plus difficilement traduisibles en langage commun, ne concernant que le monde des particules), les autres problèmes, qui comptent parmi les plus étranges et les plus profonds de la physique, sont exposés très simplement et illustrent bien la richesse et la diversité du concept. Certains paradoxes ne posent pas de vrai problème, mais obligent qui veut les comprendre à bien

maîtriser la théorie (par exemple le paradoxe des jumeaux) ; mais la plupart soulève encore des questions qui dépassent la physique elle-même. «La compréhension d'un paradoxe mobilise la totalité de l'esprit de façon beaucoup plus intense que les mécanismes de calcul ou les routines opératoires.» **H.G.**

Alain Blottière L'Oasis

Siwa
Quai Voltaire, 176 p.,
90 F.

De cette oasis égyptienne, dans le désert libyque, que visita Alexandre Le Grand, il ne restera bientôt plus grand-chose, car elle sera "modernisée" pour le tourisme.

Un voyageur, qui sait aussi écrire (et fort bien), la décrit telle qu'elle est encore aujourd'hui et l'évoque telle qu'elle fut. Des pages pleines d'images et d'informations pour les historiens et les voyageurs, les amis de l'Egypte aussi.

Il ne restera donc plus de ce que fut Siwa que le mot "ammoniac", car il vient du grec "ammôniakon", c'est-à-dire de l'oasis d'Ammon, c'est-à-dire encore de Siwa qui fut, en effet, l'oasis de ce dieu et où l'on extrayait ce sel considéré comme cristallin. **G.M.**

Dr Olivier Jallut Médecines parallèles et cancers

Modes d'emploi et de
non emploi
L'Horizon chimérique,
363 p., 118 F.

L'auteur est un cancérologue suisse et l'ouvrage est paru à l'enseigne de la zététique, disci-

pline qui consiste à ne pas se laisser duper. Le Dr Jallut, donc, apprend à ceux qui souffrent du cancer à résister aux désarrois que la maladie cause si souvent, et qui poussent vers des remèdes qui n'en sont pas : méditation religieuse ou médicaments non vérifiés.

Première surprise : le nombre élevé de pseudo-thérapeutiques qui se targuent toutes de "guérir" le cancer. De la "cure anticancer totale" de Breuss à la thérapie de Livingston-Wheeler, il y en a beaucoup trop pour les citer ici. Pour mémoire, la première a été inventée par un monteur électricien autrichien et prétend guérir le cancer en l'affamant, c'est-à-dire en ne se nourrissant, pendant quarante-deux jours, que de jus de légumes. Breuss prétend avoir guéri 96 % de ses clients. Comme on le devine, c'est du vent.

La seconde thérapie citée ici se fonde sur le principe que le cancer est causé par un microorganisme baptisé Progenitor cryptocides et que ce qu'on appelle virus de Rous – virus qui, lui, existe bien et qui cause un sarcome du poulet – est en réalité ce microorganisme-là. Conclusion : il faut renforcer les défenses immunitaires du patient en le vaccinant avec son propre P. cryptocides. L'ennui est que les neuf échantillons de ce mystérieux microbe confiés à des laboratoires se sont tous révélés être des staphylocoques banals. Confusion totale dès le départ, parce que le staphylocoque n'est pas le virus de Rous et ne le sera jamais. Quant au traitement, son efficacité n'a jamais été démontrée.

Chemin faisant, le Dr Jallut torde le cou à des pratiques telles que le dépistage du cancer par iridologie, qui sert surtout à dépister les naïfs, ou encore le traitement anticancéreux de la Cresson Clinic américaine (heureusement disparue), qui traitait

le cancer par des lavements...

Ne parlons pas des traitements tels que Hoxsey, Krebiozen, Laetrile, Immuno-Augmentative Therapy ou Iscador, Anablast ou sérum de Naessens, dont il a été établi qu'ils sont sans valeur. Font partie des "médecines de compassion" l'aromathérapie et la réflexologie.

On apprend bien des choses sérieuses dans ce livre, par exemple, sur les rémissions spontanées : 173 cas recensés en 1964, 230 en 1986, c'est dire qu'elles sont rarissimes. Et trompeuses : car des rechutes se produisent. Curieusement, plus de la moitié des cas portent sur des cancers du rein, des neuroblastomes, des mélanomes et des choriocarcinomes, et neuf cas seulement sont de vraies rémissions.

Un livre qui fait œuvre de salubrité publique, et fera du bien à tous, sauf aux dents des charlatans.

G.M.

Murray R. Schafer
Le paysage sonore
Jean-Claude Lattès,
388 p., 149 F.

L'ouïe, propos de Schafer, a surtout pris de nos jours le sens d'une porte ouverte à la perception des agressions sonores. Pour cet auteur, l'homme ignore pourtant ce qu'est l'univers acoustique, et il a donc entrepris, à la fois, de recréer celui-ci et d'en reconstituer l'histoire. Il le fait en historien, en sociologue et en scientifique, allant des sons naturels aux bruits artificiels de la technologie et de cette œuvre élaborée qu'est la musique. Dans cette sorte d'histoire du son à travers les siècles, Schafer fait prendre conscience de la composition et de la spécificité des paysages sonores, c'est-à-dire des environnements caractérisés par leurs

sons. Car de ceux-ci, nous n'entendons plus qu'une infime sélection, ce qui correspond à un appauvrissement sensitif aussi profond que si nous ne distinguons plus que le vert dans un champ ou le gris dans une ville.

Compositeur canadien, collaborant entre autres à un "projet mondial d'environnement sonore", Schafer s'est gardé de construire une étude dialectique, mais il fournit, à l'aide de graphiques et de statistiques, des "images" découpées de ses paysages sonores. Le point de vue philosophique qu'il développe donne une vaste portée à son livre. Il indique comment chaque détail de l'histoire du son prolonge les axes de la création, de la symbolique et de l'aventure humaine en général. Plutôt que de rejeter le bruit, il propose d'éduquer l'oreille, pour aider chacun à construire son

architecture sonore ambiante, citadine, industrielle, de la même manière qu'il compose ses paysages.

Un livre qui en apprend beaucoup, et qui montre que l'univers sonore reste méconnu en dépit de sa grande richesse.

Florence Bellone

Jacques Mercier
et Pierre Vergely
Tectonique
Dunod, 244 p., 150 F.

La tectonique – aujourd'hui définie comme science rendant compte de «la formation des continents et de celle des océans, l'une étant liée à l'autre en une tectonique globale qui fait la synthèse de l'évolution géodynamique» de la Terre – est étudiée dans ce livre sous une forme pédagogique présentant progressivement les no-

E = M6

c'est un nouveau regard sur la science

AVEC

**SCIENCE
& VIE**



**E = M6, tous les dimanches à 11 heures,
tous les mercredis à 14 h.30**

tions enseignées en deuxième et troisième années d'études supérieures scientifiques. Sont ainsi abordées les notions élémentaires de contrainte et de déformation : le comportement des roches à la contrainte, la déformation cassante des milieux rocheux continus et discontinus, la tectonique cassante à l'échelle régionale, la déformation ductile des roches, les plis et la tectonique ductile à l'échelle régionale.

En clair, cet ouvrage d'étude, écrit par deux experts de l'université de Paris Sud, analyse les modifications entraînées par la formation des chaînes de montagne, des fossés d'effondrement et des grandes failles, en les replaçant dans un cadre géodynamique. Un livre, certes, destiné aux étudiants, mais convenant aussi à tous les publics scientifiques. **R.B.**

Françoise Kostolany **Le Diamant dans tout son éclat** Hachette-Pratique, 158 p., 240 F.

Peut-être eût-il été opportun d'ajouter un sous-titre tel que "la De Beers dans tout son éclat", puisque le nom de cette société, qui a le monopole mondial de la vente des diamants, est omniprésent dans l'ouvrage. Les nombreuses photos des plus beaux diamants du monde retiennent le regard ; le texte, lui, retient moins l'attention.

Pas la moindre information scientifique ou technique, ce qui vaut sans doute mieux quand on lit, p. 114, que «l'océan Atlantique dépose ses alluvions à l'embouchure du fleuve Orange», ce qui est l'inverse de la vérité, ou pis, p. 143, que «le diamant est mauvais conducteur de la chaleur», alors qu'il en est le

meilleur, loin devant l'argent ou le cuivre.

Pas d'information susceptible d'aider le lecteur dans l'achat d'un diamant ; il y est seulement recommandé de s'adresser à un vrai professionnel confirmé, équipé du matériel nécessaire pour établir un diagnostic fiable ; mais on ne dit pas qui sont ces bons professionnels bien équipés, et encore moins qui sont les mauvais – dépourvus de tout matériel d'analyse.

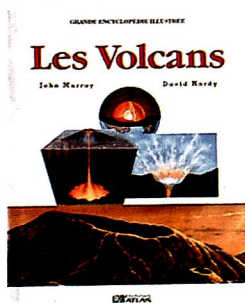
On est mieux informé sur la société De Beers et la famille Oppenheimer qui y occupe les postes clefs. C'est là qu'on apprend que la De Beers régent toute la commercialisation du diamant et en fixe le prix en fonction d'une demande dont elle détient également la maîtrise. Car il n'y a aucune concurrence sur cet étrange marché ; s'il y en avait une, le prix du diamant serait divisé par dix en peu de temps.

Pour le reste, quelques historiettes sur l'origine des diamants, leur utilisation en bijouterie ou le rôle joué par Anvers dans la taille des pierres. C'est peu, quand on sait que la majeure partie des diamants va à l'industrie, que la synthèse du diamant fut une véritable aventure scientifique et que ce cristal de carbone est considéré comme un matériau d'avenir pour les circuits intégrés.

Plutôt une plaquette publicitaire qu'un livre ; c'est dommage, vu la qualité des illustrations. **Renaud de La Taille**

John Murray et David Hardy **Les Volcans** Atlas, 192 p., 280 F.

Si, pour initier le grand public à la volcanologie, des auteurs comme Haroun Tazieff ou Katia et Maurice Krafft ont écrit de



nombreux ouvrages illustrés de photographies magnifiques, John Murray et David Hardy décrivent les phénomènes volcaniques, la vie des hommes demeurant sur ces volcans, ainsi que les techniques d'étude et de prévision des éruptions, en s'appuyant uniquement sur de remarquables dessins et peintures (dus à David Hardy) imprimés pleine page (24 x 31 cm) ou double page.

Alors que la photo parvient essentiellement à décrire les sites ou à rendre compte des manifestations volcaniques, le dessin permet d'expliquer de façon synthétique, avec précision et clarté, et d'exciter l'imagination. Ainsi, ce livre destiné à un large public, et plus particulièrement aux jeunes, donne-t-il une approche nouvelle des volcans, plus didactique mais peut-être aussi plus fascinante.

Le texte, écrit par John Murray, volcanologue et spécialiste des sciences de l'espace, est des plus complets. Il présente des récits d'éruptions anciennes et récentes, étudie la mythologie qui entoure les volcans, analyse leur fonctionnement, décrit les phénomènes qu'ils produisent et se penche sur les différents moyens que l'on peut mettre en œuvre pour maîtriser et exploiter leur redoutable puissance. Il débouche enfin sur les volcans du système solaire. Le livre apparaît autant comme un récit à lire d'une seule traite, que comme un ouvrage grand public destiné à être consulté. A cet effet, d'ailleurs, un index détaillé est proposé par les auteurs. **R.B.**

André Jouette **Les Pièges du français actuel** Marabout, 158 p., 36 F.

Bonne idée que de rappeler la différence entre "gratis", adverbe, et "gratuit", adjectif. On ne doit donc pas dire que ce conseil est gratis, car il est gratuit. Evidemment, le verbe "intervenir", qui est utilisé à tort et à travers par l'ensemble des médias, surtout ceux de la presse électronique ("un accord est intervenu") est indiqué parmi les objets de solécismes, barbarismes et pédanteries ordinaires. Un accord est tout simplement conclu, et c'est déjà beau.

Idem pour "interpeller", dont l'auteur relève qu'il est aussi utilisé à contresens à la place d'"intriguer", d'"étonner" ou de "révolter". C'est ainsi qu'on voit des personnalités publiques déclarer qu'ils sont "interpellés" par la question du sida. Et pourquoi pas pris au collet ?

En ce qui concerne "réguler", autre objet de fautes que nous avons dénoncé, l'auteur écrit : «Ce verbe, qui a pour sens "maintenir constant un certain fonctionnement ou parer à certaines déficiences matérielles ou physiologiques", n'est d'usage que dans la langue scientifique. Tout autre emploi de ce verbe est fautif.» Il est donc déconseillé de dire, par exemple, que le sens de la faute "réguler" les comportements. Si c'était vrai, il commencerait par interdire l'usage intempestif de ce verbe. "Conséquent" ne veut pas du tout dire "important", car aux gens qui trouvent qu'une fortune est "conséquente", on a envie de demander s'ils en connaissent d'inconséquentes. Bravo. **G.M.**

**En moyenne, un téléviseur dure 8 ans.
Avant de l'acheter, vérifiez qu'il ne sera
pas démodé dans 6 mois.**



Tous les trois mois,
SCIENCE & VIE HIGH TECH fait le point sur les innovations
technologiques et les nouveaux matériels
en photo, vidéo, TV, son.
SCIENCE & VIE HIGH TECH :
à lire absolument avant de choisir votre nouvel équipement.

N°2 DES LE 10 JUIN CHEZ VOTRE MARCHAND DE JOURNAUX

ECHOS DE LA VIE PRATIQUE

MUSÉE

La préhistoire câblée



La réouverture du musée de la Préhistoire de Tautavel (Pyrénées-Orientales) est prévue pour la seconde quinzaine de ce mois, après agrandissement et modernisation. Il passe de 300 m² à 3 700 m² et inclu-

ra des galeries publiques, des réserves et des laboratoires. De gros efforts ont été consentis pour l'amélioration de ce musée, qui offre des représentations grandeur nature, avec animaux et plantes naturalisées, des scènes de la vie quotidienne à partir de la fin de l'ère tertiaire (-2,5 millions d'années). Sur fond de fresques, avec son et lumière, on pourra suivre en quatre à cinq minutes une journée d'alors, du lever au coucher d'un soleil artificiel. Les visiteurs pourront voir des maquettes, des films, et consulter des banques d'images sur CD-ROM

et consoles informatiques. Des 21 salles du musée, entièrement câblées et reliées à un laboratoire, on peut avoir accès à des bases de données sur la préhistoire. On apprendra, par exemple, dans la cas d'ossements, quels objets ont été découverts à proximité et comment ils ont été analysés. Enfin, une salle historique rassemble des vestiges plus récents, de l'époque gallo-romaine jusqu'au XVII^e siècle, établissant un lien avec l'histoire contemporaine. Musée de la Préhistoire, route Vingrau, 66720 Tautavel. Tél. : (16) 68 29 07 76.

VIDÉO

Des magnétoscopes enregistrant le format 16/9

Avec la télévision au format large 16/9 arrivent des magnétoscopes d'une nouvelle génération, permettant l'enregistrement et la lecture de cette nouvelle image. Après Philips, c'est maintenant Thomson qui propose un appareil de ce type, le S 7000. C'est aussi le premier appareil S-VHS de la marque, ce qui lui confère une définition de 400 lignes horizontales. Avec les émissions D2-MAC ou HD-MAC, ce magnétoscope se commut automatiquement en 16/9 ou 4/3, selon le format du programme. Bien entendu, en PAL ou en SECAM, l'utilisateur peut aussi obtenir ces formats, le 16/9 convenant particulièrement aux films pour écran large.

Magnétoscope aux performances élevées, le S 7000 offre toutes les possibilités des modèles haut de gamme : son stéréophonique numérique haute-fidélité lorsque l'émission ou la cassette est numérique ; doublement de la vitesse permettant d'enregistrer d'affilée huit heures de programme sur une cassette de quatre heures ; ralenti variable avant-arrière, fonction répétition et doublage sonore. La programmation s'effectue à partir d'une télécommande infrarouge, autorisant la recherche d'image. Prix : 9 990 F.

PHOTO

Un 24 x 36 grand public déclenchable à distance

Appareil compact grand public, que son prix (750 F) met à la portée des jeunes amateurs, le Vivitar PS 600 se caractérise avant tout par sa télécommande infrarouge : elle autorise

le déclenchement à distance (pour photographier des animaux, saisir une scène sans être vu... ou se photographier soi-même). Équipé d'un objectif 4,5/34 mm, de l'automatisme

de la mise au point, du chargement et du rembobinage du film et d'un flash électronique intégré, il peut être alimenté soit par une pile au lithium, soit, à défaut, par deux piles alcalines.



PHOTO

Un compact biformat

La firme japonaise Ricoh a conçu un appareil photographique mixte, le FF-9 SD Limited, au format 24 x 36, doté d'un cadre spécial que l'utilisateur peut enclencher pour donner à l'image un format panoramique (12 mm x 36 mm). Les caractéristiques essentielles de ce boîtier sont voisines de celles du Ricoh FF 10, déjà disponible sur le marché : exposition et mise au point automatiques, flash intégré, objectif 3,5/35 mm réglable de 0,80 m à l'infini. Cet objectif comporte quatre lentilles,



dont une asphérique afin d'améliorer la netteté sur les bords de l'image.

Le fonctionnement du flash est automatique, tant en photo ordinaire que pour assu-

rer un simple éclaircissement des ombres d'un contre-jour.

Le Ricoh FF-9 SD, produit

pour l'instant en série limitée, n'est encore disponible qu'au Japon et aux Etats-Unis.

TÉLÉCOMMUNICATIONS

Un téléphone en trois versions

Dernier-né des téléphones de voiture de Motorola, le modèle MCR 4900 XL est proposé sous trois formes, l'utilisateur pouvant passer de l'une à l'autre grâce à un kit de transformation :

- En version "mobile", monté dans le tableau de bord de la voiture, alimenté par le 12 volts et équipé en série d'un répondeur-enregistreur.
- En version "portable" (2,5 kg), peu encombrant, possédant une grande autonomie grâce à deux batteries rechargeables.
- Et en version "mixte", utilisable comme téléphone de voiture ou comme portable.

Les trois versions sont équipées des dernières innovations techniques du radio-téléphone :

- Le système "mains libres" qui permet de suivre une conversation téléphonique en gardant les mains sur le volant.
- Le renvoi d'appel pour transférer une communication

sur une autre ligne (bureau...).

- L'accès immédiat, grâce à un "menu" (affiché sur écran) expliquant à l'utilisateur chaque fonction de l'appareil sans qu'il ait à chaque fois à consulter de nouveau la notice générale de fonctionnement.
- Le répondeur-enregistreur numérique à mémoire électronique, interrogeable à distance, avec fonction messagerie en affichage : en série sur la version "mobile", en option sur la version "portable".

Prix : de 14 000 F à 17 000 F selon la version.

▲ **Les Rencontres internationales de la photographie**, qui se dérouleront en Arles en juillet prochain, serviront de cadre à 24 stages (de deux à six jours), animés par des photographes professionnels et portant sur des thèmes particuliers (le corps, le paysage, la couleur, etc.). Renseignements : (16) 90 96 76 06.

SON

Un caméscope à torche intégrée

Avec le caméscope VLM 4S, la firme Sharp propose le premier modèle doté d'une lampe torche intégrée, qui s'harmonise avec le boîtier. Il ne s'agit donc plus, comme sur d'autres appareils, d'une torche classique rapportée au-dessus. Dotée d'une lampe hallogène, cette torche permet de filmer à partir d'une lumière de 3 lux.

Destiné au grand public, ce caméscope, totalement automatique, possède un zoom à deux vitesses ayant une variation de 8 fois la focale de base, et un obturateur donnant 5 temps d'exposition, de 1/50 à 1/10 000 s. Le viseur, orientable verticalement, est réglable à la vision de l'opérateur. Enfin, ce caméscope permet la réalisation de fondus. Léger, il coûte environ 6 990 F.



VIDÉO

Un caméscope familial

Conçu pour une utilisation simple, le caméscope JVC GR 325 S est au standard VHS-C-SECAM et permet de filmer jusqu'en faible lumière (3 lux). Compact (11 x 12 x 16 cm), il n'en possède pas moins les perfectionnements les plus utiles à un amateur : zoom lumineux 1,4/6,7-54 mm

à commande électrique, obturateur à 7 vitesses (de 1/50 à 1/4 000 s), réglage automatique de l'exposition et des blancs. La cassette VHS-C procure 45 minutes d'enregistrement. Le

viseur est du type classique électronique noir et blanc.



VIDÉO

La nouvelle TV Philips 16/9

Allongant la liste déjà coquette des récepteurs TV 16/9 (*Science & Vie* n° 890, p. 134), le nouveau téléviseur Philips 28 ML 8916 est intéressant à plus d'un titre. Il est en effet doté d'un tube de 70 cm (donnant une diagonale d'image de 66 cm), ce qui le classe dans une catégorie de format standard grand public, alors que la plupart des modèles actuels (Thomson, Océanic, Grundig, Blaupunkt... et Philips précédemment) forçaient la note avec des tubes de 92 cm, plus prestigieux mais de plus grand encombrement. Son prix, de ce fait, a pu être abaissé à 13 000 F, ce qui traduit un effort pour se rapprocher du coût actuel des récepteurs conventionnels haut de gamme. D'autre part, ce modèle annoncé pour l'automne prochain, apparaît sur le marché avec plusieurs mois d'avance. On peut supposer que ce "forcing" commercial est dicté par la volonté d'animer un marché encore hésitant dans l'attente de la vraie "haute définition" dont la mise en œuvre généralisée n'interviendra pas avant 1995.

Comme la plupart des firmes qui n'ont pas encore adopté le balayage à 1 250 lignes (requis pour la TVHD), Philips a doté son poste de la technologie 100 hertz, ce doublement du balayage trame supprimant les effets de scintillement provoqués par les pulsations du courant à 50 périodes par seconde.

Couplé à un tuner satellite équipé du système Eurocrypt, le récepteur peut déjà capter des émissions en D2-MAC au format 16/9, mais il aura la possibilité de recevoir 12 présélections sur 32 satellites.

TÉLÉVISION

Numériques et tout standard

La firme allemande Loewe vient de compléter sa gamme de téléviseurs Art Vision avec quatre modèles dotés d'écrans de 63 ou 70 cm de diagonale. Tous traitent numériquement les signaux son et image, ce qui assure une qualité maximale qui reste constante au fil des années

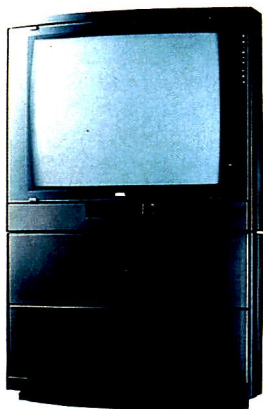
(insensibilité au vieillissement, le numérique permettant un ajustement automatique permanent des réglages). Ces téléviseurs reçoivent tous les programmes SECAM et PAL européens, ainsi que le NTSC et le super-PAL. Une centaine de chaînes peuvent être mémorisées, avec leurs caractéristiques de visualisation pré-réglées en fonction des goûts du téléspectateur (couleur, volume, contraste, etc.).

Tous les postes possèdent le télétexte, l'affichage des menus de réglage et une programmation de l'arrêt automatique. Plusieurs modèles sont dotés d'un tuner hyperbande 12 MHz et d'un décodeur intégré qui permet de capter et d'enregistrer sur magnétoscope les émissions D2-MAC (et éventuellement la TVHD HD-MAC, mais

seulement en D2-MAC).

Les téléviseurs Art Vision 63 et 70 reçoivent le son en qualité hi-fi grâce à des haut-parleurs supplémentaires, notamment pour les graves. Selon les modèles et les tailles d'écran, les téléviseurs Art Vision coûtent de 8 290 F à 29 990 F (ce dernier modèle ayant un écran de 95 cm).

▲ **Le groupe Philips a créé la société PMF International BV** et y a regroupé ses activités circuits imprimés. Cette société devient la plus importante d'Europe dans ce domaine. Elle place sous une seule direction les cinq sociétés que possède Philips en Europe pour ses productions de circuits imprimés, qui sont situées à Evreux (France), Klagenfurt (Autriche), Croydon (Grande-Bretagne), Sittard et Eindhoven (Pays-Bas).



ENVIRONNEMENT

Contrôler soi-même la pollution de son véhicule

Grâce à un équipement spécifique, le Britest Green Machine, installé dans certaines stations-service en Grande-Bretagne, les automobilistes britanniques peuvent maintenant effectuer eux-mêmes leurs contrôles antipollution. Le système convient à tous les véhicules à essence, y compris ceux équipés d'un pot catalytique. La machine se met en route avec un jeton. A l'aide d'un tube-échantillon placé dans le pot d'échappement de la voiture, elle mesure en une

minute le taux de monoxyde de carbone (CO, indicateur de la qualité du mélange air/carburant dans les cylindres) et d'hydrocarbures (les HC sont des résidus de carburant non brûlé, révélant un défaut d'allumage). Les résultats sont indiqués par une lumière : verte, les émissions de CO et de HC sont dans les normes européennes (respectivement, de 0 % à 2,5 %, et inférieures à 550 ppm), le véhicule est économique et non-polluant ; orange, les résultats sont à peine satisfaisants, il faut



régler le moteur ; rouge, les émissions sont vraiment trop élevées (CO > 4,5 % et HC > 1 200 ppm), la voiture est polluante et consomme beaucoup, il faut faire vérifier le mo-

teur. Un relevé imprimé indique les valeurs de CO et de HC détectées. Pour l'instant, le Britest Green Machine ne fonctionne pas avec les moteurs Diesel et n'est pas utilisé en France.

VIDÉO

L'aventure des sciences en cassettes

En association avec la société d'édition Echo, la Cité des sciences et de l'industrie propose, couplée à ses expositions, une collection de vidéocassettes VHS-SECAM de vulgarisation scientifique et technique. Les trois premières viennent d'être commercialisées : *Voyage dans le corps humain*, présenté par Joël de Rosnay ; *La Vigne et le vin*, par Claude Villiers et *Explorez le système solaire*, par André Brahic. Trois autres vidéocassettes sont prévues pour le deuxième semestre : *L'Environnement* et *L'Exploration des océans*, et une vidéocassette pour les enfants, à Noël. L'édition se poursuivra avec neuf vidéocassettes en 1993 et neuf autres en 1994, autour des thèmes suivants : sciences de la Terre, sciences de la vie, sciences de la matière, le travail de l'homme. Au prix de 149 F, ces cassettes sont proposées dans les grandes surfaces, FNAC, Virgin, librairies, vidéo-clubs, etc.



PHOTO

Un Nikon à moins de 600 F



Réputée pour ses appareils de classe professionnelle, la firme Nikon propose un 24 x 36 compact grand public, le Nikon RF 10, au prix de 590 F. Il n'en possède pas moins tous les perfectionnements de base des autres compacts de la marque : automatisation de la mise au point, de

l'exposition, du flash (incorporé), du chargement et du rembobinage du film. Doté d'un objectif 4,5/34 mm, ce modèle de dimensions 12,8 x 7,1 x 4,8 cm pèse 235 g. Il reçoit des films de 100 et 400 ISO (affichage automatique de la sensibilité). Les prises de vues se font au 1/130 s.

VIDÉO

Vidéo pour enfants sourds

Association spécialisée dans les activités pour les malentendants, le Centre socioculturel des sourds vient de lancer des cassettes vidéo de contes pour enfants, tels que

Blanche-Neige et Cendrillon, en langue des signes française (LSF). Un conteur raconte d'abord l'histoire en signes (40 à 45 minutes), tandis que le texte correspondant est dit en voix off. Puis, dans la seconde partie de la cassette, la même histoire est interprétée sous une forme humoristique. Le centre organise également des cours de LSF accessibles à tous, effectue des recherches linguistiques et dirige une compagnie de théâtre dont les acteurs jouent en langue des signes. Les représentations sont filmées sur des cassettes vidéo éditées par le centre.

150 F, au Centre socioculturel des sourds, Tour du Village, Château de Vincennes, 94300 Vincennes. Tél. : (1) 43 65 63 63.



PHOTOCOPIE

Copie couleur en 4 secondes

Lancé par Ricoh, le copieur NC 8015 est le modèle couleur numérique le plus rapide du monde avec une vitesse de sortie de 15 copies par minute. Cette vitesse s'accompagne d'une haute définition : 16 points par millimètre et 256 nuances. Par ailleurs, ce copieur numérique couleur favorise une liberté de création grâce à de nombreuses fonctions de traitement de l'image et de la couleur, telles que la possibilité de changer une des couleurs de l'original. D'autres fonctions

permettent un travail sur les formes, comme la création d'un contour ou d'une ombre.

Par sa productivité élevée, le NC 8015 intéressera les entreprises ayant de forts besoins en copies. Ses possibilités de création le destinent, en outre, aux agences de publicité ou de montage graphique.

Ce copieur Ricoh autorise plusieurs rapports de reproduction de 25 % à 400 % et permet, grâce à un dispositif zoom, le grossissement d'une partie d'un document original.

TÉLÉVISION

Un récepteur TV à écran large

Blaupunkt lance, à son tour, son premier téléviseur conçu pour le standard D2-MAC et doté d'un écran au format 16/9 (voisin du cinéma-scope) : le CS 92-101 Digital PRO. Le décodeur D2-MAC est intégré et, bien entendu, le poste reçoit aussi le PAL et le SECAM. Il possède un écran de 92 cm de diagonale, un balayage 625 lignes et la technologie 100 Hz (doublement de la fréquence normale de

50 Hz) qui élimine l'effet de scintillement sur l'écran. Le traitement numérique assure une qualité constante de l'image et permet tous les effets des téléviseurs haut de gamme (incrustation d'image, affichage des fonctions de réglage sur l'écran, etc.). Par ailleurs, il est équipé d'un amplificateur son stéréophonique 2 x 50 W, de quatre haut-parleurs et du son numérique en D2-MAC. Prix : 35 000 F.

AUDIO

Pour classer disques compacts et cassettes

Vous ne savez plus où ranger vos disques compacts et vos cassettes audio ? La firme Posso vous propose les éléments Savoy, petits meubles en bois modulaires avec des rainures intérieures. Selon les modèles, il est possible d'y archiver de 40 à 100 disques et de 45 à 60 cassettes. Prix : de 190 F à 400 F.





STAGES

Les voix de la nature

Le CEBA (Centre d'études bioacoustiques alpin), spécialisé dans l'enregistrement de chants d'oiseaux, organise chaque année un stage d'initiation. Le programme inclut théorie et pratique des enregistrements (avec options stéréo, FM, etc.), mise au point du matériel loué, apprentissage de l'écoute, mixage et montage des résultats. Ce centre dis-

pose d'une bibliothèque spécialisée et d'une sonothèque riche de 4 000 chants et cris d'oiseaux, batraciens, mammifères, insectes du monde entier – en tout 2 000 espèces.

Parmi le matériel nécessaire aux prises de son figurent des réflecteurs paraboliques construits par le centre lui-même. Celui-ci commercialise également des disques et des

cassettes. La formation pour débutants aura lieu du 6 au 9 juillet prochain, à Mens, au sud de Grenoble.

Les participants peuvent être hébergés s'ils le souhaitent. Le coût du stage est de 1 600 F les quatre jours, plus 140 F par jour pour l'hébergement.

Renseignements : CEBA, rue des Jardins, 38710 Mens. Tél. : (16) 76 34 94 50.

VIDÉO

Caméscope avec lampe torche et filtre coupe-vent

Ultra-compact, le dernier-né des caméscopes de Thomson, le VM 78, mesure 11 x 12 x 16,3 cm et pèse 760 g. Au format VHS-C, il est compatible avec les magnétoscopes et téléviseurs SECAM. Outre ses caractéristiques classiques – zoom x 8, diaphragme et blancs automatiques, commande électronique de montage des séquences, insertion de titres et dates – il est équipé d'une lampe torche démontable autorisant la prise de vues lorsque l'éclairage ambiant est insuffisant. Enfin, son filtre coupe-vent élimine les effets de souffle et améliore ainsi la prise de son. Prix : 7 990 F.

SON

Une chaîne hi-fi pour cinq disques compacts

De faible volume et monobloc, la chaîne haute-fidélité Thomson VTCD 9000 se caractérise par un lecteur laser autorisant le chargement de cinq disques compacts. Ce qui permet, avec une télécommande, d'écouter cinq heures d'enregistrement en continu ou, à la demande, un programme choisi. D'autre part, le VTCD 9000 comporte un amplificateur de 2 x 24 W, un magnéto-cassette, et un tuner PO-GO-FM stéréophonique avec une plage de dix-neuf stations programmables. De plus, il est équipé de la fonction karaoke qui permet de chanter sur une musique dont la voix du chanteur a été coupée. Prix : 2 990 F.





1
UN LOGICIEL
POUR ORGANISER
VOTRE TRAVAIL
593 F, à la FNAC

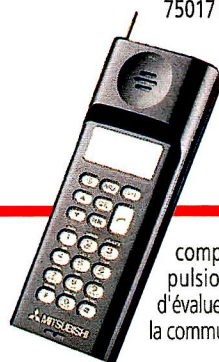
1 Système d'organisation personnel, Organi'Z, d'Hyperware, est un logiciel qui vient compléter votre agenda. Utilisant des menus simples, Organi'Z comporte un traitement de texte, un répertoire pour un nombre presque illimité d'adresses (environ deux milliards !) avec numéros de téléphone et 700 caractères d'écriture libre. Cela permet l'édition d'étiquettes et l'envoi de lettres en grand nombre (le mailing). Cette fonction annuaire est dotée d'un système de recherche par mots clés. Grâce à un modem, on peut composer automatiquement un des numéros de téléphone en mémoire. Ce logiciel permet également la création de pages imprimées au format de votre agenda. Il suffit ensuite de les perforer pour les y insérer. L'ensemble fait appel à une configuration comprenant un ordinateur de type PC avec 640 Ko de mémoire vive équipé d'un système d'exploitation DOS ou DR-DOS, une souris et un modem, auxquels il faut ajouter une imprimante. Une version Macintosh est prévue pour fin 1992.

2 D'un aspect original, la Pyramide, de Terraillon, est une balance de ménage. Son double couvercle, en forme de toit, recouvre une plateforme de pesage. Une fois retournés, les couvercles s'emboîtent l'un dans

l'autre pour former un récipient. Elle possède quelques fonctions électroniques, comme la tare automatique qui permet plusieurs pesées successives dans le même récipient : la valeur du poids déjà enregistré se soustrait automatiquement du poids total. Un écran à cristaux liquides assure un affichage à dix grammes près, de 0 à 3 kg, et la balance se remet d'elle-même à zéro dès qu'il n'y a plus de tare.

3 Le combiné radio-téléphone portable SFR, de Mitsubishi, est le plus petit de sa catégorie (500 grammes, 185 x 68 x 32 mm). Il peut mémoriser 99 noms et numéros et permet la recherche alphabétique sur un écran à cristaux liquides. On peut rappeler automatiquement le dernier numéro composé et opérer un transfert d'appel sur un autre numéro. Il dispose de 22 fonctions, dont un code d'utilisation secret, un écran orientable en fonction de la lumière, une alarme signalant l'épuisement de la batterie, un bloc-notes électronique (pendant la conversation, on peut noter des numéros sur l'écran), l'éclairage du cadran et des touches et l'affichage du nombre des appels reçus. Il fonctionne sur batterie rechargeable (avec une autonomie d'une dizaine d'heures) et un haut-parleur permet de l'utiliser en gardant les mains libres, en voiture par exemple. Enfin, un

3
500 GRAMMES
DE TÉLÉPHONE
17 670 F, chez
Technique Sécurité,
7 rue Frédéric-Brunet,
75017 Paris

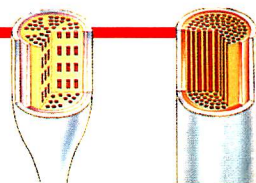


compteur d'impulsions permet d'évaluer le coût de la communication.

4 Ce ver dont la tête sort parfois d'une belle pomme est la larve d'un petit papillon, le carpacapse. KB vous propose de piéger le papillon mâle, afin de stopper la naissance des larves. En forme de petite maison, qu'on installe parmi les arbres fruitiers, ce piège sélectif contient une capsule de phéromones, hormones secrétées par les insectes femelles pour attirer les mâles. Le fond est tapissé d'une colle où l'insecte vient s'engluier. Le système fonctionne pendant 4 à 6 mois et ne contient pas de substances chimiques toxiques.

5 Spécialisée dans les cordages pour raquettes de tennis, la société Babolat commercialise le VX, un cordage conçu comme un muscle, dont il aurait la souplesse et l'élasticité. Ce boyau synthétique, de 1,3 millimètre de diamètre, se compose de 2 100 fibres à haute densité (ou HDPC, pour High Density Co-Polymer) noyées dans une matière souple thermoplastique qui évite les frictions entre les fibres et absorbe les chocs. Ces fibres bénéficient d'un traitement de surface, à base de titane et de platine, qui les protège des

6
LE PREMIER TÉLÉCOPIEUR COULEUR
Aux Etats-Unis pour l'instant.



5
UN CORDAGE MUSCLÉ
230 F, dans les FNAC,
magasins de sport et de tennis



2

UNE BALANCE MODULAIRE

249 F, dans les hypermarchés, grandes surfaces alimentaires et magasins spécialisés

ultra-violet et de l'abrasion. Toutes ces matières confèrent au cordage une longue durée de vie et une bonne capacité d'absorption des vibrations. La puissance de frappe est également augmentée par la souplesse et la vitesse de réaction du matériau.

6 Commercialisé par le Japonais Sharp, le FO-9000 est le premier fax couleur et il peut aussi servir de photocopieur personnel (dimensions : 44,5 x 43,7 x 40 cm, 40 kg, plus le modem). Il fonctionne sur secteur et se branche sur le réseau téléphonique standard. Non seulement il peut reproduire et transmettre une image couleur de format A4 (3 résolutions possibles, de standard à superfin, de 3,9 à 7,9 lignes/mm), mais il peut aussi agrandir (jusqu'à 200 %) une diapositive couleur. Six possibilités d'équilibrage des couleurs ou des niveaux de gris permettent d'améliorer la qualité de l'image. Sa vitesse de transmission varie de 2 400 à 14 400 bauds (bits par seconde). Si le document ne passe pas, ou si le fax récepteur est occupé, la tentative peut être renouvelée par rappel automatique, programmable 2, 4 ou 8 fois à 5, 10 ou 20 minutes d'intervalle. Cent numéros peuvent être mis en mémoire et il fournit la liste des numéros appelés pendant une période

donnée. On peut le doter d'un mot de passe pour un accès confidentiel. Enfin, il est presque entièrement démontable pour l'entretien (changement de rubans), et fonctionne aussi bien avec du papier thermique qu'avec des transparents.

7 De la taille d'une petite valise (285 x 420 x 165 mm, 4 kg), le Personal Bar 6L, de Spal, est tour à tour bar, réfrigérateur ou chauffe-plats. Destiné aux voyageurs, il se branche sur un allume-cigare et fonctionne en 12 V ou sur secteur par l'intermédiaire d'un transformateur. Grâce à ses plaques thermo-électriques, il refroidit un volume de six litres jusqu'à +3 °C ou le chauffe jusqu'à 70 °C (à des températures ambiantes comprises entre 10 °C et 30 °C). Un voyant numérique affiche la température intérieure et une touche permet de la modifier. Une fois débranché, le Personal Bar (cuve en aluminium atoxique, boîtier en PVC) permet le maintien des températures choisies pendant quelques heures.

4

PIÉGEZ LE VER DANS LE FRUIT

38 F, dans les hypermarchés, grandes surfaces de bricolage et jardineries



7

UN BAR PORTABLE

De 1 100 F à 2 500 F, dans les magasins Feu Vert ou chez Publiance, 53 quai de Bonneuil, 94210 La Varenne Saint-Hilaire



8 UN FOUR TRANSPARENT

250 \$, American Harvest,
4064 Peavey Road,
Chaska MN 55318, Etats-Unis,
par correspondance,
ou, pour l'Europe, auprès de
Andrea Klepsch P. R.,
Gotzingerstr. 48,
8000 München 70, Allemagne

8 Non seulement on voit tout à l'intérieur du Jet-Stream, mais, en plus, ce four circulaire (environ 40 cm de diamètre x 22 cm de haut) cuit trois fois plus vite qu'un four traditionnel, avec les mêmes possibilités de rôti, griller, frire, bouillir (le tout sans matière grasse). Son fonctionnement repose sur la circulation, à plus de 700 mètres par minute, de l'air chauffé à 204 °C (dans la plupart des fours à convection l'air circule à environ 220 mètres par minute). Les aliments sont saisis très vite et il n'est pas nécessaire de les déplacer ou de les tourner. Enfin, il est aussi possible d'y faire cuire des œufs durs et griller du pain simultanément, ou de cuisiner un gros poulet en une heure. Des accessoires permettent d'augmenter son volume : d'après les fabricants, une dinde de 9 kg peut y loger.

en temps réel (moins de trois minutes) la latitude, la longitude, l'altitude, l'heure, la date, la vitesse et le cap, dans un bateau ou en avion, par exemple. Sa mémoire peut enregistrer 100 lieux (points de route ou coordonnées) de 12 caractères, 9 itinéraires (en points de route) de 11 caractères, en français ou en six autres langues (anglais, espagnol, allemand, italien, japonais, norvégien). Le tout apparaît sur un écran à cristaux liquides de 17 caractères sur 4 lignes. Il peut aussi s'utiliser sur un poste fixe, relié à une antenne. L'Ensign fonctionne sur piles, qui lui donnent une autonomie de dix heures. Il résiste aux écarts de température (de 0 °C à 60 °C) et à l'humidité (95 %).

10 La fenêtre Armor est équipée, dès la fabrication, de détecteurs d'ouverture. Invisibles une fois la fenêtre posée (ils sont dans la feuillure), ce sont des capteurs à aimant, dotés de deux fils électriques. Ils se raccordent directement à une centrale d'alarme classique. L'alarme se déclenche à l'ouverture de la fenêtre qui, en séparant les deux pôles des aimants, provoque une coupure du circuit électrique. Ce type de fenêtre comporte des profils qui autorisent toutes les formes et dimensions ; elles peuvent être réalisées sur mesure. Un modèle fabriqué en verre

feuilleté (offrant une plus grande résistance à l'effraction) et un verrouillage à plusieurs points sur tout le pourtour de la fenêtre est en préparation.

11 Il a suffi de 238 grammes d'aluminium et de verre pour réaliser les jumelles Habicht 10 x 25 B de Swarovski. Leur petite taille (11,6 x 5,9 cm) n'empêche pas un large champ visuel utile de 95 m à une distance de 1 000 m et un grossissement de 10 X avec un objectif de 25 mm. L'optique à prismes en toit a été calculée par ordinateur, ce qui élimine la déformation de l'image à la périphérie du champ visuel. Les lentilles ont également reçu un traitement antireflet multicouche, qui permet une transmission de la lumière supérieure à 80 %. L'usage de l'aluminium haute précision est à la fois gage d'un excellent parallélisme des axes optiques et de robustesse. Enfin, ces jumelles sont étanches jusqu'à 0,3 bar. Pour les porteurs de lunettes, des ceilletons s'adaptent aux oculaires.

12 Bien sûr, c'est un jouet, mais le Protax 2000 prend de vraies photos ! Il est composé de 60 pièces (un boîtier lesté, un obturateur à rideau, 30 vis, des ressorts, un compteur d'images et toutes sortes de pignons) qu'il faut assembler avant de pouvoir l'utiliser. Une fois monté, l'appareil,



9 UN INSTRUMENT COMPACT DE NAVIGATION

8 250 F, chez TEM,
4 rue de la Convention,
75015 Paris

10 UNE FENÊTRE DE SÉCURITÉ

environ 7 000 F, chez Alain Peuchot
S.A., 6 rue Georges-Vigor,
94230 Cachan





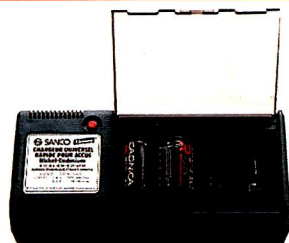
11 DES JUMELLES MINIATURES

3 620 F environ,
chez les opticiens
et à la Maison
de l'Astronomie,
33 rue de Rivoli,
75004 Paris

doté d'un
objectif de 50 mm,
permet de réaliser des pho-
tos 24 x 36 mm. Ce jouet convient à
des enfants de dix ans.

13 "Sanco une heure" : tel est le
nom d'un petit instrument
chargeant en une heure des batteries
au cadmium-nickel de Sanyo. Toute-
fois, ce temps de charge record est ré-
servé aux modèles type R6 Sanyo (réf-
érences : N-3U, N-2U et N-1U) qui sont
les plus employés (postes à transistors
de poche, baladeurs, lampes torches
miniatures, etc.). Pour les autres mo-
dèles le temps de charge peut aller
jusqu'à cinq heures.

14 N'arrosez plus vos plantes trop
souvent : l'Hydrorétenteur, de
Retan, leur fournira exactement l'eau
dont elles ont besoin. En effet, ces pe-
tits granulés de polyacrylamide (poly-
mère synthétique), de 50 μ à 3 mm de
diamètre, gonflent après arrosage et
absorbent jusqu'à 300 fois leur volume
d'eau, qu'ils restituent ensuite à 98 %.
Ils se mélangent à la terre, à raison
d'un gramme de matière sèche par
litre. Les racines des plantes y puise-
ront directement la quantité d'eau né-
cessaire. La présence de ces "grains
d'eau" aère la terre en pot et agit



13 POUR CHARGER UNE BATTERIE EN UNE HEURE

195 F, chez Castorama



12 UN APPAREIL-PHOTO EN KIT

310 F, au rayon jouets
des grandes surfaces et chez
les spécialistes du jouet,
à partir d'août 1992

comme régulateur d'humidité en libé-
rant l'eau progressivement, ce qui
évite le pourrissement des racines par
excès d'eau stagnante. Ce produit
peut aussi absorber des engrais li-
quides, qu'il restitue au même rythme
que l'eau. L'Hydrorétenteur se "re-
gonfle" à chaque arrosage ou pluie. Il
est lentement dégradable (10 % à
20 % par an environ) et sa durée de vie
est de cinq à sept ans. Il est sans dan-
ger pour l'environnement.

▲ **Les échos de cette rubrique**
ont été réalisés par Roger Bellone,
Christine Mercier, Pierre Courbier et
Paule Sully.



14 GRAINS D'EAU

89,20 F les 10 kg,
chez Retan,
Saint-Forgeot,
71400 Autun

VIVRE EN BOUTEILLE

(suite de la page 76)

terme allemand de *Bodenfilter*) consiste à faire passer l'air, par ventilation forcée, à travers une couche de terre de 1 m environ, afin que les impuretés soient captées et dégradées par les bactéries telluriques. De nombreux essais ont montré que même les produits toxiques (comme les formaldéhydes, ou formol, les benzènes, l'ozone – ou même les fumées de cigarettes) sont ainsi dégradés. Les sous-produits forment un engrais naturel dans le sol, récupération précieuse dans un système en vase clos. Une demande de brevet a d'ailleurs été déposée pour un *Bodenfilter* de petites dimensions, surnommé Airtron.

L'agriculture intensive a parfaitement fonctionné. Quelque 140 plantes – légumes, céréales, fruits – sont cultivées dans des plantations établies avant la fermeture du sas, et la plupart des cultures se portent bien, malgré quelques dégâts causés par des maladies et des insectes. Les Biosphériens n'utilisent ni insecticides ni pesticides chimiques, se reposant sur le contrôle biologique par des insectes, notamment des coccinelles. La pollinisation est assurée par des insectes, des oiseaux-mouches, des papillons. La multiplication des plantes par clonage (bouturage) est pratiquée en laboratoire. On se prépare à faire, bientôt, un peu de vin...

Un accident grave s'est produit un mois après la fermeture des sas : en maniant une machine à décortiquer le riz, Jayne Poynter, responsable du secteur agriculture intensive, s'est sectionné un doigt. Roy Walford, médecin de bord, a tenté de le suturer, mais il n'avait ni l'équipement ni l'expérience pour procéder à la microsuture des petits vaisseaux sanguins. Il fut donc décidé de sortir la patiente par un sas pour l'emmener à l'hôpital de Tucson, la ville la plus proche. L'échappée a duré cinq heures, permettant à une équipe spécialisée en microchirurgie de sauver le doigt sectionné.

Les quelques mammifères "embarqués" dans l'aventure ont survécu et se sont reproduits. Parmi eux se trouvaient trois galagos (un mâle et deux femelles), petits primates nocturnes des forêts tropicales de l'Afrique orientale. Initialement nourris d'un aliment commercial et de fruits secs, les galagos, laissés en liberté, ont exploré la totalité de la biosphère, et ont graduellement appris à s'alimenter de bananes et d'insectes. Il y a quelques semaines, les biosphériens ont constaté qu'une des femelles transportait

sur son dos un nouveau-né, conçu après la fermeture des sas. Des chèvres miniatures fournissent du lait, dont on fait du fromage, et quelques cochons, nourris principalement de restes alimentaires, se sont également reproduits : on a récemment applaudi à l'apparition, dans la porcherie, de sept cochonnets. Un poulailler fournit des œufs.

Les variations des pressions intérieure et extérieure représentent un problème important. Un espace inélastique (puisque en verre) et clos, soumis aux rayons du Soleil estival, pourrait littéralement exploser. Pour éviter les chocs des grosses variations barométriques, Biosphère 2 a été dotée de deux "poumons", des dômes géodésiques avec des parois élastiques, d'une capacité de 40 000 m³, permettant d'absorber une partie de l'air en expansion, et de le libérer lors de sa contraction.

Mais Biosphère 2 n'est pas un sous-marin – ce dernier étant un espace totalement étanche (dont la structure peut résister à des pressions de plusieurs atmosphères). Biosphère 2 est donc sujette à des petits échanges d'air, à l'occasion de différences de pression entre l'intérieur et l'extérieur. Mais ces "fuites" sont limitées, au point qu'elles influent de façon minime sur son autonomie. Des essais effectués de façon continue pen-

dant deux mois après la fermeture des sas ont montré que ces échanges atmosphériques sont de l'ordre de 6 % par an, ce qui confère à Biosphère 2 le record de la structure la plus étanche conçue à ce jour pour contenir un environnement renouvelable en autarcie presque totale. Les Biosphériens de l'Arizona ont ainsi battu le record d'isolation dans un tel système recyclable, jusqu'alors détenu par l'équipe russe de l'installation BIOS-3 en Sibérie.

Modèle réduit de notre Terre, pouvant peut-être servir à la conception d'un futur vaisseau spatial, Biosphère 2 reste néanmoins un projet controversé. Projet privé, entièrement financé par un multimillionnaire, Edward P. Bass, héritier d'une des grandes fortunes du pétrole texan, cette "réduction" de la Terre est une entreprise capitaliste, dont on espère, à long terme, tirer des profits. Mais, depuis la fermeture des sas il y a près d'un an, des scientifiques de plus en plus nombreux ont été impressionnés par les résultats, présentés à l'occasion de conférences télévisées et de publications. Biosphère 2 n'est pas le jouet d'un riche héritier : c'est un outil de recherche, qui nous permettra peut-être de mieux gérer Biosphère 1 – notre Terre.

Alexandre Dorozynski

LA DISSUASION NUCLEAIRE NE SUFFIT PLUS

(suite de la page 100)

porté à 45 km de distance et à un peu plus de 15 km d'altitude. Une version qui semble être l'objet de contestations dans les milieux de l'armement, qui paraissent considérer qu'elle ne constitue pas une solution valable pour le bas endo-atmosphérique.

Mais la réflexion des industriels et des services officiels ne porte pas seulement sur les performances en vitesse ou en portée des engins antimissiles. Elle s'applique aussi à une partie essentielle de ces engins, les autodirecteurs, qui permettent de diriger ceux-ci vers leur cible. Les autodirecteurs sont en effet soumis à de très forts échauffements cinétiques provoqués par les extraordinaires vitesses d'évolution des missiles anti-missiles hypervéloces. En principe, la préférence devrait être accordée à des autodirecteurs radar. Les autodirecteurs infrarouges ou optiques ont des coiffes arrondies qui, d'une part supportent mal l'échauffement, et d'autre part ne sont pas très aérodynamiques.

L'idéal serait évidemment de pouvoir utiliser des autodirecteurs optroniques fonctionnant dans l'infrarou-

ge, car leur portée est très grande dans la haute atmosphère (où n'existe plus le problème d'humidité de l'air qui dégrade la performance de ce type de système), ce qui permettrait de réaliser des engins dotés d'une excellente capacité de détection, donc moins dépendants des radars de guidage au sol. Mais aux hypervitesses les autodirecteurs optroniques posent des problèmes qui ne sont pas résolus pour le moment. Avec des capacités de détection moindres, il faudrait disposer de radars au sol extrêmement précis et de longue portée, qui restent à mettre au point.

«Actuellement, nous a confirmé un spécialiste du groupe d'étude Cosyde, nous nous trouvons devant le choix suivant : soit nous privilégions les performances de l'autodirecteur du missile et nous "relâchons la pression" sur les grands radars au sol ; soit, au contraire, nous prévoyons de développer des moyens de détection au sol de très haute performance en acceptant des missiles intercepteurs plus rustiques.»

Un beau sujet de réflexion et de recherches, là encore, si la décision est prise par la France de se doter d'un système anti-missiles... La prochaine loi-programme qui sera discutée cet automne devrait déjà donner des indications.

Serge Brosselin

L'EUROPE A L'HEURE DE L'ESPACE

L'extraordinaire cadran de ces montres quartz représente l'image de l'Europe prise par le satellite **METEOSAT**, situé en orbite géostationnaire à 36000 km d'altitude.

299F
SEULEMENT

EXCLUSIF

- Mouvement à quartz
- Fabrication française
- Bracelet cuir
- Garantie 1 an
- Livraison en écrin



Réf.
Prestige



Réf. Club

Notre triple garantie

1 Satisfait ou remboursé sous réserve de retour dans les quinze jours dans l'emballage d'origine.

2 Votre paiement est remis à la banque au moment de l'expédition.

3 Garantie 1 an.

BON DE COMMANDE sans risque à renvoyer avec votre règlement à Sciences-Images
10, rue de l'Industrie - B.P. 220 - 74105 Annemasse Cedex

Oui, adressez-moi _____ montre(s) réf. _____ au prix unitaire de 299 Frs + forfait d'expédition 30 Frs soit au total _____

☐ Je joins mon règlement par chèque bancaire ou postal à l'ordre de Sciences-Images.

☐ Je règle par carte de crédit (Visa, Eurocard, Mastercard).

N° _____ Date de validité _____ / _____ / _____

Nom _____ Prénom _____ N° _____ Rue _____ Code postal _____ Ville _____

GRAPHIC 0440

SCIE VIE 06

LES OREILLES DE L'ETAT

(suite de la page 114)

re Péan. Au moment de sa nomination à Matignon, le conseiller spécial d'Edith Cresson découvre deux enregistreurs sur les téléphones de son domicile. La liste est sans fin.

Les officines en question fournissent des prestations en tout genre. Pour 1 500 à 3 000 F, elles vous donnent le numéro de téléphone d'un abonné sur liste rouge. Pour 500 F, vous connaîtrez le nom du propriétaire d'une voiture d'après son numéro d'immatriculation. Le prix d'une écoute ? En gros, 30 000 F, frais d'exploitation en sus si vous êtes un simple quidam, 150 000 à 200 000 F si vous êtes une entreprise, car on entre ici dans le domaine de l'espionnage industriel ou économique, bien plus lucratif que le marché des particuliers depuis que les procédures de divorce ont été simplifiées.

Ces sociétés spécialisées agissent par écrans interposés. Comme dans les organisations bien structurées du "milieu", la filière est entrecoupée d'intermédiaires ; la base ne connaît pas la tête. VHP Security est une entreprise de 400 salariés, spécialisée dans la protection des personnalités importantes et des entreprises. Celles qu'elle n'espionne pas, du moins. Elle regroupe sept filiales, dont KO International, qui fournit une protection rapprochée et des limousines blindées avec chauffeurs-gardes du corps à des "VIP" ; SAI, une société de gardiennage ; ISIS, la branche enquête et filature (celle qui gère vraisemblablement l'activité d'écoute).

Avec l'essor de l'espionnage économique, il y a un boom du marché de la contre-écoute. La société Protexarms, spécialisée dans la détection des installations d'écoute, nous a confié qu'elle avait découvert dans une entreprise industrielle sept types de capteurs différents posés clandestinement par un concurrent. Car l'arsenal de l'espionnage privé comprend, outre les écoutes téléphoniques, toutes sortes de gadgets modernes, dont les micro-émetteurs, actuellement très à la mode ⁽²⁾ (voir encadré p. 110). Ces appareils sont officiellement interdits à la vente, mais pas à la fabrication ni à l'exportation. Ils sont néanmoins largement "exportés"... sur le marché français ! Une prochaine loi doit faire le ménage dans ce commerce. Nombre de fabricants vont devoir penser à se trouver un nouveau métier, comme la société Promotion et Qualité, qui prépare sa reconversion en... école de piano de jazz !

Les télécopieurs aussi sont très espionnés. Une officine propose "les fax de votre concurrent sur votre bureau tous les matins". Le GIC s'intéresse beau-

coup à ce mode de communication et réserve douze lignes téléphoniques à l'exploitation des renseignements transmis par ce procédé. Elle va informatiser ce service : les fax seront lus sur un écran (voir encadré p. 110) et seules les pages qui présentent un intérêt (une sur cent en moyenne) seront imprimées.

Les ordinateurs sont également une proie tentante pour les chercheurs d'informations confidentielles. Le piratage informatique fait partie des techniques modernes d'"écoute". Selon le CLUSIF, sorte de club s'occupant de sécurité informatique, ce piratage ne cesserait d'augmenter, représentant une perte de 700 millions de francs en 1991. La Délégation interministérielle pour la sécurité des systèmes d'information (DISSI), un organe du Secrétariat général de la défense nationale, s'efforce à sensibiliser les grandes entreprises françaises. Mais il y aura toujours des petits génies de l'informatique qui réussiront à s'infiltrer dans les systèmes les mieux protégés, par jeu ou par malveillance. Pour avoir trop joué, Jean-Bernard Condat, responsable du CCCF (Chaos computer club de France) se retrouve dans un beau pétrin ! Il a trouvé le moyen d'entrer en contact avec tous les grands serveurs, comme celui de la NASA, à partir d'un simple Minitel. Inculpé de fraude informatique, il se voit réclamer la somme de 250 000 F par Intelcom, une filiale de Télécom, qui l'accuse d'avoir utilisé, gratuitement et clandestinement, le nœud de transit international permettant de communiquer avec l'étranger, en fait le code confidentiel.

La DISSI étudie également un type d'intervention appelé "Tempest", qui consiste à intercepter et à exploiter les signaux parasites des ordinateurs. En effet, tout matériel électrique engendre des perturbations électromagnétiques causées par les changements de régime électrique. Ces signaux se manifestent sous la forme d'ondes électromagnétiques et de courants de conduction qui se propagent par rayonnement dans l'air et se transmettent par les organes de liaison rattachés au matériel. Le captage et l'interprétation de tels signaux, lorsqu'ils proviennent d'un télécopieur, d'une machine de traitement de texte ou d'un périphérique d'ordinateur, permettent de reconstituer l'information originelle. Les signaux sont récupérables jusqu'à 150 m quand ils se propagent par rayonnement, jusqu'à 1 500 m quand ils se transmettent par conduction. Ce sont là des procédés sophistiqués qui appartiennent à l'espionnage haut de gamme. L'écoute téléphonique n'est qu'un étage rudimentaire dans l'édifice.

Jacqueline Denis-Lempereur

(1) Georges Moréas est auteur d'un ouvrage fort bien documenté *Ecoutes et espionnage*.

(2) Voir les *Ecoutes clandestines*, P. de Jugny, BP 127, Paris Cédex 12-

UNE CENTRALE NUCLÉAIRE DE DEUX MILLIARDS D'ANNÉES

(suite de la page 53)

culier, encore mal expliqué, les matières organiques ont généralement beaucoup mieux protégé l'uraninite que l'argile. Imperméables à l'eau, insolubles, réductrices, elles l'ont préservée de toute oxydation et de toute dissolution, assurant par là même la rétention des produits de fission.

Mais au fait, quels sont-ils, ces produits de fission ? La liste en serait très longue, mais plusieurs des déchets produits à Oklo ont disparu : la majeure partie des gaz rares (krypton et xénon), les éléments volatils (iode), les alcalins (césium), entre autres. En revanche, d'autres éléments, plus lourds ou moins mobiles, sont restés très stables, pour autant que l'uraninite dans laquelle ils étaient pris le soit demeurée aussi : ce sont les terres rares (lanthane, cérium, praséodyme, néodyme, gadolinium...) ainsi que les transuraniens, ces éléments radioactifs plus lourds que l'uranium, comme le plutonium et le thorium, issus non de la fission mais de l'absorption de neutrons : leur volume étant très proche de celui de l'atome d'uranium, ils s'inséraient facilement dans la matrice d'uraninite et y demeuraient.

Les terres rares et le plutonium ne se sont pas échappés de la matrice organique – or ce sont là des éléments à moyenne ou haute radioactivité. Cette remarquable rétention de l'uraninite dans les matières de type bitume est à prendre en compte dans le débat sur le stockage des déchets nucléaires. Même si les conditions d'Oklo ne sont pas tout à fait les mêmes que celles prévalant dans les réacteurs industriels, c'est presque une recommandation, aux Américains notamment. Les Etats-Unis en effet, contrairement à la France, ne retraitent pas leurs déchets nucléaires. Au lieu de séparer les différents types de produits radioactifs, comme le font les Français à l'usine de La Hague, les Américains stockent les barreaux d'uranium usagés tels qu'ils sortent des réacteurs. Or ces barreaux ressemblent beaucoup aux foyers d'Oklo à l'époque de leur activité... Les recherches d'Oklo pourraient donc apporter un argument de poids dans le débat qui a lieu outre-Atlantique sur la meilleure façon de se débarrasser des déchets. Les recherches se poursuivent au Gabon, dans l'espoir que le devenir de nos déchets soit inscrit dans les roches d'Oklo.

La Nature, qui a inventé les réacteurs nucléaires deux milliards d'années avant les hommes, nous inspirera peut-être le moyen d'en maîtriser les conséquences.

Hélène Guillemot

QUAND LES ASTÉROÏDES MENACENT

(suite de la page 44)

d'esquisser la moindre mesure "d'action corrective". Tel n'est pas leur rôle. C'est un second groupe qui s'en charge et les hypothèses avancées en ont fait frémir plus d'un. Comme le déclarait Tom Gehrels à la revue américaine *Science* : «Je suis un peu effrayé par tout cela. Peut-être finira-t-on par rendre l'espace plus dangereux qu'il n'était jusqu'alors.» Partant, en effet, du principe que détruire l'astéroïde en plein vol aurait des conséquences presque aussi dévastatrices que sa chute pure et simple, puisque des milliers de débris retomberaient sur Terre, il a été imaginé d'utiliser une bombe à neutrons pour dévier le bolide dans sa course folle. En explosant non loin de lui, celle-ci aurait l'avantage de le laisser intact tout en vaporisant tout ou partie de sa surface. Propulsé malgré lui par cet effet fusée, l'astéroïde verrait alors sa trajectoire brusquement corrigée et s'en irait menacer d'autres régions du système solaire... On comprend les craintes de Tom Gehrels... Et celles de la Nasa, qui a retardé, retardé jusqu'à annuler, la sortie de ce deuxième rapport, jugé beaucoup trop "Guerre des étoiles".

Dominique Martin



**Pourquoi
emprunter
les cheveux
des autres...**



**n'allez pas chercher ailleurs
ce que vous possédez déjà**

la chirurgie esthétique

vous fera retrouver par une technique

simple - efficace et indolore

votre **VRAIE** chevelure

poussant naturellement souple et vivante,
s'éclaircissant au soleil et s'argentant avec
l'âge, car jamais plus vos cheveux ne tomberont.

**CLINIQUE DU ROND-POINT
DES CHAMPS-ÉLYSÉES**

(Autorisation Ministère de la Santé du 23-10-1950)

61, AV. F.-D. ROOSEVELT, 75008 PARIS - 43 59 49 06 / 71 63

Consultation gratuite et documentation envoyée sur demande

NOM
ADRESSE

SV 6-92

SOMMET DE RIO : L'ENFER PAVÉ DE BONNES INTENTIONS

(suite de la page 62)

de la santé, publiée à cet égard des chiffres alarmants. L'humanité comptera peut-être 12,5 milliards d'individus en 2050, et au mieux 10 milliards. Aujourd'hui, il y a déjà 1,1 milliard d'humains en état de pauvreté sévère. C'est dramatique, et aggravé pour ceux qui affluent dans les villes. Or, la concentration urbaine galope : l'agglomération du Caire compte plus de 15 millions d'habitants, celle de Mexico, plus de 25 millions !

Les économistes le savent bien, la surpopulation est la cause principale de la pauvreté. De 1950 à 1975, le revenu par habitant en Amérique du Sud a globalement progressé de 2,6 %. Mais la croissance démographique a atteint 2,8 %. En conséquence, le nombre des pauvres, qui avait pourtant baissé en valeur relative de 51 à 40 % est resté à peu près constant. Autant faire plaisir au Sapeur Camember et dire que la pauvreté a reculé en laissant subsister autant de pauvres (*) !

Il faut donc contrôler la démographie. Mais l'Eglise catholique a demandé qu'on mette "entre parenthèses" les moyens modernes de contraception. Et elle l'a obtenu. Pourquoi cette politique ? Pour ne pas freiner le renouvellement des fidèles, surtout en Amérique du Sud où se trouvent maintenant la majorité des catholiques, face à la prolifération nataliste des musulmans. Les mouvements féministes qui s'agitent énormément autour du sommet eussent pu corriger le tir. Or, bien que l'accès aux contraceptifs soit un vœu ardent des femmes du Tiers Monde, ces militantes ne l'ont guère défendu. Pour autant que l'on puisse les comprendre, elles ne veulent pas que le choix des femmes soit dicté par des technocrates mâles du Nord !

Et c'est ainsi que la recherche du consensus à tout prix a écarté le problème majeur de la surpopulation des dix "priorités" du sommet. On se demande alors comment on réalisera les "priorités" conservées : éliminer la pauvreté, garantir la sécurité alimentaire...

Le malaise est manifeste dans les milieux responsables. Même le chef suprême du sommet, Strong, *the Strong Man* comme on ne manque pas de l'appeler, laisse percer l'incertitude. En deux heures d'explications, le 7 avril dernier, il a présenté trois conclusions divergentes : «Ce sera un échec ou un succès, mais certainement pas une farce. (...) Nous ne pouvons pas nous permettre d'échouer, ce serait trop catastrophique. (...) Le pire serait un échec déguisé en succès.»

Les pronostics, toutefois, restent réservés. Les données sont trop nombreuses, trop contradictoires,

trop mouvantes. Il y a sans doute beaucoup d'éléments positifs dans les travaux préparatoires. Par exemple, le vœu : «... apporter des changements à la comptabilité nationale, qui reflètent la valeur réelle de l'environnement et des ressources.»

Il est exact que la comptabilité publique en usage repose sur un irréalisme. La consommation de richesses naturelles non renouvelables y est traitée comme une augmentation de richesse, parce qu'elle entre alors dans le circuit commercial où elle acquiert une "valeur". L'appauvrissement des réserves pétrolières n'est ainsi pas prise en compte. Ou encore, une substance aussi vitale que l'air n'est pas comptabilisable, sinon indirectement, par les coûts de la santé et de l'assainissement. Cela surprend au premier abord, mais les Suisses, qui ne manquent pas de sérieux en matière d'argent, sont déjà en train de construire de nouvelles méthodes comptables sur ces bases.

Dans l'ensemble, la préparation du sommet montre une conscience des impératifs industriels, jusqu'à maintenant peu courante, chez les militants écologistes. C'est, dit-on, parce que Maurice Strong a été président de la Power Corporation of Canada et de Pétro-Canada. Il est écouté, compris par les industriels, fût-ce en soupirant. Ce printemps, les rapports annuels des géants de la chimie allemande ont souligné que les temps de leur prospérité étaient révolus : les décisions récentes du ministre de l'Environnement ont accru leurs charges de 50 % (de 10 à 70 % selon les firmes) ; des crédits de la recherche devront être affectés à des fins écologiques. Cependant, la nécessité et l'urgence de ces mesures ne sont pas contestées. Et malgré le verbiage, on espère qu'une conscience des vrais problèmes finira par s'imposer à la suite du sommet.

Mais cela n'ira pas sans mal, car la volonté de réalisme et de coopération avec les forces économiques exaspère les écologistes radicaux, les *Fundis*, par opposition aux *Realos*, disent les Allemands. Ces *Fundis* veulent imposer leur "pouvoir vert", et tout de suite. On n'a pas fini de politiser l'écologie. Martin Khor, directeur d'une "ONG" intransigente, la Third World Network, s'indigne que «l'ONU démissionne devant le big business. Ni la Charte de la Terre ni l'Agenda 21 ne s'occupent des multinationales, qui sont pourtant les premières responsables de la pollution».

La Charte de la Terre devrait être un bref document, affirmant les principes essentiels sur lesquels doivent s'entendre tous les humains pour «assurer notre avenir commun». Il a fallu la sauver de ceux qui voulaient en faire un acte d'accusation contre les Occidentaux et particulièrement les Etats-Unis. Dans les réunions préparatoires comme dans les séances d'information et dans les publications, on retrouve

une bonne part de la propagande anti-occidentale qui sévissait à l'époque où les organisations internationales étaient dominées par la "majorité automatique soviéto-tiers-mondiste".

De leur côté, les Américains estiment que les soldats du nouvel ordre écologique qui s'avancent maintenant sous le pavillon vert ressemblent à s'y méprendre à ceux du nouvel ordre économique que le tiers-mondisme essaya d'imposer dans les années soixante-dix. Le *People's World* de l'*Agenda 21* est interprété par l'éco-pol comme la prise de pouvoir de la majorité pauvre, avec taxation du Nord, gouvernement ou, au moins, administration mondiale.

Strong en est conscient et inquiet, et il assure que le sommet ne donnera pas naissance à une nouvelle institution supranationale, comme le réclament les activistes. Tout au plus, à un conseil de sages, d'autorité morale et non pas politique ou économique. Mais cela explique peut-être pourquoi Bush ne s'est pas montré impatient de se joindre aux 120 chefs d'Etat et de gouvernement annoncés au sommet ⁽⁹⁾. On a dit que c'est pour ne pas mécontenter ses industriels dans une année électorale, en leur imposant une réduction massive des émissions de CO₂, qui provoque le réchauffement de l'atmosphère, l'"effet de serre". Plus vraisemblablement, il ne veut pas faire figure d'accusé dans le procès monté contre les Etats-Unis.

Les Américains du Nord ne sont d'ailleurs pas les seuls à estimer que l'effet de serre est devenu un moyen de chantage. Un Mostafa Tolba, directeur du PNUE-UNEO - le Programme des Nations unies pour l'environnement, fondé à la Conférence de Stockholm et dont Strong fut le premier directeur, brandit le rapport sur ce fameux effet, non comme une étude climatologique nuancée, mais comme un post-scriptum de l'Apocalypse : «Des millions d'humains devront fuir parce que les inondations submergeront les zones côtières ravagées par les eaux, les récoltes noyées...» Plus machiavéliques, les Chinois, eux, s'en servent pour obtenir des avantages immédiats : pour nous développer, disent-ils, il nous faut construire 100 centrales thermiques au charbon. Evidemment, ça va produire une pollution terrible ! Des nuages de gaz carbonique ! Mais nous ne pouvons pas faire autrement. A moins que la communauté internationale nous donne les technologies propres, telles que des centrales atomiques.

Avec jubilation, une petite centaine de pays ont dressé un catalogue de réclamations semblables. En Inde, ce sont quelques dizaines de millions de réfrigérateurs au CFC, le gaz qui attaque la couche d'ozone, qu'il faudrait remplacer... Et chacun y va de sa requête.

Parmi les motifs de réserve à l'égard du sommet, il

faut citer sa mystique de pacotille. Des organisateurs ont cru bon d'employer, pour animer les foules, les trucs les plus grossiers de la manipulation de masse : serment de la Terre, hymne de la Terre - dans le style de la musique pour film de science-fiction série B -, défilés de mode verte... L'archevêque de Rio a ainsi fait recouvrir de gazon le toit de sa cathédrale.

Pis : il y a le néo-mysticisme vert matiné de charabia *New Age*, mouvement mystico-commercial d'origine américaine, et même l'occultisme vert ! James Lovelock participe à des rencontres, semble-t-il sérieuses, pour exposer son hypothèse Gaïa : une conception de la Terre-mère vivante, comme la déesse de la mythologie gréco-orientale bien connue de la magie noire ⁽¹¹⁾.

On finit par se demander si, pour paraphraser Clémentineau, l'écologie ne serait pas une chose trop sérieuse pour être laissée aux écologistes, tout au moins aux écologistes mystiques. **Gabriel Veraldi**

(9) *Dieu est-il contre l'économie ?* J. Paternot et G. Veraldi, ed. de Fallois - L'Age d'homme, 1989.

(10) Le 11 mai dernier, le service média de M. Strong déclare : «Nous pensons que le président Bush sera sensible à l'opinion de ses médias et que sa présence au sommet est probable à 90 %. Mais, en effet, la Maison blanche n'a pas annoncé sa venue».

(11) *Gaïa, a New Look at Life on Earth*, James Lovelock, Oxford University, 1979 ; *The Ages of Gaïa, a Biography of our living Planet*, Norton, 1988.

communiqué

RETROUVEZ DÉFINITIVEMENT VOS VRAIS CHEVEUX.



La chute de cheveux ne laisse pas indifférent. Les uns en sourient, les autres en pleurent. Nombreux sont ceux qui ont tout essayé en vain, sans résultats : lotions diverses, soins locaux, massages, médicaments, piqures, laser, etc ... Certains ont préféré la perruque. Mais d'autres, âgés de 20 à plus de 60 ans, n'ont pas perdu de temps, car mieux informés, ils ont compris qu'il n'existait pas 1 000 solutions pour faire repousser leurs cheveux, mais **une solution médicale sérieuse, rapide, indolore et naturelle, accessible à tous, éprouvée depuis plusieurs années : la micro-chirurgie capillaire.**

Il n'est jamais trop tôt, ni trop tard pour s'informer et consulter. Une documentation complète et gratuite vous sera envoyée sur simple demande à :

CLINIQUE DE L'ILE DE FRANCE - Service Capillaire -
55, rue Nollet, 75017 PARIS - Tél. (1) 45 04 39 19

NOM :

ADRESSE :

PREMIER PORTRAIT DE L'UNIVERS NOUVEAU-NÉ

(suite de la page 30)

ment parmi les plus recherchées des spécialistes (voir *Science & Vie* n° 896, mai 1992). Sa description fait appel à des notions assez ésotériques de physique des particules, combinées aux équations de la théorie de la relativité générale. Le point important est le gonflement extravagant de l'espace qu'il produit, spectaculaire non seulement par l'impulsion formidable qu'il donne à l'expansion mais aussi par le fait qu'il permet d'envisager l'existence de l'Univers à partir d'une minuscule fluctuation du vide amplifiée par l'inflation, c'est-à-dire presque rien ! De telles fluctuations sont décrites par la physique quantique qui traite des phénomènes se déroulant à très petite échelle.

Arrivés à ce point, nous nous retrouvons démunis des lois physiques nécessaires pour aller plus loin. Déjà celles qui servent de base au mécanisme d'inflation ne sont pas toutes clairement établies. Pour remonter encore jusqu'au Big Bang et franchir l'intervalle de 10^{-43} seconde qui nous en sépare, les outils théoriques adaptés au problème font cruellement défaut. Il nous manque surtout une théorie

quantique de la gravitation. La relativité générale, malgré l'immense intérêt qu'elle présente, ne s'applique pas aux très petites échelles où se manifeste l'aspect quantique de la matière. Pour elle, le Big Bang est une "singularité", c'est-à-dire un point où l'espace et le temps échappent à toute description en raison d'une courbure infinie de l'Univers. C'est aussi un aveu d'impuissance.

En attendant de pouvoir remonter jusqu'à la source même du Big Bang, avec une théorie quantique de la gravitation, est-on condamné à ne rien savoir de plus sur l'origine de l'Univers ? Et avant le Big Bang, y avait-il quelque chose ? Face à cette dernière question, les scientifiques s'abritent derrière plusieurs barrages. Tout d'abord ils rappellent, comme nous venons de le faire, qu'avant de s'interroger sur l'avant il faut d'abord forger les outils théoriques nécessaires pour franchir le dernier pas (le dernier vraiment ?) qui nous sépare du Big Bang.

Lorsqu'on insiste, ils ajoutent que l'espace et le temps sont indissociables de l'Univers. Le Big Bang n'est pas une explosion "dans" l'Univers mais "de" l'Univers, ainsi que "de" l'espace et "du" temps. Par conséquent, "avant" cette explosion, il n'y avait ni espace, ni temps donc pas d'avant. Oui mais... et le vide quantique ? Et l'inflation qui en part ?

Certains scientifiques ont tenté des incursions théoriques dans le domaine du "et avant ?" Le Russe Andrei Linde est l'un d'eux. Son Univers est globalement ramifié en multiples branches qui s'autoreproduisent et évoluent par mutation. Cette évolution est sans fin et peut ne pas avoir eu de commencement. Chaque branche est un chapelet de mini-Univers (chacun suffisamment grand pour contenir le nôtre) connectés par un tube d'espace-temps qui les isole (et peut même s'évaporer). De l'un à l'autre, le choix des lois physiques est en quelque sorte tiré au hasard par une inflation qui s'exerce de façon chaotique.

De son côté, l'Anglais Stephen Hawking a développé une ébauche théorique de la gravitation quantique. Il s'appuie sur elle pour décrire un Univers où le temps – comme l'espace – est "sans bord" parce que refermé sur lui-même. Dans ces conditions, explique-t-il, s'interroger sur ce qu'il y avait "avant" le commencement de l'Univers est comme «chercher sur Terre un point situé à 91° de latitude nord» (!). Ce n'est tout simplement pas défini. Dans cette approche, «au lieu de parler de création de l'Univers et de son éventuel destin final, on devrait juste dire : l'Univers est». Que dire de plus ?

Daniel Tarnowski

(1) *300 Years of Gravitation*, sous la direction de S. Hawking et W. Israel, Cambridge University Press, 1987.

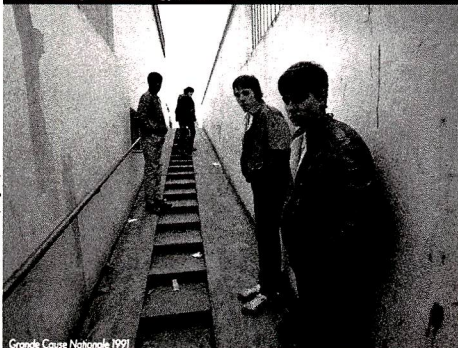
PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas).

Couverture: J.-F. Pénichoux; p. 2-3: C. Jégou – Aérospatiale – J.-M. Joly/Ciel & Espace – R. König/Jacana – É. Malemanche – Apes-teguy/Gamma; p. 6-16: D.R.; – Finzo; p. 20-21: Nasa; p. 22-23: D.R. – DITE; p. 25-29: Graphitt; p. 32-33: Y. Delaye; p. 34-35: J.M. Goutte-Toquet; p. 36-37: Y. Delaye; p. 40-41: D. Hardy/Ciel & Espace; p. 42-43: Tom Van Sant/Geosphere project/SPL/Cosmos – A. Meyer; p. 44: S. Brugnier/Ciel & Espace; p. 46-47: Naudet – Graphitt; p. 48-49: Graphitt – D.R.; p. 51: Graphitt; p. 52-53: CNRS-CGS – Graphitt; p. 54-55: Charledonezan/Rapho – R. Carnerio/Abril Images; p. 56-57: P. Maitre/Odissey – Igor/Sipa; p. 58-59: P. Bon – I. Python – D. Burnett/Contact Cosmos; p. 60-61: A. Soldeville/Rapho – D. Burnett/Contact Cosmos; p. 62: Apeste-guy/Gamma; p. 65: Rensberg/Gamma; p. 66 à 71: D. Bazin; p. 74-75: M. Fairbanks/Cosmos – Sygma; p. 76: Sygma; p. 78-79: TF1; p. 80-81: P. Bretagnolle – Graphitt; p. 85: S. Bird reproduced by courtesy of the trustees of British Museum – Bridgeman/Giraudon/Londres, British Museum; p. 86: Artphot/E.T. Archive, Tate Gallery, "Mrs & Mrs Clark & Percy" by D. Hockney; p. 88-89: A. Meyer – M. Smith, Botany, Erindale College Ontario, Canada; p. 92-96: C. Lacroix; p. 98-99: Aérospatiale; p. 102-103: R. König/Jacana – Atochem; p. 104-113: E. Malemanche; p. 115: N. Papamiltiades; p. 116-117: T. Joyeux – C. Grünig; p. 118-119: E. Malemanche – N. Papamiltiades; p. 120-121: N. Papamiltiades; p. 123: Bartoli/REA; p. 125: E. Malemanche; 126-130: Finzo; p. 133-140: M. Toscas/Galerie 27; p. 134-145: M. Roux-Saget; p. 152-157: D.R.; p. 158-160: D.R.; – E. Malemanche.

La campagne Secours populaire, 7^{ème} Grand Prix de la Presse Magazine.

ILS SONT BEAUCOUP PLUS MENACÉS PAR LA DELINQUANCE QUE VOUS NE L'ÊTES PAR LES DELINQUANTS.



154 Photo Ferdinand Scanno (Magnum)

Grande Course Nationale 1991

L'actualité nous en fournit la preuve : l'ennui, dans les banlieues, mène tout droit à la délinquance. L'ennui, ce sont de longues journées d'inaction qui, mises bout à bout, se confondent toutes. Cela ne ressemble-t-il pas déjà à la prison ? Aujourd'hui, plus de 20 % des jeunes de moins de 20 ans sont menacés, comme on dit, de mal tourner. Des statistiques peu réjouissantes. Nous n'allons pas regarder la courbe grimper en restant les bras croisés. Nous rions, nous agissons. En 1990, nous avons aidé 19 500 jeunes à décrocher leur premier emploi. Nous en avons aidé d'autres à se former, à se qualifier avec des bourses. Nous leur avons ouvert d'autres horizons en leur facilitant l'accès aux loisirs, à la communication. Il n'y a pas de secret, il faut lutter contre le chômage et l'inaction. C'est important, c'est urgent et pour être plus efficace dans notre action, nous avons besoin de vous. De votre argent bien sûr, mais aussi de votre énergie, de vos idées. Aidez nous à briser le cercle vicieux de l'échec et à protéger des milliers de jeunes en danger de délinquance.



AGIR POUR REAGIR.

(1) 42 78 71 71

A PART VOUS, PERSONNE NE LEUR FERA DE CADEAUX.



154 Photo Antoine Frank (Magnum)

Grande Course Nationale 1991

Avant de tourner la page et de retourner à votre liste de courses, regardez bien cette photo. Elle vous dit que la vie ne fait pas de cadeaux à cette femme et son enfant. Ils sont des milliers comme ça, oubliés. Le carnet d'adresses du Père Noël n'est pas à jour. Il serait peut-être temps de corriger cette erreur, non ? Alors, agissez avec nous. Avec les Pères Noël Verts qui essaient de faire un peu plaisir à tout le monde. Ainsi, en 1990, les Pères Noël Verts ont offert des cadeaux à plus de 130 000 enfants, ce qui nous fait 130 000 sourires en plus. Ce n'est pas tout. 6 105 enfants ont obtenu une bourse pour partir en vacances d'hiver. Les Pères Noël Verts ont aussi fait des cadeaux aux adultes et aux personnes âgées : des milliers de coqs pour les fêtes, des repas de Noël, des billets pour assister à un spectacle. Comme vous pouvez le constater, les Pères Noël Verts ne restent pas les deux pieds dans le même sabot. Ils ont besoin de vous, de votre envie d'aider et de faire quelque chose. Faites-le, histoire de prouver que la vie sait de temps en temps être une fête qui n'exclut personne.



AGIR POUR REAGIR.

(1) 42 78 71 71

IL Y A DES CHOCS ECONOMIQUES QUI SECOUENT AUTANT QU'UN TREMBLEMENT DE TERRE.



154 Photo Pierre Zicherman (Magnum)

Grande Course Nationale 1991

En cas de grande catastrophe naturelle, le monde entier se mobilise pour sauver des vies. C'est la moindre des choses. Ce réflexe de solidarité, il faut aussi l'avoir quand un choc économique met une région en difficulté. Parce que les conséquences d'une telle situation sont toujours dramatiques : des usines qui ferment, le chômage qui s'étend, des conditions de vie qui se dégradent peu à peu, des familles sans abri, sans ressources... Alors, que faut-il faire ? C'est simple : agir et vite. Nous devons trouver un logement pour ceux qui n'en ont plus, et les aider à le payer. Nous devons aider ceux qui ont encore leur logement à le garder, en leur allouant une aide financière, en les aidant à mieux connaître leurs droits, par exemple en cas de menace de saisie ou d'expulsion. Ce sont, parmi d'autres, quelques-unes de nos actions, des actions que nous mènerons bientôt ensemble, pour être plus efficaces. Cela demande beaucoup d'énergie, de temps et d'argent. Mais on ne peut pas ne pas le faire, n'est-ce pas ?



AGIR POUR REAGIR.

(1) 42 78 71 71

QUAND ON PERD SA DIGNITE ON PERD PRESQUE TOUT.



154 Photo Raymond Depardon (Magnum)

Grande Course Nationale 1991

On dit souvent que les images peuvent se passer de commentaires. Pas celle-ci. Quand on regarde cet homme, on éprouve le besoin d'agir pour qu'il redresse la tête. Comme nous, vous avez certainement le sentiment qu'il faut faire quelque chose. Faisons-le ensemble et vite. Aidons cet homme à retrouver sa dignité, à reprendre sa place dans notre société. Le moins que l'on puisse faire, c'est de lui donner à manger sans qu'il ait besoin de tendre la main (en 1992 il y aura plus de 40 millions de repas à distribuer : nous avons besoin de vous). Aidons aussi à trouver un travail. Un homme ne peut vivre de charité sans se sentir humilié, exclu. Et puis, pourquoi ne pas lui faciliter l'accès à la culture, aux loisirs, à tout ce qui peut rendre la vie un peu moins grise ? Des hommes sans visage, comme celui-ci, il y en a des milliers. Et pour les aider, il faut plus de bonnes volontés que de bons sentiments.



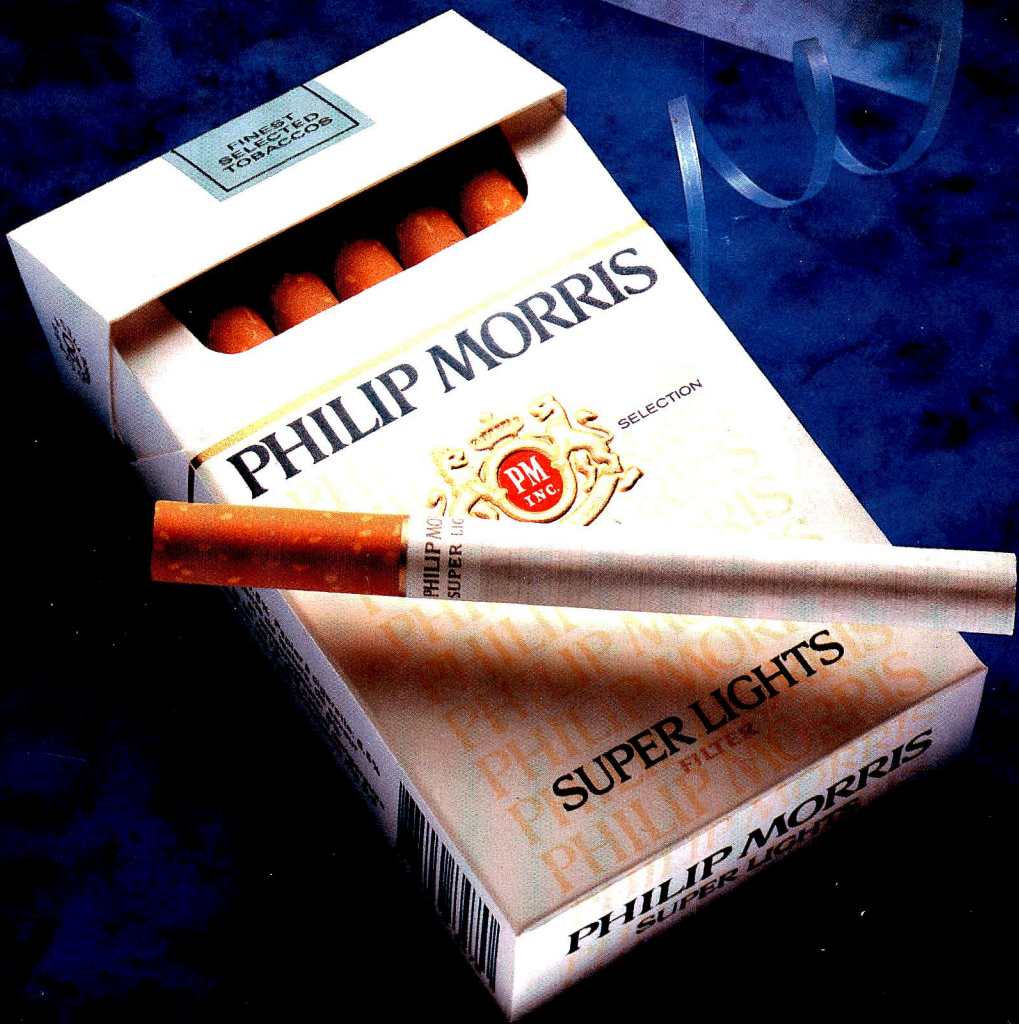
AGIR POUR REAGIR.

(1) 42 78 71 71

APPM

L'Association pour la Promotion de la Presse Magazine regroupe 102 titres.

Chaque année, l'APPM, à travers un jury composé de 50 professionnels, désigne la campagne presse magazine qu'elle juge la meilleure et lui offre une parution dans chacun de ses titres. Pour 1991, c'est la campagne du Secours populaire, réalisée par l'Agence 154, qui a été primée. Cette campagne, déclinée en 10 annonces, démontre bien que les magazines sont irremplaçables pour associer émotion et information. Il était logique que le Secours populaire choisisse ce média pour expliquer pourquoi et comment il agit. Il a réussi à se faire comprendre et à convaincre. La preuve, c'est le nombre d'appels que le Secours populaire a reçu : des milliers de lecteurs ont composé le (1) 42 78 71 71.



0,3 mg: NICOTINE.
4 mg: GOUDRONS.

SELON LA LOI N° 91.32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES