



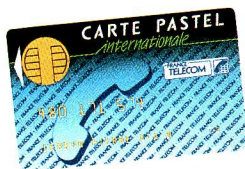
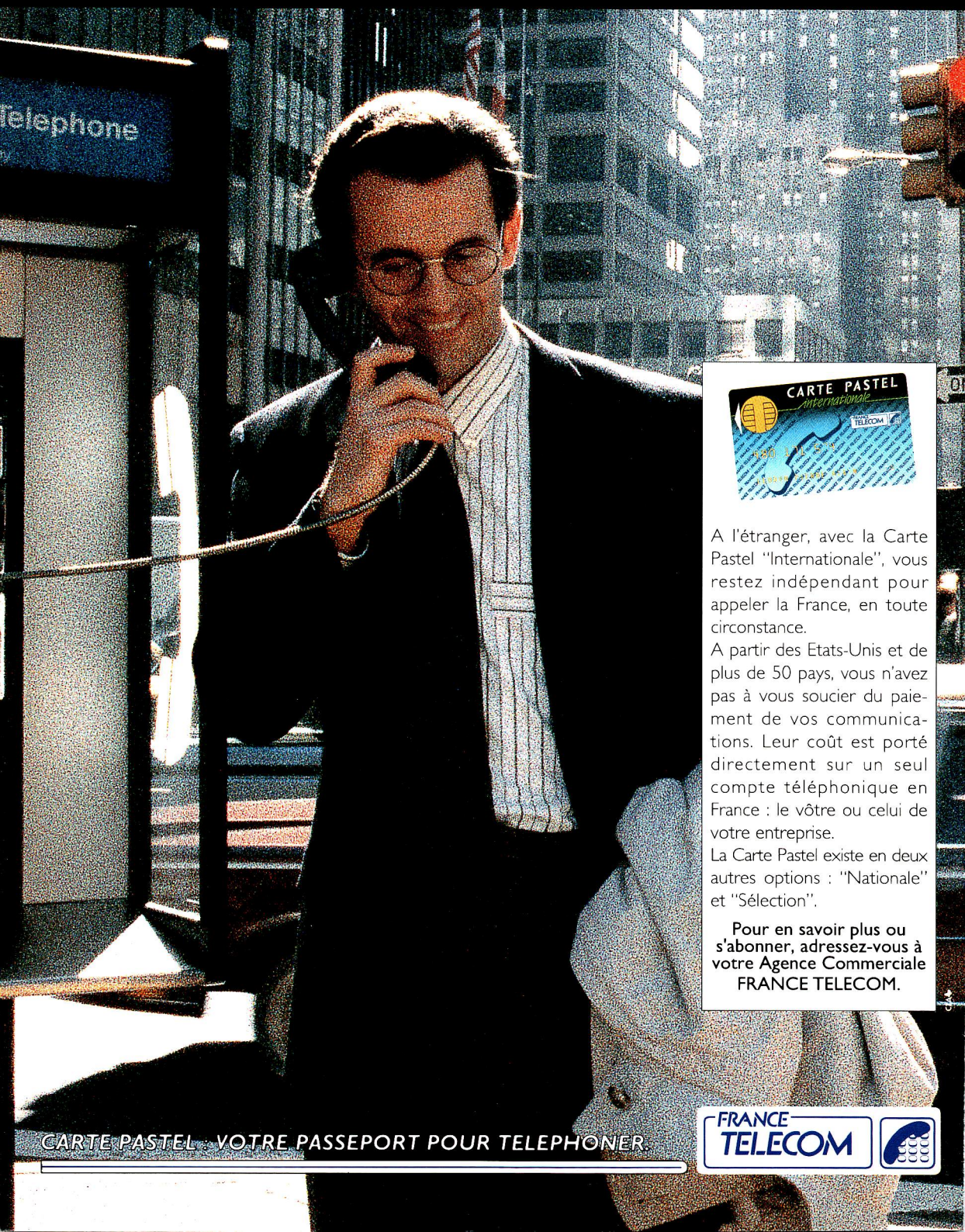
60/FB - 6,50/FB - 5 can. 3,75 - 500 Plac - 600 Esc - 30 Dh - 3000 Di - 5500 L - 425 S. 100 C - 100 RCI - 1035 CFP



Christophe Colomb : LA PLUS GRANDE CATASTROPHE ECOLOGIQUE DE L'HISTOIRE

MENSUEL - N° 892
JANVIER 1992

Vous appelez des Etats-Unis. Jouez la carte de l'indépendance.



A l'étranger, avec la Carte Pastel "Internationale", vous restez indépendant pour appeler la France, en toute circonstance.

A partir des Etats-Unis et de plus de 50 pays, vous n'avez pas à vous soucier du paiement de vos communications. Leur coût est porté directement sur un seul compte téléphonique en France : le vôtre ou celui de votre entreprise.

La Carte Pastel existe en deux autres options : "Nationale" et "Sélection".

Pour en savoir plus ou s'abonner, adressez-vous à votre Agence Commerciale FRANCE TELECOM.

CARTE PASTEL - VOTRE PASSEPORT POUR TELEPHONER.

**FRANCE
TELECOM**



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 : SIENVE 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 BEHAR
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
Secrétaire général de rédaction : ELIAS AWAD
Secrétaires de rédaction : FRANÇOISE SERGENT,
NADINE RAGUET
Rédacteurs : RENAUD DE LA TAILLE, ALEXANDRE
DORCZYNSKI, PIERRE ROSSION, 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
Secrétaires : MARIE-ANNE GUFFROY, PAULE DARCONNAT

• ILLUSTRATION

ANNE LEVY
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 : PATRICK-ALEXANDRE SARRADEIL
Assisté de : BRIGITTE CROUZAT
Vente au numéro : JEAN-CHARLES GUERALT
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
Commande de relures et d'anciens numéros :
CHANTAL POIRIER - Tél. (1) 46 48 47 18
Relations abonnés : Services Abonnements 1 rue du Colonel Pierre-Avia
75503 Paris Cedex 15 - Tél. (1) 46 48 47 08 (de 9h à 12h)

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



ABONNEZ-VOUS A SCIENCE & VIE

BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner à SCIENCE & VIE

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

OUI, je souhaite m'abonner à SCIENCE & VIE

☐ **CAEE** 1 AN + 4 hors série : 16 N°
280 F au lieu de 364F*

☐ **CAEF** 2 ANS + 8 hors série : 32 N°
513 F au lieu de 728 F*

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

☐ **CAEC** 2 ANS/24 N° : 418 F au lieu de 528 F*

Cochez la case de votre choix - *Prix de vente au N°

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code Postal _____ Ville _____

☐ Ci-joint mon règlement à l'ordre de SCIENCE & VIE-BRED

Offre réservée à la France métropolitaine et valable jusqu'à fin 1992

RC PARIS B 572 134 773

S&V 892



Le satellite tue-mouches

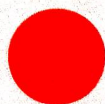
De 900 kilomètres d'altitude, un satellite de la NOAA voit les endroits (et les moments) où la mouche tsé-tsé, vecteur de la maladie du sommeil, doit nécessairement se reproduire p. 62



Une puce à la place de la pellicule.

Après la prise de vue, il suffit de relier l'appareil photo à un ordinateur pour pouvoir regarder la photo sur l'écran. p. 126

S O M M



SAVOIR

Forum

4

L'enfance d'une planète
Dominique Denis

16

L'étrange lueur orange
enfin expliquée
Daniel Tarnowski

22

L'ozone ou le frigo !
Didier Dubrana

26

Appels de phares
du fond de l'Univers
Daniel Tarnowski

36

Les maths en 3 dimensions
Renaud de La Taille

46

Avec l'hémoglobine artificielle,
plus de problème de transfusion
Jean-Michel Bader

52

Le satellite qui voit les mouches
Didier Dubrana

62

L'agouti, sauveur des forêts
Pierre-Michel Forget
et *Cristina Poletto-Forget*

66

La dissonance cognitive : pourquoi
on dit ce qu'on ne pense pas
Jacques Lecomte

68

Le plus grand bouleversement
écologique de l'Histoire
Alexandre Dorozynski

72

Echos de la recherche
Dirigés par Gerald Messadié

85

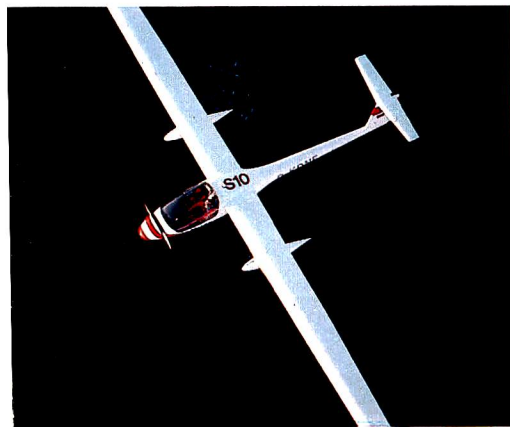


POUVOIR

L'hélice rétractable
Germain Chambost

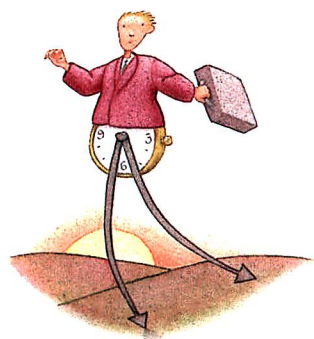
92

SCIENCE & VIE N° 892 – JANVIER 1992



Le 1^{er} vrai motoplaneur

Il sort son hélice jusqu'à ce qu'il atteigne l'altitude désirée, puis il la rentre et plane. p. 92



Le travail temporaire profitera
en premier de la reprise. p. 122

A I R E



L'ennemi moderne :
aussi difficile
à repérer qu'un moustique
Serge Brosselin

96

Les "Tchernobyl" sous-marins
Jacqueline Denis- Lempereur

108

Echos de l'industrie
Dirigés par Gérard Morice

115

Des marchés à saisir

120

La photo sans pellicule,
sans disquette ni carte à puce
Roger Bellone

126

100 000 pages dans votre poche
Paule Sully

130

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

132

Science & Vie a lu pour vous

144

Echos de la vie pratique
Dirigés par Roger Bellone

148

Faut-il arrêter tous les frigos ?

Chacun doit y penser: la chaîne du froid sur laquelle repose l'industrie alimentaire moderne est responsable de la destruction de la couche d'ozone qui nous protège contre certains rayons meurtriers venus du Soleil. On vient de comprendre le mécanisme. Une campagne de mesures, notamment avec des ballons, a quatre mois pour analyser la chimie de l'atmosphère

p. 26



UTILISER

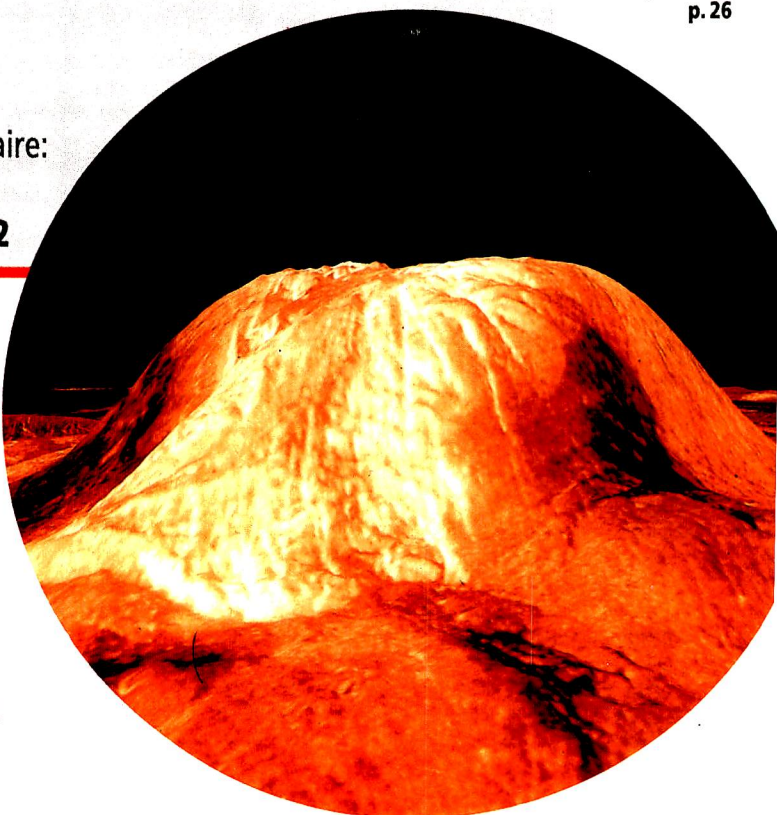
Entreprises de travail temporaire:
à la pointe de la reprise
Hervé Lhuissier

122

Naissance d'une planète

Depuis la nuit des temps, Vénus était bien à l'abri sous l'épais édreton de son atmosphère. Les radars ont jeté un regard indiscret au-dessous. A la surprise de tous, Vénus est en pleine activité géologique.

p. 16



Encart Club français du livre *Encyclopædia Universalis*, 4 pages, entre la deuxième de couverture et la page 1. Diffusion : France métropolitaine avec abonnés. Encart abonnement *Science & Vie*, entre la page 160 et la troisième de couverture. Diffusion : vente au numéro France métropolitaine

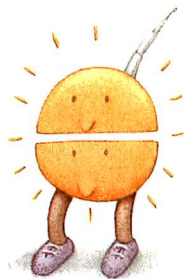
FORUM

Le photon ubiquitaire

Reprenant une phrase de notre article sur le photon ubiquitaire, dans notre numéro d'octobre, «La mécanique quantique postule qu'une particule se comporte à la fois comme une particule et comme une onde», M. A. O., de Metz, observe qu'«il ne s'agit pas d'un postulat, mais beaucoup plus d'un fait expérimental.» Ce qui est "relativement" exact, à cette nuance près que le principe de dualité du photon s'insère dans la théorie et qu'il peut donc être aussi considéré comme postulat. «On peut d'ailleurs remarquer que, pour Niels Bohr», poursuit notre correspondant, «les aspects corpusculaires et ondulatoires ne peuvent jamais se manifester simultanément.» Ce qui renforce notre choix du terme "postulat", car Bohr, en effet, rejette l'idée que le photon soit à la fois, en même temps, onde et corpuscule.

«Ce postulat tordu exaspérait Einstein», écrivions-nous. Et notre correspondant observe qu'«Einstein était bien placé pour connaître la dualité onde-corpuscule, puisque c'est lui qui avait mis en évidence l'existence du photon, démontrant ainsi que la lumière, dont les effets ondulatoires avaient été largement décrits au cours du siècle précédent, pouvait également se manifester par des phénomènes purement corpusculaires, comme dans l'effet photo-électrique.» Or, si le concept de dualité onde-corpuscule, évoqué par Louis de

Broglie en 1927, semblait bien compléter les théories d'Einstein, il n'en demeure pas moins qu'en 1935, lui, Podolsky et Rosen démontrèrent que la théorie des quanta était viciée par un présupposé invérifiable, qui était celui d'une in-



teraction à long terme entre les photons.

Il faut comprendre que l'hostilité d'Einstein aux développements de la théorie des quanta remonte au congrès Solvay de 1927, qui fut placé sous la bannière de Bohr et de ce qu'on appelait l'"esprit de Copenhague", Bohr en même temps que d'autres illustres physiciens, Born, Pauli, Heisenberg, Dirac, entraînant la physique en dehors du principe classique de causalité, et vers une conception probabiliste de l'univers. Or, ce dévoiement était insupportable à Einstein, comme en témoigne sa célèbre phrase, «Dieu ne joue pas aux dés.» Nous maintenons donc notre assertion.

Par ailleurs, rappelons que l'effet photo-électrique auquel fait allusion notre correspondant doit se comprendre ainsi : quand la lumière frappe la matière, elle en expulse des électrons, effet qui est à l'origine de

la transformation de la lumière en électricité. Or, cet effet était, au début du siècle, incompréhensible si l'on devait se servir des équations de Maxwell (selon lesquelles, en résumé, les électrons, perdant de l'énergie, se rapprochent du noyau). En 1905, Einstein conçut donc le photon, particule de lumière dont le choc sur les atomes expulsait des électrons. Et comme l'écrivent formellement Gilbert Cohen-Tannoudji et Michel Spiro dans *la Matière espace-temps* (Fayard, 1987): «cet effet ne peut trouver d'explication que dans le cadre d'une description corpusculaire de la lumière.» Il n'avait pas de rapport dans l'esprit d'Einstein avec le concept de dualité.

Notre lecteur poursuit, à propos de notre phrase «Un photon ne peut se trouver à la fois à Vincennes et à Versailles: Il s'agit là d'un paradoxe de la théorie quantique formulé par Louis de Broglie et non pas par Einstein, Polsky et Rosen. La mécanique quantique est obligée d'avoir recours à des acrobaties conceptuelles pour expliquer qu'une particule puisse se trouver en même temps à Vincennes et à Versailles avant d'être observée, et soit à Vincennes, soit à Versailles, après l'avoir été. C'est ce que la théorie résume sous le terme de "réduction du paquet d'ondes". Pour Broglie, comme pour Einstein, la particule se trouvait déjà là avant d'avoir été observée, l'observation n'ayant fait que lever l'incertitude sur sa position réelle.»

Notre lecteur résume peut-être un peu vite des faits complexes: pour Einstein, en effet, comme pour les tenants de la causalité, dont Broglie et, dans une certaine mesure, Planck lui-même, une particule suit une trajectoire et ne peut se trouver en deux points à la fois. Or, en mécanique quantique, la notion de trajectoire était mise en péril,

puisque la particule pouvait se trouver ici et là à la fois, ce qui défiait la logique autant que le principe de causalité. Remercions ce lecteur pour ses observations et critiques, et relevons que les textes sur la mécanique quantique inspirent toujours des observations et contestations, ce qui est bien normal, ce domaine de la physique théorique étant partagé par de nombreuses interprétations. Et le photon ubiquitaire n'est pas près de devenir le photon unanime.

Implants capillaires

M.P.L., de Paris, nous interroge sur "la valeur scientifique" des implants capillaires et nous prie de lui répondre dans cette rubrique. Les implants capillaires sont des autogreffes, pastilles de cuir chevelu prélevées sur la nuque et réimplantées sur les zones dégarnies. En tant qu'autogreffes, ils sont donc bien to-



lérés, mais du point de vue esthétique, leur aspect "en champ de poireaux" constitue un certain handicap.

Un chasseur sous-marin avec bouteilles n'en est-il plus un ?

L'article sur la disparition du mérou de notre n°887 nous a valu les critiques de M. Robert Mauriès, directeur de la revue *Apnéa*, qui en conteste la teneur en termes vifs. «Tout au long de son article», écrit ce

(suite du texte page 6)

Une Collection Fabuleuse...

Douze couteaux décorés de motifs originaux. Des lames en acier inoxydable forgées à Solingen. Des manches ornés d'or, d'argent, de cuivre jaune, d'étain fin, de bois de cerf, de corne de buffle...



Voici la toute première collection jamais autorisée par la NATIONAL FISH AND WILDLIFE FOUNDATION.

Superbement réalisée, elle réunit douze couteaux aux lames forgées en acier inoxydable polies à la main, aux manches réalisés dans les matériaux les plus nobles : étain... cuivre jaune massif... corne véritable... Certains sont même rehaussés à l'or 24 carats ou décorés de scènes naturalistes. Et chaque lame est ornée d'un dessin spécialement conçu pour mettre en valeur la beauté du manche.

La collection comporte à la fois des couteaux à lame fixe et d'autres à lame pliante, et chaque lame est représentative d'un style traditionnel, spécialement apprécié des chasseurs ou des pêcheurs. Les manches sont également façonnés dans toute une variété de formes différentes. Et chaque dessin, qu'il soit sculpté, gravé ou frappé, rehausse parfaitement la beauté du couteau qu'il décore.

Pour acquérir cette fascinante collection, il vous suffit de retourner le Titre de Souscription ci-contre.



Vitrine d'exposition représentée beaucoup plus petite que sa taille réelle de 68,6 cm x 53,3 cm.



Le portrait frappé de ce puissant animal figure sur le médaillon de cuivre jaune massif incrusté dans un manche en bois de rose.

TITRE DE SOUSCRIPTION

A retourner avant le 31 janvier 1992.

Veillez enregistrer ma souscription pour *Les Couteaux - Trésors des Chasseurs et Pêcheurs*, une collection composée de douze véritables couteaux de chasse et de pêche, dotés de lames en acier inoxydable, montées sur des manches de corne de buffle, bois de cerf, bois de rose... étain massif... certains rehaussés à l'or 24 carats, d'autres à l'argent véritable. Mes couteaux me parviendront au rythme d'un tous les trois mois. Le prix d'émission de chaque couteau est de 1200 F TTC, payable en trois mensualités pratiques de 400 F chacune. L'élégante vitrine murale en bois, fermant à clé me sera fournie sans frais supplémentaires.

J'ENVOIE PAS D'ARGENT POUR L'INSTANT. Je réglerai ma première mensualité sur facture, à réception.

Signature _____ Date _____

TOUTE SOUSCRIPTION EST SUJETTE A ACCEPTATION

M./Mme/Mlle _____ EN MAJUSCULES SVP

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

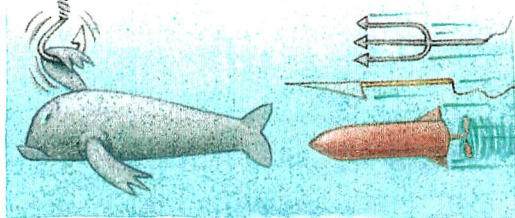
Pour la livraison, comptez un délai de 4 semaines environ.

A retourner sans affranchir à l'adresse suivante:
LE MEDAILLER FRANKLIN
Libre Réponse 51-95 - 95207 Sarcelles Cedex

6785/00046

Les Couteaux-trésors des Chasseurs et Pêcheurs

correspondant, «l'auteur démontre que les scientifiques (cette appellation regroupant malheureusement une trop grande diversité de personnes aux compétences très variables et souvent discutables) connaissent peu le mérout. Après avoir titré "la Fin du mérout", n'écrit-il pas: "Les scientifiques ne sont pas tous affirmatifs sur les causes de ce dépeuplement. Lorsque la question leur est posée, la réponse prend un tour prudent. Car, paradoxalement, alors que



ce poisson se laisse facilement approcher par l'homme, on le connaît assez mal." Il reconnaît plus loin que "les habitudes de vie du mérout sont difficiles à cerner, car maintes exceptions viennent chaque fois contredire les règles qui semblent les gouverner."

»Faisant état des expériences et des connaissances du GEM (Groupe d'études du mérout), M.Francour en reste pourtant au stade des hypothèses: "La raréfaction du mérout des zones littorales pourrait être due à sa migration vers des profondeurs de plus en plus grandes. Il y a quelques années encore, on le trouvait couramment à près de 10 m de fond et moins. Mais cela est devenu un fait rare: on le rencontre le plus souvent, de nos jours, entre 50 et 100 m sous la surface." Cette affirmation appelle trois réflexions:

»1. Les scientifiques ne disposent d'aucune donnée sur la répartition des mérouts en fonction de la profondeur au fil des années et ne peuvent donc conclure qu'il y avait plus de

mérouts à 10 m de la surface dix ou vingt ans auparavant qu'il y en a aujourd'hui.

»2. Si, effectivement, les mérouts ont progressivement migré vers des profondeurs plus grandes, de nombreux facteurs peuvent en être la cause: la pêche traditionnelle, la chasse sous-marine, la plongée avec bouteilles, la navigation, l'aménagement des côtes (une analyse sérieuse prend nécessairement en compte les profonds bouleversements de la zone littorale dus à une surpopula-

tion), les pollutions chimiques et mécaniques qui engendrent un déséquilibre de la chaîne alimentaire, raréfiant ou déplaçant ainsi la nourriture du mérout, et bien d'autres causes liées à l'espèce elle-même.

»3. Cantonné à des profondeurs supérieures à 20 m, le mérout est quasiment inaccessible aux chasseurs sous-marins répondant à cette appellation (plongeurs en apnée), mais le reste aux plongeurs avec bouteilles qui transgressent les lois et les règles sportives. Ceux-là, malheureusement nombreux en France et dans le monde, ne sont pas des chasseurs sous-marins...»

Et notre correspondant de déplorer que notre article «suggère même l'extension à tout le littoral français des dispositions inutiles régnant déjà en Corse: "l'interdiction du mérout aux chasseurs sous-marins". Une soi-disant solution s'inscrivant dans une logique partisane visant à tromper l'opinion publique sur les causes réelles (et les solutions réelles) des pro-

blèmes de nos mers ou à satisfaire des intérêts particuliers.»

Il semble que l'irritation et la vivacité inhabituelle du ton de M.Mauriès soient dues à la distinction entre chasseurs sous-marins sans bouteilles, plongeant donc en apnée, et chasseurs avec bouteilles. Comment faut-il donc appeler ces derniers? Car l'appellation "plongeurs" ne les définit pas, le seul fait de plonger avec bouteilles n'impliquant pas qu'on plonge pour chasser.

En tout état de cause, il nous paraît excessif de vouloir jeter le discrédit sur les scientifiques, l'auteur de notre article étant membre du Laboratoire de biologie marine et d'écologie du Benthos, à Marseille, et, à ce titre, certainement qualifié pour utiliser ce terme à bon escient. Par ailleurs, si le mérout se raréfie, l'interdiction générale de chasse, avec ou sans bouteilles, ne règlera peut-être pas la totalité du problème, mais contribuera déjà à alléger les menaces qui pèsent sur le serranidé.

Electromagnétisme et cancer : une affaire troublante

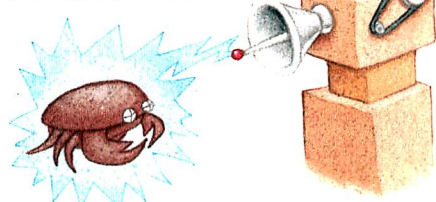
Maître de conférences à la faculté des sciences de Brest, M.A.P. nous adresse une lettre aussi intéressante que troublante: «En juillet dernier, j'ai assisté à une conférence à Boston sur le thème de l'électromagnétisme et de ses diverses applications (radars, antennes de radio ou de télévision, etc.). Le dernier papier présenté lors d'une session portait sur les applications médicales. L'orateur

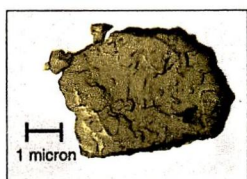
commença par s'excuser du fait que le papier qu'il allait présenter était hors sujet par rapport au thème de la conférence. La personne est un médecin travaillant dans un hôpital suédois. Puis il nous présenta les grandes lignes d'une modélisation électrique de certaines parties du corps humain, proposant en particulier une analogie entre les vaisseaux sanguins et les conducteurs électriques en boucles fermées, et la modélisation électrique des tumeurs cancéreuses.

»Je n'ai malheureusement pas retenu les détails, mais il a poursuivi en affirmant qu'il avait mis au point un dispositif capable de résorber entièrement la plupart des tumeurs cancéreuses. Comme exemples, il projeta trois diapositives montrant une tumeur cancéreuse importante, puis sa régression et sa totale disparition au bout de quelques semaines. A ce moment-là s'éleva dans l'assemblée un brouhaha venant de gens qui, comme moi, se demandaient s'ils avaient bien compris. L'orateur nous expliqua alors que, depuis 25 ans, il travaillait sur le sujet, avec plus d'une vingtaine de publications et un livre sur le sujet.

»La communauté scientifique médicale ne le croyant pas, il est allé expérimenter en Chine avec l'aide d'un médecin dont il donna les références, il traita quelque 1 000 personnes atteintes de tumeurs cancéreuses, et il cita le chiffre de 90% de guérisons totales...Son exposé terminé, il fut assailli de questions. L'intérêt qu'il avait

(suite du texte page 8)





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

GUIDE MÉTALS
COMMENT PRÉSERVER
SON CAPITAL MOTEUR

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 NOUVELLE GENERATION

PRÉCONISÉ DES 15000 KM



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

suscité dans l'assistance était considérable.»

Ce lecteur demande si le conférencier affabulait ou s'il avait raison (il penche pour la seconde hypothèse) et, à titre d'indication, nous adresse un résumé de ce conférencier. A notre surprise, il s'agit d'un chercheur attaché à l'institut Karolinska de Stockholm, institut qui, comme on sait, joue un rôle essentiel dans l'attribution des prix Nobel de science.

Voici de nombreuses années qu'on cherche à savoir si les champs magnétiques et électromagnétiques ont une influence sur la santé, laquelle et comment s'en servir.

On se souvient de la machine de Priore, dont *Science & Vie* fut le premier à parler en son temps (n° 572, mai 1965, n° 643, avril 1971, et n° 799, avril 1984, tous numéros épuisés), machine qui était censée, entre autres, avoir une influence bénéfique sur les cancers, et dont l'expérimentation fut interrompue à la suite de querelles scientifiques et par la mort de l'inventeur.

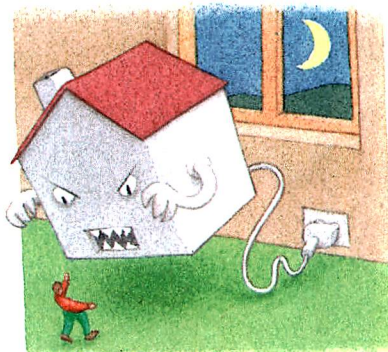
Des informations récentes indiquent que plusieurs chercheurs dans divers pays ont repris des expériences en ce sens, mais l'information que voilà est la première qui fasse état de guérisons de cancers à proprement parler.

Etant donné l'importance des allégations, hélas non étayées par d'autres chercheurs, nous resterons réservés jusqu'à plus ample informé. Mais étant donné aussi l'intérêt du sujet, nous y reviendrons prochainement.

Champ électromagnétique... et sommeil !

Mme P.L., de St. Palais-sur-Mer, nous avait écrit il y a près d'un an pour nous rapporter un fait qui lui paraissait singulier :

« Dans ma maison, construite en 1984, et dans beaucoup d'autres, dont de plus anciennes, j'ai constaté une forte déperdition électrique à des moments précis et réguliers. J'ai acheté un Détectelec, description ci-jointe, et testé ma maison. Dans la journée, l'ap-



pareil est silencieux, sans réaction visuelle ni sonore. De 22h30 à 6h30, l'appareil se met à vibrer de façon effrayante, maximale, dès que je m'approche d'une lampe, d'une prise ou du passage d'un fil électrique. J'ai alors fait changer les heures de tarif, mettant les heures creuses de 24 h à 6h30 et de 12 h à 14 h. J'ai alors été très surprise de n'avoir aucune perturbation pendant ces deux dernières heures, alors que, de 22 h à 24 h, où je n'avais plus le tarif heures creuses, les perturbations étaient présentes. Ce serait donc le secteur nuit, de 22 h 30 à 6 h 30, qui serait responsable des perturbations. »

Cette lectrice a interrogé EDF, qui n'a pas pu expliquer le phénomène, un électricien, qui a mesuré la prise de terre et a trouvé 32 v, ce qui lui a paru normal, et...un radiesthésiste, qui a déclaré qu'EDF envoie une fréquence 800 Hz pendant les heures de nuit. Cette lectrice se demande donc si ces vibrations sont dangereuses pour la santé. Nous n'avons pas pu répondre à cette lettre, car elle posait des

problèmes auxquels seule une enquête sur place eût permis de répondre. En tout état de cause, nous étions surpris qu'EDF n'ait pas pu expliquer le phénomène, parce qu'elle envoie fréquemment des signaux pendant les heures creuses, lesquels peuvent, en effet, agiter

Mme M.M., de Rennes, qui nous a écrit une lettre fort circonstanciée dont la teneur est la suivante : cette lectrice et son époux se trouvèrent réveillés tous deux ensemble, mais à des heures différentes (6 h, 5 h, 4 h, 3 h, etc.), en dépit, pour elle d'un somnifère puissant et pour lui, d'un sommeil sans reproche. Néanmoins, quand ils allaient dormir ailleurs, dans leur caravane ou un autre domicile, leur sommeil était sans faille.

La momie et le tabac

M.B.B., de Paris, nous demande où l'on en est d'une affaire très singulière : il s'agit des feuilles de tabac trouvées dans l'abdomen de la momie de Ramsès II, rapportée en 1983 par notre confrère *Science et Avenir*. Notre lecteur évoque un sujet souvent effleuré et jamais élucidé, celui de rapports éventuels entre l'Ancien et le Nouveau Monde. L'affaire en est toujours au même point : on a bien trouvé des feuilles de tabac

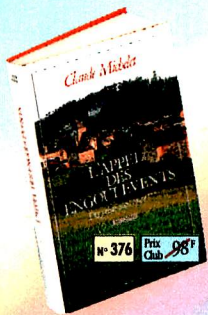


dans la momie du pharaon Ramsès II, qui régna sur l'Égypte de 1290 à 1224 avant notre ère. Or, le tabac est originaire du Mexique, et n'arriva en Europe qu'après le voyage de Colomb. D'où venait donc le tabac trouvé dans la momie ? Était-il importé ? Mais comment ? Et pourquoi ne fut-il alors pas cultivé en Égypte ? Aucune hypothèse satisfaisante n'a encore été formulée qui réponde à ces questions.

(suite du texte page 10)

**Offre spéciale «Arc-en-Ciel»
du Grand Livre du Mois.**

Ce radio-réveil de grande qualité est aussi un
élégant téléphone agréé Télécom ! Vous le
recevrez avec vos deux livres.



2 livres et un radio-réveil téléphone pour 159 F

Voici une occasion exceptionnelle de faire connaissance avec le Grand Livre du Mois : vous allez recevoir deux livres reliés, accompagnés d'un superbe Radio-réveil téléphone, pour un prix total de 159 F (frais d'envoi inclus). Vous avez le choix entre deux livres présentés ci-dessus, ou deux autres à choisir ci-dessous. Votre colis vous parviendra dès que nous aurons reçu votre règlement. Il contiendra vos deux livres, votre Radio-réveil téléphone, ainsi que votre Carte personnelle de Lecteur du Club... et un élégant stylo-plume, si vous joignez tout de suite votre paiement. Vous découvrirez ainsi le Grand Livre du Mois, réputé pour proposer les



nouveautés dès leur sortie en librairie. Vous n'avez pas de cotisation à payer et vous gardez votre entière liberté. Vous pouvez choisir le livre vedette ou d'autres livres parmi un vaste choix présenté dans la Revue que vous recevez gratuitement au moins treize fois par an. Les livres achetés vous donnent droit à des points cadeaux vous permettant d'obtenir des livres gratuits. Pour bénéficier de tous les avantages du Club, il vous suffit d'acquiescer au moins un livre tous les six mois pendant 2 ans, vous n'êtes donc pas obligé de faire un achat chaque mois. Alors n'hésitez pas, postez sans tarder votre Bon d'Adhésion ci-dessous après l'avoir complété.

Vous pouvez aussi choisir vos 2 livres parmi ceux qui vous sont présentés ci-dessous.



BON D'ADHÉSION

à renvoyer au Grand Livre du Mois 60028 BEAUVAIS CEDEX

Les N° des 2 livres choisis:

Merci d'indiquer un livre de remplacement en cas d'indisponibilité d'un de ces

A + le Radio-réveil-téléphone

**EN CADEAU, si vous joignez tout de suite votre paiement
cet élégant stylo-plume**



Veuillez accepter ma demande d'adhésion au Grand Livre du Mois. Je vous indique ci-dessus les numéros des 2 livres que je choisis.

KP1030

☐ Je préfère vous les régler immédiatement pour recevoir le stylo-plume en cadeau. Vous m'enverrez aussitôt mes 2 livres, mon radio-réveil téléphone et mon stylo.

☐ Ci-joint mon règlement de 159 F (frais d'envoi inclus) à l'ordre du Grand Livre du Mois, par:

☐ chèque

☐ carte bancaire N°

Expire à fin

Ne pas régler en espèces, timbres ou mandat-carte.

☐ Je ne désire pas recevoir le stylo-plume en cadeau. J'attends votre facture pour vous régler la somme de 159 F (frais d'envoi inclus). Dès l'enregistrement de mon règlement, vous m'enverrez mes 2 livres et le Radio-réveil téléphone.

Si ces 2 livres et le Radio-réveil téléphone ne me satisfont pas entièrement, je vous les retournerai dans leur emballage d'origine dans les 8 jours sans rien vous devoir et je serai intégralement remboursé. Autrement, je deviendrai adhérent du Grand Livre du Mois.

Je prends comme seul engagement d'acheter au moins 1 livre tous les 6 mois. Dans la Revue gratuite, envoyée au moins 13 fois par an, me sont présentés le Livre Vedette et de nombreux autres livres. Pour acquiescer le Livre Vedette je n'ai rien à faire : l'ouvrage me parviendra automatiquement, mais si je désire acquiescer un autre livre ou pas de livre du tout, je vous le ferai savoir en vous renvoyant la carte réponse jointe à chaque Revue. Tous les livres proposés dans la Revue sont reliés, présentés avec une luxueuse jaquette et donnent droit à des points-cadeaux. A défaut de commande d'un livre au bout de chaque période de 6 mois, je recevrai le Livre Vedette présenté dans la Revue et le paierai dans les 10 jours. Je bénéficierai des avantages du Club pendant 2 ans minimum. A l'expiration de cette période de 2 ans, j'accepte que mon adhésion soit renouvelée par tacite reconduction d'année en année. Si je ne souhaite pas renouveler mon adhésion, je vous préviendrai par simple lettre avant la fin de celle-ci en y joignant ma carte d'adhérent.

A remplir en majuscules. Merci

M. Mme. Mlle Prénom _____ Nom _____ Rés. _____ Bât. _____ Appt. _____

N° _____ Rue/Av./Bd _____ Code postal _____ Commune _____

Une seule adhésion par foyer soumise à l'acceptation du Club. Offre réservée à la vente par correspondance, aux nouveaux adhérents. Pour les D.O.M., écrire au Grand Livre du Mois. Offre valable jusqu'au 31 octobre 1992.

Cochez ici : ☐ Si vous désirez recevoir le radio-réveil téléphone seulement au prix de 405 F (+9 F de frais d'envoi).
☐ Si vous désirez recevoir un ou plusieurs livres au prix indiqué, sans adhérer au Club (+9 F de frais d'envoi).

Signature obligatoire date

(pour les mineurs signature des parents)



Blurgs et astrologie

«...Je n'ai que des éloges à vous adresser pour la haute tenue, tant de forme que de fond, de vos articles», écrit M.D.C.S., de Bruxelles, «mais je suis quelque peu peiné de constater que votre argumentation anti-blurgs se limite assez généralement à des affirmations du genre: "C'est de la superstition!"...Et quand je lis la citation de Paul Couderc, reprise dans votre n° 887 à la p. 18 ("l'Astrologie déguisée en astronomie"), je vous trouve un peu légers: "Le bilan de l'astrologie scientifique est égal à zéro, comme celui de l'astrologie commerciale." Pouvez-vous prouver cela? » Néanmoins, le même lecteur écrit: «Il faut que l'astrologie, la chiromancie, la cartomancie et toutes les sottises du même acabit disparaissent de notre civilisation. Il y va de la santé mentale de notre jeunesse.»

Remercions ce lecteur pour ses éloges et relevons d'emblée une singularité: ce ne serait qu'à propos des blurgs que notre argumentation serait sommaire. Cela laisse rêveur. Sa proposition aussi: serait-ce donc à nous qu'il faut démontrer l' inanité de l'astrologie? Si nous publions une information selon laquelle les cochons volent à la pleine Lune, ce serait à nous de le démontrer, et non pas à ceux qui ne nous croient pas. Cela étant, nous n'avons pas eu connaissance d'un seul travail d'astrologie méthodique ("scientifique" est un bien

grand mot pour la question) qui démontre, soit l'influence du signe, soit celle des planètes.

Température minimale et maximale

M.R.I., de Lanson, demande: «Il existe une température au-dessous de laquelle on ne peut descendre, le 0 absolu (-273°C , je crois), et où tout mouvement est suspendu dans la matière, si mes souvenirs de faculté son exacts. Existe-t-il, à l'inverse, une température qu'on ne peut dépasser?»

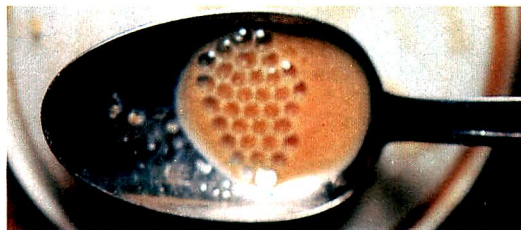
La température est une grandeur qui correspond à l'agitation des particules. Elle baisse avec la perte d'énergie, et c'est l'entropie, et augmente avec l'agitation, et c'est la néguentropie. Comme on ne connaît pas les limites possibles de cette agitation dans le cœur des étoiles, par exemple, on ne peut faire d'hypothèse sur une température maximale éventuelle. Toutefois, on peut évoquer incidemment le théorème de Szilard-Brillouin, qui généralise le second principe de thermodynamique: "Dans un système isolé, la somme de l'information et de la néguentropie ne peut que diminuer."

Comment faire du nid d'abeilles

M.A.B., de Lyon, nous soumet une analogie, illustrée par la photo ci-dessus. entre la

forme hexagonale des alvéoles d'un nid d'abeilles et celle des bulles qu'on obtient en faisant chauffer 20 g de cire, de miel, de salive et d'exsudats d'abeilles et en y soufflant des bulles avec une pipette. La ressemblance est, en effet, présente. Toutefois, ce lecteur avance que ce serait ainsi que l'abeille procède pour construire ses nids, ce qui est entièrement infirmé par l'entomologie,

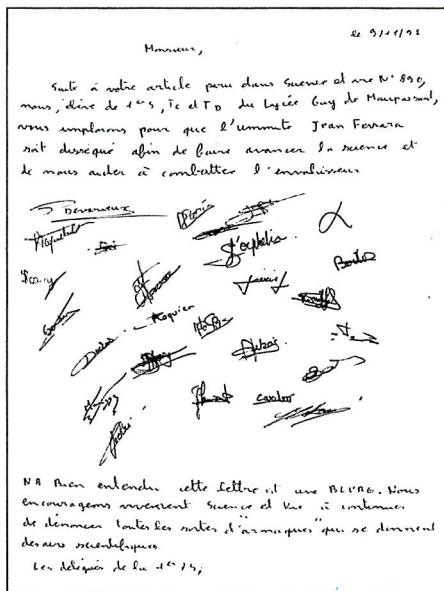
et cela d'autant plus que les abeilles peuvent aussi construire leurs nids sur des plans verticaux, ce qui est bien difficile. Qui plus est, les abeilles construisent les fonds de la même manière, c'est-à-dire que les alvéoles sont, en fait, des dodécaèdres incomplets, auxquels il manque trois facettes. Là, la méthode utilisée par notre correspondant semble bien aléatoire.



Pour une autopsie de l'Ummite !

«Suite à votre article du n° 890, nous, élèves de 1^{ère} S, TC et TD, du lycée Guy de Maupassant, nous implorons que l'Ummite Jean Ferrara soit disséqué afin de faire avancer la science et de nous aider à combattre l'envahisseur.

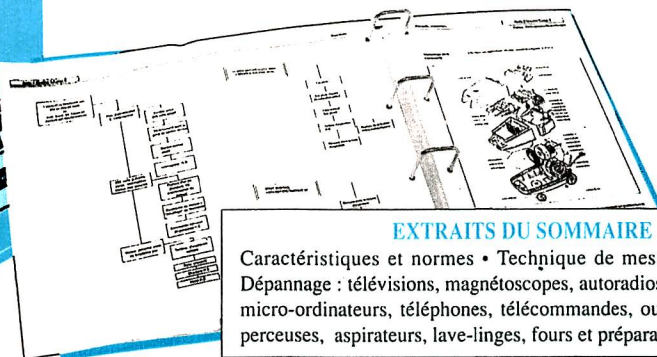
»N. B. Bien entendu, cette lettre est une Blurg. Nous encourageons vivement Science & Vie à continuer de dénoncer toutes les sortes d'arnaques qui se donnent des airs scientifiques.»



Merci ! L'Ummite a pris la fuite !

(suite du texte page 12)

RÉPAREZ VOS APPAREILS ÉLECTRONIQUES ET ÉLECTROMÉNAGERS EN TOUTE SÉCURITÉ !



EXTRAITS DU SOMMAIRE

Caractéristiques et normes • Technique de mesure et outillage •
Dépannage : télévisions, magnétoscopes, autoradios, magnétophones,
micro-ordinateurs, téléphones, télécommandes, outillage électrique,
perceuses, aspirateurs, lave-linges, fours et préparateurs culinaires.

MAÎTRISEZ FACILEMENT LE FONCTIONNEMENT DES APPAREILS LES PLUS RÉPANDUS

De la "puce" qui déprogramme votre lave-linge à votre télé-
couleur qui reste en noir et blanc, ce guide vous offre
1 700 pages grand format et une multitude de dessins
techniques pour triompher vous-même des pannes, petites ou
grandes, qui empoisonnent la vie.

Pour chaque appareil, vous avez un descriptif détaillé de son
fonctionnement, de sa conception, ainsi
qu'un arbre de diagnostic pour déceler
rapidement l'origine de toute panne.
Schémas types et tableaux synoptiques
vous permettent de trouver d'un coup d'œil
la caractéristique des résistances, conden-
sateurs, bobinages, circuits intégrés...

Un peu de méthode, le succès est vite au
rendez-vous !



Grâce aux arbres
de diagnostic,
détectez
chaque panne
facilement et
rapidement.

GAGNEZ DU TEMPS ET DE L'ARGENT ET RESTEZ EN PERMANENCE À LA POINTE DE LA TECHNIQUE

Plus besoin d'attendre le dépanneur et de voir vos appareils
immobilisés trois semaines ! Avec cet ouvrage en main, vous
faites immédiatement face aux pannes de vos appareils, du
magnétoscope au micro-ordinateur, de l'aspirateur au sèche
cheveux. Grâce à notre savoir-faire et à nos conseils
pratiques, vous réaliserez des économies importantes.

Avec en plus son service de compléments à
feuilles mobiles, votre ouvrage évolue
avec la technologie. Il vous permet de
dépanner les appareils les plus courants.
Recevez cet ouvrage indispensable par
retour de courrier en envoyant le bon ci-
dessous dès maintenant.

VOTRE GARANTIE "Satisfait ou remboursé"

Si, au vu de cet ouvrage
vous estimez qu'il
ne correspond pas
totalement à votre
attente, il vous suffi-
rait de le renvoyer
sous 15 jours dans son
emballage d'origine,
pour être remboursé.
Vous bénéficiez de la
même garantie pour
les envois de complé-
ments (service annu-
lable à tout moment).

BON DE COMMANDE

à renvoyer avec votre règlement sous enveloppe non affranchie à : Éditions WEKA, Libre Réponse n° 5, 75941 Paris cedex 19.

☐ OUI, envoyez-moi : "Le Manuel pour Entretenir et Réparer tous vos Équipements Electroniques et
Électroménagers". 2 volumes, plus de 1 700 pages, 21 x 29,7 cm, au prix total de 565 F TTC* franco. (Réf. 9700).

Et en plus le service de compléments WEKA.

J'ai bien noté que cet ouvrage est enrichi tous les 2 mois environ, par des compléments de 150 pages au prix de 321 F TTC**
franco le complément.

Je pourrai interrompre ce service à tout moment par simple demande écrite et bien évidemment, je bénéficie de la garantie WEKA.

☐ Ci-joint mon règlement par chèque à l'ordre des Éditions WEKA.

☐ Envoi par avion : + 110 F par ouvrage.

Nom : Prénom :

Adresse :

Code postal : Ville :

Téléphone : Date : Signature obligatoire

* Offre valable jusqu'au 24/02/92

** Prix révisables en fonction de l'évolution des tarifs de nos propres fournisseurs.

250102



Maladie de Crohn et progrès médicaux

M.C.B.N., de Laon, écrit : « J'ai été opéré d'urgence pour une maladie de Crohn, il y a environ quatre ans, et votre article du mois de septembre 1991, "Tabac sur ordonnance" a retenu mon attention. J'aimerais de plus amples renseignements sur cette maladie, la tranche d'âge qu'elle menace, etc. »

La maladie de Crohn, dite aussi iléite régionale (mais elle porte bien d'autres noms) est une inflammation ulcéreuse et sténosante d'un segment de l'intestin grêle, le plus souvent à sa partie terminale; elle entraîne la formation de fistules suppurantes; elle peut se combiner avec une colite du même type. Elle peut débiter de manière soit aiguë, comme ce fut le cas pour notre lecteur, soit subaiguë, simulant l'appendicite. Elle devient souvent chronique, entraîne une altération de l'état général, avec diarrhée tenace,



occlusion et suppuration. La cause en est inconnue. On a évoqué un désordre immunitaire. A un congrès récent à Boston, de nombreuses communications ont confirmé les mérites du traitement médical, alors qu'auparavant la maladie imposait le recours chirurgical. La 6-mercaptopurine ou 6-MP se révèle efficace à long terme sur 78% des patients, permettant de réduire les doses de corticoïdes. La mésalazine est également efficace sur 72% de patients et permet des rémissions de douze mois après le traitement (avec quelques effets indésirables). Enfin, la ciclosporine

ne ferme les fistules en une dizaine de jours, mais ses effets sont temporaires.

Le canon irakien et le matériel pétrolier

M.J.E., de Melun, écrit : « L'article de M. de La Taille sur le "canon" irakien appelle quelques remarques. »

1. Le forage et la production pétroliers, eux, travaillent souvent à des pressions beaucoup plus hautes que celles utilisées en raffinage. Je travaille depuis plus de trente ans dans cette industrie et j'ai même dirigé pendant quelques années un service d'études où nous avions à réaliser des appareils destinés à contenir les chutes de pressions de têtes de puits. Le matériel est défini par classes (toujours en psi=livres par pouce carré) qui vont de 3 000 à 15 000 psi (210 à 1 050 bars). Comme le matériel est essayé à 1,5, sa pression de service, le "haut de gamme" est essayé à 22 500 psi, plus de 1 500 bars. Ceci intéresse des diamètres allant jusqu'à 18"3/4, presque 500 mm.

2. Concernant le "bidule" de M. Saddam, il est difficile de juger sur des photos de sa destination réelle, mais si cela ne ressemble pas beaucoup à un canon, cela ne ressemble guère plus à une installation pétrolière ou hydraulique.

La partie intéressante, la partie basse, est bien cachée par des bâches, alors que la partie haute, qui a tout du banal tuyau, est bien en vue de n'importe quel satellite de passage.

Les supports, qui se voient bien p. 116, ne ressemblent pas du tout à un support de pipe-line. On dirait plutôt quelque chose destiné à permettre un mouvement longitudinal et à contenir de vio-

lents effets latéraux.

En conclusion, tout cela est très incohérent et il y a probablement de l'intox quelque part. Mais l'intox consiste-t-elle à faire passer un tuyau pour un canon? Ou peut-être à faire passer un canon pour un tuyau?»

M. J.E. parle d'appareils destinés à contenir les chutes de pression qui sont testées à 1 500 bars, mais ce matériel n'est pas constitué de tuyaux à collerettes raccordés sur 50 m de long.

Par ailleurs, il ne nous dit pas, et pour cause, comment une canalisation, même haute pression, pourrait envoyer un obus plus loin que ne le permettent les lois de la thermodynamique. Mais il note que la partie haute du montage est bien en vue de n'importe quel satellite de passage. C'est aussi ce qu'ont remarqué d'autres lecteurs.

Bien sûr, il ne s'agit pas d'un canon» estime M.P.L., de Verdun, «mais la fosse dont les débris ont servi à constituer une rampe d'appui, le long tube dont la base avec ses vrins peut évoquer une culasse, les bâches de camouflage... Tout cet ensemble, vu de très haut, correspond assez bien à l'idée qu'on pourrait se faire d'un "super-canon". Il s'agit très probablement d'un leurre.»

M.F.C.C., du Chesnay, «se demande si la "chose" n'est pas un de ces fameux leurres de Saddam Hussein et si les premiers leurres ne furent pas les experts de l'ONU, ce dont les Irakiens doivent bien rire. Le camouflage de la bombe ne paraît-il pas plus propre à attirer l'attention qu'à soustraire l'engin aux vues? Et puis, les Irakiens en ont un peu trop rajouté, semble-t-il. Air & Cosmos du 16/9/1991 (extrait adressé le 18 septembre) n'écrivait-il pas : "D'après

Bagdad, cette arme était conçue pour pouvoir tirer des projectiles chimiques, bactériologiques ou nucléaires, à une distance de 1 000 milles, soit plus de 1 600 km."»

L'explication s'impose», pour M.A.B., de Mulhouse : « Cette canalisation de 50 m perdue dans le désert et pointée sur Israël est un leurre !

Personne ne pourrait s'y tromper, me direz-vous ; voire, de près sans doute, mais sur des photos satellites doublées d'images radar ? Que verrait-on en effet ? Une structure mince, allongée, rectiligne, dressée à 45°, vaguement camouflée par des bâches... Le radar confirmerait la nature métallique de l'engin... Ceci, près d'un puits de pétrole ou d'une raffinerie se révélerait à l'évidence comme un tronçon de canalisation, mais isolé dans le désert... c'est le super canon ! »

Un lecteur observateur

M.S.S., de Soissons s'étonne : « M'intéressant au dessin et à la retouche d'images, j'ai été intrigué par la photo qui se trouve en p. 45 de votre n° d'octobre : en l'examinant de près, on peut constater que cette photo a été retouchée, car les reflets des poignées de droite ne correspondent pas à la position et à la puissance du flash qui a été utilisé... Pour quoi les chercheurs ont-ils retravaillé cette photo si l'expérience a réussi? On peut douter de leur bonne foi. »

Non : l'expérience a bien réussi, mais le tirage qui nous avait été adressé était défectueux, aussi l'avons-nous retouché nous-mêmes : une photo retouchée n'est pas nécessairement une photo truquée. Mais bravo pour l'acuité du regard!

3615 TREND

L'INFORMATION FINANCIERE EN TEMPS REEL

**EN EXCLUSIVITE:
LE MARCHÉ DES CHANGES EN TEMPS REEL
WALL STREET EN DIRECT DES L'OUVERTURE
CLASSEMENT & PERFORMANCES DES SICAV**

N.C.P. 69.874

E = M6

c'est un nouveau regard sur la science

AVEC

**SCIENCE
& VIE**



**E = M6, dimanche 5 janvier & dimanche 16 janvier à 11 heures
rediffusions mercredi 8 janvier & mercredi 22 janvier à 16 heures 30**

“L’important c’est de participer.”



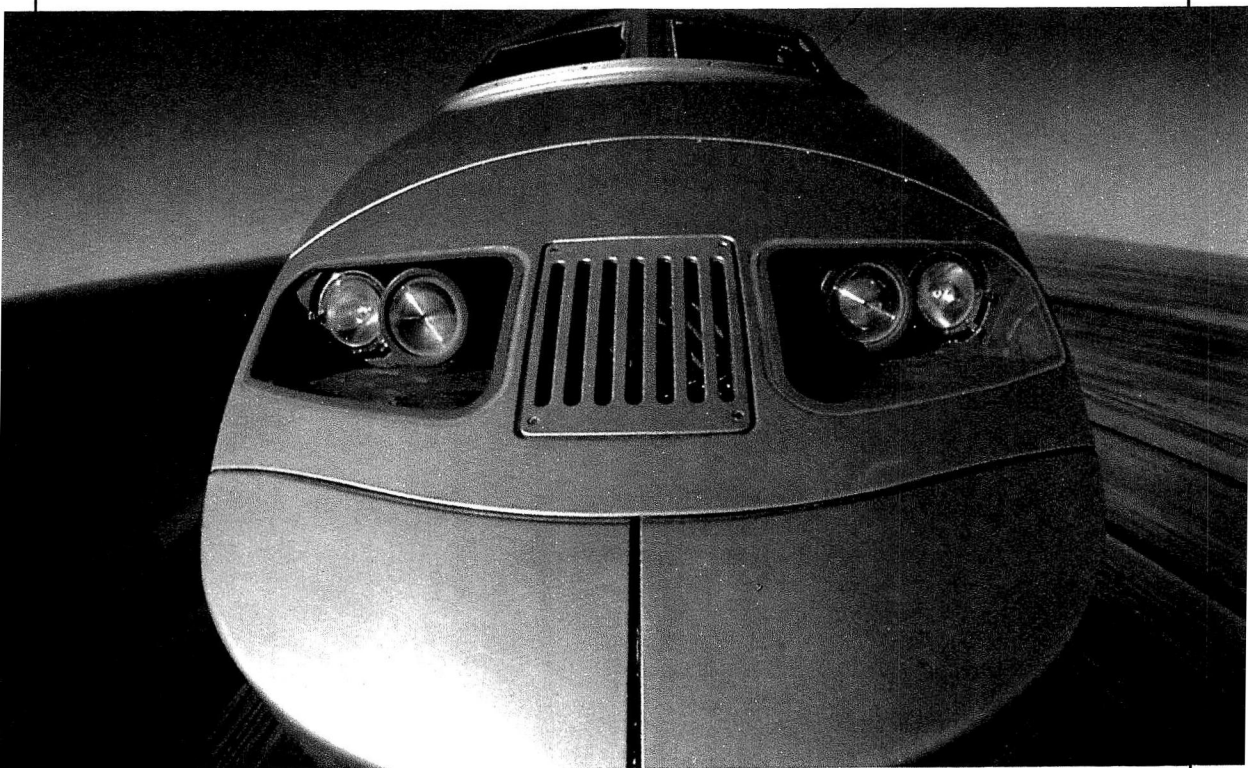
TRANSPORTEUR NATIONAL OFFICIEL DES XVI^{ES} JEUX OLYMPIQUES D'HIVER



SNCF, le progrès ne vaut que s'il est partagé par tous.

**“L’important
c’est de vous faire
participer.”**

Photothèque Alain ERNOULT



SNCF
**Partenaire des Jeux Olympiques
d’Albertville.**

TRANSPORTEUR NATIONAL OFFICIEL DES XVI^{ES} JEUX OLYMPIQUES D’HIVER



SNCF, le progrès ne vaut que s’il est partagé par tous.

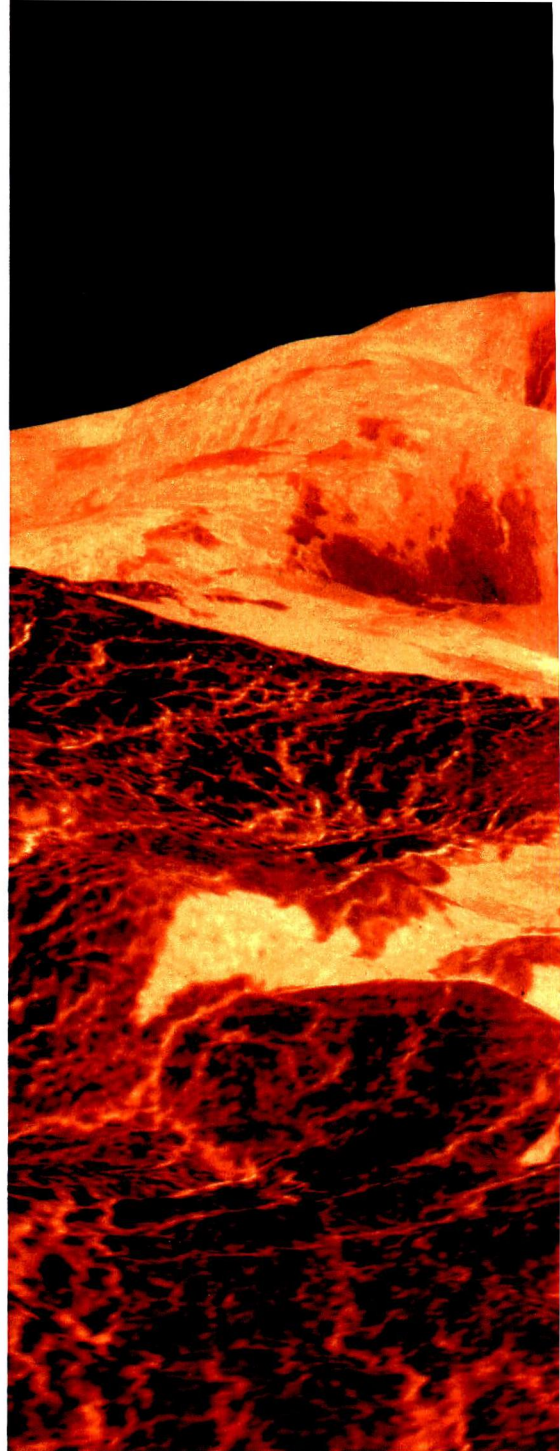
PAR DOMINIQUE DENIS

L' ENFANCE D'UNE PLANETE

Les scientifiques du Jet Propulsion Laboratory, en Californie, n'en croient pas leurs yeux. Vénus serait vivante, géologiquement bien vivante. Et dire qu'ils l'avaient crue "morte", aussi figée que la Lune, depuis cette nuit des temps où les planètes se sont formées, voilà 4,5 milliards d'années !

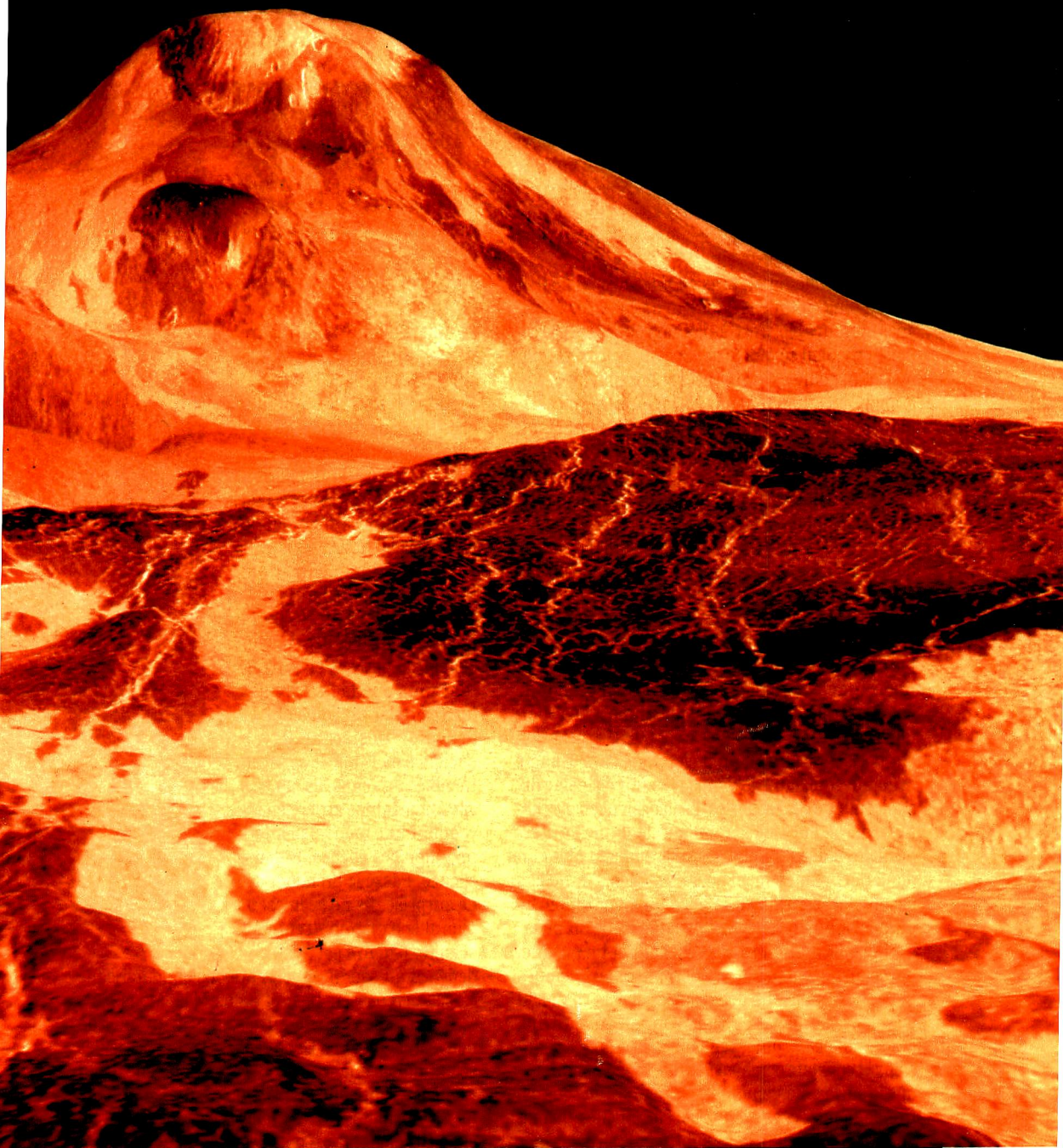
L i n'y a pas si longtemps encore, elle était protégée du regard indiscret des hommes et de leurs instruments d'observation par son épaisse couche atmosphérique, un écran très efficace puisqu'il renvoie la quasi-totalité du rayonnement solaire reçu. Aujourd'hui, l'Etoile du berger dévoile tout doucement sa vie sous l'œil perçant de la sonde *Magellan*.

En fait, les scientifiques se doutaient qu'elle était géologiquement vivante avant même que la sonde ne termine sa première mission de cartographie radar, le 15 mai 1991. Pendant ces 243 jours passés à virevolter autour de la planète comme un photographe autour de son *top model*, la sonde a pris des milliers de clichés d'une beauté saisissante : on se souvient (!) des innombrables failles, de ces réseaux de fractures qui laissent à penser que le sol de Vénus a été soumis à des cataclysmes d'une rare violence. Mais surtout, très vite, Vénus est apparue comme le royaume de la lave. Les grandes plaines, qui occupent près de 80 % de la surface, sont comme lacérées de sillons creusés par des écoulements. La sonde a même vu d'anciens cratères météoritiques "baver" une lave remontée des profondeurs, à l'endroit où la collision passée avait effondré le sol. Et certains spécialistes n'ont pas hé-



sité à comparer ces débordements à «un pansement qui suinterait le sang», une manière un peu brutale de dire que le sol de Vénus, observé par *Magellan*, ressemble à peu de choses près... à un gigantesque marécage.

Une question vient alors immédiatement à l'esprit : ce spectacle grandiose est-il figé ou bien la lave s'écoule-t-elle encore ? Grâce à l'extrême précision



de son radar, la sonde a pu apporter certains éléments de réponse. Car ce radar non seulement a une résolution de 120 m mais, grâce à la longueur d'onde centimétrique qu'il utilise, il est aussi capable de distinguer les terrains "plats" des terrains accidentés, à quelques centimètres près, autrement dit, de différencier parfaitement un sol recouvert de sable et de fines poussières d'un sol jonché

Il y a moins de dix ans, une éruption volcanique aurait eu lieu sur Vénus

Sur les flancs et aux pieds du mont Maat, sur des centaines de kilomètres, s'étendent des coulées de lave de couleur sombre. Ce seraient des laves récentes, l'atmosphère brûlante et toxique de Vénus n'ayant pas encore eu le temps de les transformer en sulfure de fer à l'aspect brillant. Si Magellan confirme ses premières observations, ce serait la première fois qu'un volcan actif serait détecté sur Vénus

de débris rocheux ! Cette prouesse technique lui a valu de repérer différents types de lave. Et les scientifiques d'en déduire qu'ils avaient probablement affaire à toute une gamme de viscosités, et donc de compositions. A coulées brillantes, lave lourde et visqueuse, et à coulées sombres, lave très fluide, qui s'écoulerait peut-être encore aussi vite qu'un ruisseau de montagne !

Il ne leur manquait plus qu'une chose, il ne leur restait plus qu'un pas à faire dans cet enfer : désigner un coupable, c'est-à-dire un volcan actif. C'est peut-être bien ce que la sonde a découvert récemment, au cours de sa deuxième mission de cartographie, en examinant une vieille connaissance des planétologues qui étudiaient Vénus : le mont Maat, deuxième sommet de la planète, avec 8 500 m d'altitude (**voir photo p. 17**).

Les sommets de Vénus, y compris le plus haut – Maxwell Montes – qui culmine à 9 000 m, réfléchissent très fortement les ondes radar et apparaissent donc très brillants sur les images en 3 dimensions élaborées à partir des cartes radar. Mais les chercheurs ont eu la surprise de constater que Maat Mons, lui, contrairement à ses congénères, comportait des coulées sombres. «Il semblerait que la montagne ait été récemment recouverte d'un flot de lave», ont-ils expliqué. Car si la plupart des sommets sont d'aspect brillant, c'est que les roches en surface sont très vite attaquées dans l'atmosphère brûlante et toxique de Vénus : il suffit d'à peine dix ans pour que ces roches se transforment en pyrrhotites, des sulfures de fer qui auraient une forte réflectivité radar. Et donc, l'aspect du mont Maat indiquerait premièrement qu'il s'agit bien d'un volcan (ce qui déjà en a surpris plus d'un) et qu'en plus il aurait connu une éruption il y a moins de dix ans !

Une observation sans précédent et bienvenue, parce qu'elle va peut-être permettre aux scientifiques de trancher un débat qui les divise : comment a évolué la surface de Vénus ? On sait aujourd'hui, grâce à *Magellan* qui a dénombré les cratères vénusiens et constaté combien ils étaient peu nombreux, que la surface de Vénus est très "jeune", au sens astronomique. C'est tout juste si elle affiche 800 millions d'années, elle a donc subi depuis sa naissance un rajeunissement important. Mais les avis restent partagés sur la durée de ce lifting : sous l'assaut de la lave, la surface s'est-elle complètement renouvelée sur une brève période, environ 100 millions d'années, après laquelle elle a conservé le visage qu'on lui connaît aujourd'hui ? Ou a-t-elle évolué progressivement, la lave submergeant le paysage par vagues successives sur plus de 400 millions d'années. Maat Mons n'est-il pas justement la preu-

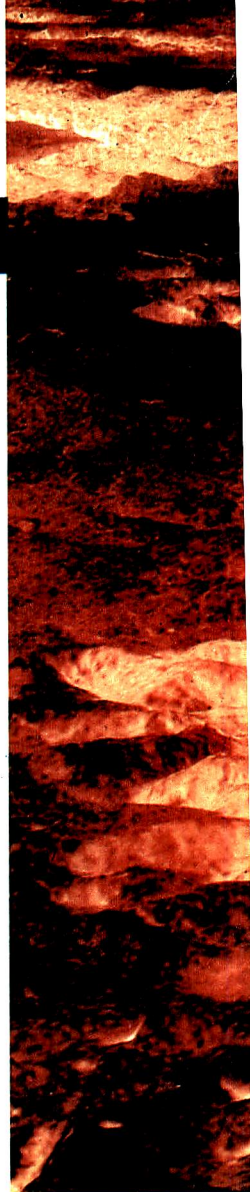
Trois météorites ont creusé ces cratères

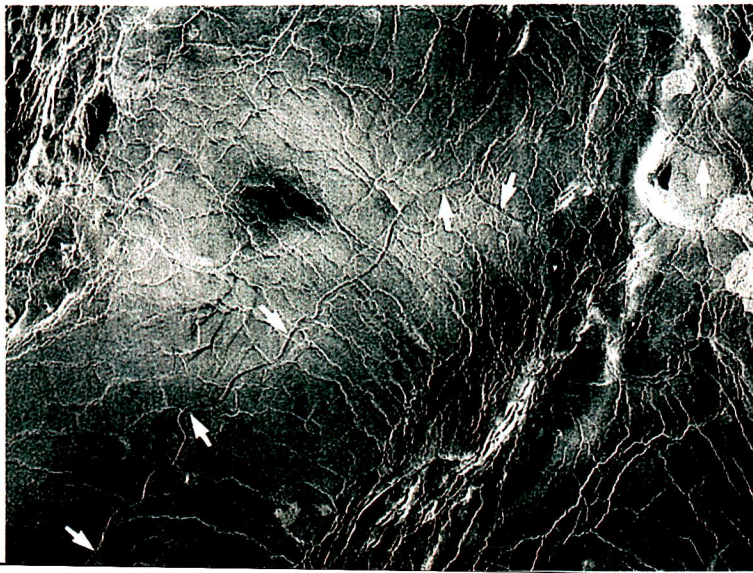
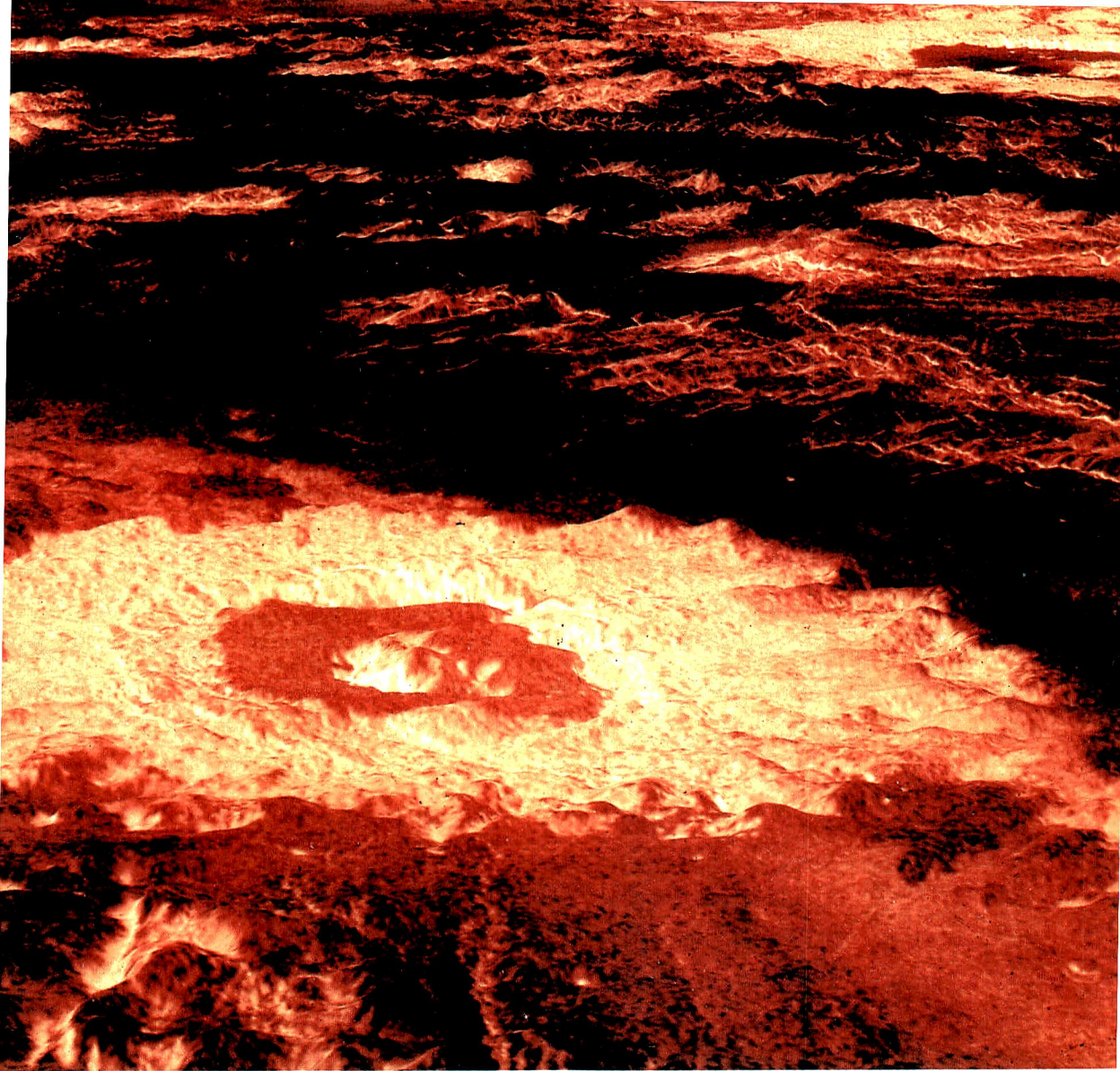
Howe, le cratère au premier plan, a un diamètre de 37,3 km. Les deux autres, Danilova (à gauche) et Aglaonice (à droite), font respectivement 47,6 et 62,3 km. Les terrains les plus anciens apparaissent en clair.

ve tant attendue pour mettre Vénus au même rang que la Terre, ou que Io et Triton, les satellites respectifs de Jupiter et de Neptune : au rang de planète toujours active ?

Mais des précautions s'imposent encore. Si le rêve secret des responsables du projet est d'assister, un jour, "en direct" à une éruption, ils ne prennent plus aujourd'hui leurs désirs pour des réalités. Ils ont appris à se méfier des conclusions trop hâtives, et ce d'autant plus que la lecture des images radar est souvent très délicate. Déclarant il y a quelques mois que le sol avait tremblé sur Vénus, ils ont très vite fait machine arrière en invoquant une mauvaise interprétation des clichés. Depuis, silence. Passé le premier effet de surprise, ils ne se laissent plus aller à un trop vif enthousiasme. L'heure est à la prudence et au conditionnel. Patience donc, puisque *Magellan* repassera bientôt visiter Maat Mons...

Tout comme elle ne tardera pas à survoler de nouveau la région d'Usha Mons. Car là encore, les scientifiques ont cru découvrir quelque chose qui excite leur curiosité et qu'ils pressentaient depuis un certain temps : un exemple de volcanisme explosif, autrement dit un point chaud. La nouvelle est elle aussi d'importance, parce qu'elle concerne un phénomène encore très mal compris, la tectonique de Vénus. Sur Terre, le principe en est connu. Notre planète est une gigantesque machinerie et l'énergie thermique produite dans ses profondeurs doit trouver une porte de sortie le long de ce que l'on appelle les "dorsales océaniques", en fait une longue chaîne de montagnes sous-marines qui zigzaguent au fond de tous les océans du globe sur plus de 60 000 km.





Un canyon plus long que le Nil

Il zigzague sur plus de 6 800 km et mesure 1,5 km de large. Quel liquide a bien pu ainsi creuser son lit ? En l'absence d'eau, les scientifiques penchent pour une lave brûlante. Mais même la lave la plus chaude se serait refroidie au contact de l'atmosphère, bien avant de parcourir une telle distance.

Au niveau de ces dorsales, une nouvelle croûte terrestre se forme périodiquement et "pousse" tout ce qui peut lui faire barrage aux alentours : les plaques continentales rigides s'éloignent lentement les unes des autres, à raison de quelques centimètres par an. Mais sur Vénus, les scientifiques n'ont pas encore trouvé de système tectonique analogue à celui de la Terre : il semblerait que les plaques n'existent pas, ou plutôt, qu'il n'existe en réalité qu'une immense plaque unique. En revanche, la colossale énergie interne est bien là. Dans ces conditions, comment le sol réagit-il à l'énorme poussée du sous-sol ? Par un volcanisme de point chaud : brutalement, le sol explose sous la pression du mélange de gaz, de débris de roches et de magmas contenus à l'intérieur. Or, dans la région d'Usha Mons, *Magellan* a détecté des traînées brillantes s'échappant d'un petit monticule d'un kilomètre de diamètre. Peut-être justement cette réponse du sol à la pression des enfers. Là encore, prudence... Mais si cette tectonique "à une plaque" était réellement typique de la géologie de Vénus, elle ferait ressembler la planète, selon les géologues, à ce que devait être notre Terre il y a environ 3 milliards d'années ! Un témoignage fondamental pour notre connaissance des planètes telluriques en général, et plus particulièrement de la Terre primitive.

On aurait pu croire que les découvertes allaient s'arrêter là. Pas du tout, *Magellan* s'est offert un autre petit plaisir en faisant tomber un record. Le plus long canal du système solaire est sur Vénus !

Première représentation complète de la surface de Vénus

Elle a été élaborée à partir du traitement numérique d'une mosaïque d'images radar. Sa couleur ocre-orangé s'inspire de ce qu'ont pu "voir" les sondes soviétiques Venera 13 et 14 lorsqu'elles se sont posées sur le sol, en 1982. On distingue, en clair, la vallée où serpente le plus long canyon du système solaire. Les zones sombres indiquent des coulées de lave récentes.



Plus long encore que le Nil, il serpente sur près de 6 800 km avec une largeur pratiquement constante de bout en bout : 1,5 km (**voir photo p. 19 et ci-dessous**). Et comme chaque nouvelle découverte apporte son lot inévitable de questions, les scientifiques s'interrogent déjà sur la nature du "liquide" qui aurait pu ainsi parcourir plusieurs milliers de kilomètres et creuser un si gigantesque canyon. L'eau ? Jusqu'ici, toutes les tentatives pour savoir si l'eau a un jour coulé sur Vénus se sont révélées vaines. Et même si les plaines de la planète présentent des similitudes avec le fond de nos océans, eux aussi d'origine volcanique, on n'en sait aujourd'hui pas plus sur ce mystère qu'au temps du premier survol de Vénus par la sonde Pioneer Venus, en 1978. Une chose est sûre, c'est qu'au cours du dernier milliard d'années, aucun fleuve, aucune rivière n'ont serpenté sur ce sol écrasé par une température de 470°C et où un métal comme le plomb s'écoulerait librement. De la lave, alors ? Bien sûr, les scientifiques ont envisagé cette solution. Mais cette interprétation n'est pas sans poser un gros problème : quel est le type de lave capable de couvrir une telle distance, approximativement Paris-Chicago, sans jamais faiblir ? Même la lave la plus fluide, la plus brûlante, ne résisterait pas longtemps aux effets pervers de l'atmosphère vénusienne. Celle-ci refroidirait la lave bien avant qu'elle n'ait atteint sa destination finale. « Quel que soit ce liquide, il doit avoir des propriétés très particulières et très inhabituelles », ajoutent les spécialistes.

Autant dire que Vénus garde encore une partie de son mystère. Pourtant, peu à peu, les résultats s'accumulent. Dans quelques jours, le 15 de ce mois, *Magellan* achèvera sa deuxième phase cartographique. Après 2 900 révolutions et une fantastique moisson d'images, 93 % de Vénus sont aujourd'hui cartographiés. « Notre cartographie globale de la planète est maintenant meilleure que celle de la Terre », déclare Stephen Saunders, le responsable scientifique du projet. Dans le même temps, une équipe d'astronomes de Meudon vient de réussir une grande première : prendre, grâce au télescope de 1 m du Pic du Midi, des clichés infrarouges de la face nocturne de Vénus ! Il y a quelques mois, on rendait aussi publiques les données acquises par la sonde américaine lorsqu'elle a "frôlé" Vénus à près de 100 000 km : des résultats sans précédent sur la turbulence atmosphérique de la planète. Si elle n'est peut-être pas aujourd'hui la mieux comprise, Vénus est en tout cas en passe de devenir la mieux étudiée des planètes du système solaire.

Dominique Denis

(1) Voir *Science & Vie* n°885, p.34.

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 ■ Pré-mières F1.F3.F8 ■ Terminales A.B.C.D.E. ■ Terminales G1.G2.G3 ■ Terminales F1.F3.F8 ■ Terminale H.
Cours de soutien
■ 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 paramédicales

■ C.A.P. employé de pharmacie.
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

P.T.T. : ■ Préposé ■ Agent d'exploitation ■ Contrôleur ■ Inspecteur.
IMPTS : ■ Agent de constatation ■ Contrôleur ■ Inspecteur.
■ Rédacteur de mairie ■ Secrétaire administratif ■ Agent recouvrement trésor ■ Secrétaire de préfecture ■ Inspecteur de police ■ Contrôleur du trésor.

C.A.P. - B.E.P. - B.P.

■ C.A.P. ESAC (comptabilité, sténodactylo, bureau) ■ C.A.P. banque ■ C.A.P. employé de pharmacie ■ C.A.P. vente ■ C.A.P. esthétique (stage pratique gratuit) ■ C.A.P. coiffure ■ C.A.P. couture.
■ B.E.P. administration commerciale et comptable ■ B.E.P. communication adm. et secrétariat ■ B.E.P. sanitaire et social.
■ B.P. banque ■ B.P. secrétariat ■ B.P. 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 ■ Graphologie d'entreprise ■ 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 math. sup. et math. 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 option accueil ■ B.T.S. tourisme ■ B.T.S. assurance ■ B.T.S. esthétique ■ B.T.S. informatique de gestion.
■ D.P.E.C.F. - D.E.C.F.

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 IFOR
28, rue Pasteur - 92551 SAINT-CLOUD Cedex. Tél.(1) 47.71.91.19

INSCRIPTION
A TOUT MOMENT
DE L'ANNEE

US0207

PAR DANIEL TARNOWSKI

L'ÉTRANGE LUEUR ORANGE ENFIN EXPLIQUÉE

Depuis neuf ans qu'elle navigue dans l'espace autour de la Terre, la navette spatiale apparaît auréolée d'une inexplicable lueur orange. Et depuis neuf ans, les spécialistes se perdaient en conjectures. Ils viennent de percer le mystère.

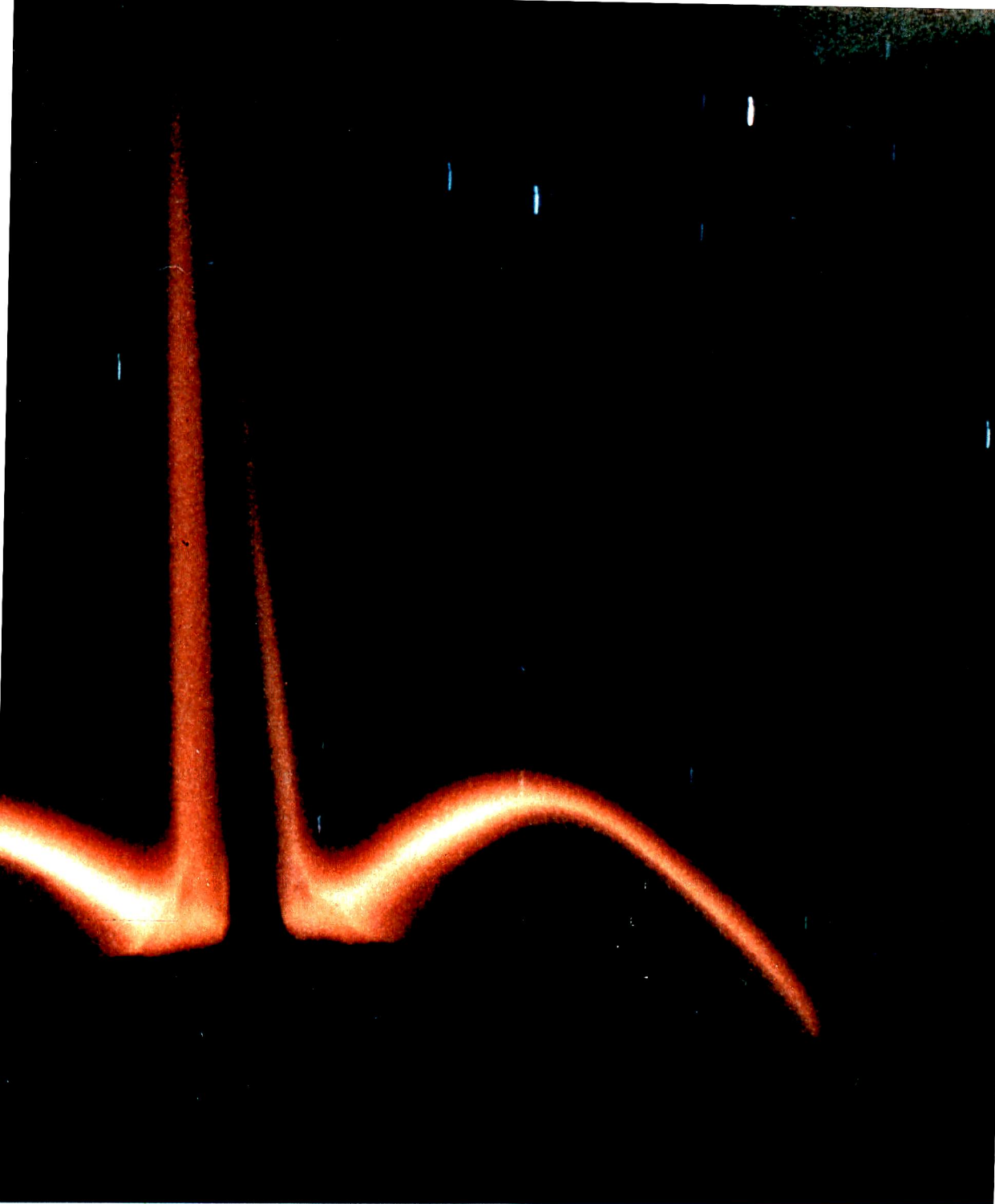
L'origine de la curieuse lueur orange découverte dès mars 1982 à l'arrière de la navette est longtemps restée mystérieuse. Cette lueur inattendue ne provient pas de la surface du véhicule spatial lui-même, mais d'une couche lumineuse de dix à vingt centimètres d'épaisseur, qui entoure la queue et les capots des moteurs de la navette. Parfois visible à l'œil nu, elle apparaît nettement sur des photographies à long temps de pose prises par les astronautes américains depuis leur cabine de pilotage.

Tout phénomène étrange et inexpliqué venant de l'espace donne vite lieu aux interprétations les plus fantastiques. Malheureusement pour les poètes, le phénomène physique qui est en cause vient enfin d'être précisé par une équipe d'experts de la NASA et de différents laboratoires américains (1). Cette découverte aura d'ailleurs bien d'autres conséquences que de dégonfler les baudruches. Comme beaucoup d'autres "curiosités scientifiques", la lueur orange pourrait avoir des applications encore imprévues, d'autant qu'elle met en jeu les principaux consti-

tuants de l'atmosphère à très haute altitude et que c'est elle, en particulier, qui perturbe certaines observations astronomiques.

Contrairement à ce qu'on imagine de façon intuitive, ce n'est pas l'oxygène mais l'azote qui est le principal composant de l'air que nous respirons. Au ni-





veau du sol, l'atmosphère contient en effet 78 % d'azote, 21 % d'oxygène et de nombreux autres gaz (argon, gaz carbonique, néon, etc.) en très faible concentration. Au total, 90 % de toute la masse atmosphérique se situent entre 0 et 16 km d'altitude.

A l'altitude où la navette circule en orbite, entre

Protégée par un bouclier de lumière

Cette lueur orange qui éclaire d'un jour étrange la queue et les capots des moteurs de la navette (photographiée ici sur *Challenger* en septembre 1983) semble protéger le revêtement du véhicule spatial de la corrosion due à l'oxygène de la haute atmosphère.

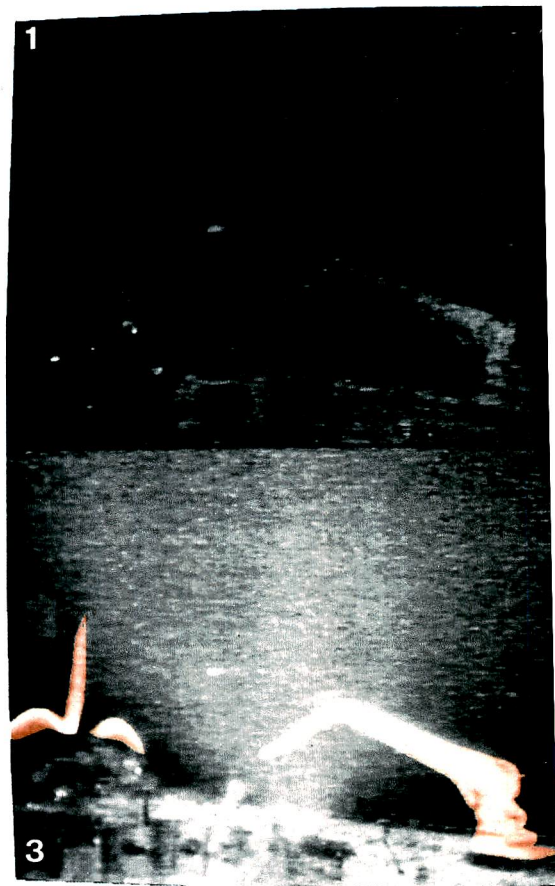
200 et 400 km, la pression est dix milliards de fois moindre qu'au niveau du sol. Cela veut dire que l'atmosphère contient dix milliards de fois moins de particules par centimètre cube (10^9 au lieu de 10^{19}). Sa densité reste tout de même fort respectable par rapport à celle de l'espace interplanétaire, qui est encore dix à cent milliards de fois plus faible.

La composition chimique de la très faible atmosphère est, elle aussi, différente de celle qu'inhalent habituellement nos poumons. Cette fois, l'oxygène est bien son principal composant (environ 80 %). Mais il s'agit d'oxygène atomique et non pas moléculaire. N'oublions pas, en effet, qu'ici-bas, c'est de l'oxygène moléculaire (O_2) qui compose, avec l'azote, l'atmosphère que nous respirons. Or à partir de 80 à 100 km d'altitude, ces molécules d'oxygène (O_2) sont dissociées en atomes d'oxygène (O) par la lumière du Soleil. Très réactif, cet oxygène atomique peut réagir chimiquement avec de nombreux corps. C'est lui qui est au cœur de la lueur orange. Le deuxième composant principal de la très haute atmosphère est l'azote (20 %) qui, lui, reste sous forme moléculaire (N_2).

Sur son orbite, la navette évolue à une vitesse de 8 km/s. Elle reçoit donc l'équivalent d'un vent d'oxygène atomique qui vient à sa rencontre à la même vitesse : 8 km/s. Bien sûr, aucun anticyclone et aucune dépression ne font souffler de telles tempêtes à très haute altitude. Il s'agit seulement d'un effet dû au mouvement relatif de la navette par rapport au milieu qu'elle traverse.

Ce vent orbital d'oxygène atomique a deux conséquences sur les véhicules spatiaux qu'il bombarde. D'abord il attaque leur surface et ronge les matériaux dont elle est constituée. Cette corrosion est surtout importante sur les matières plastiques et autres matériaux organiques. Elle pose un sérieux problème pour la conception des futures stations orbitales censées résider des dizaines d'années en orbite à basse altitude. L'autre conséquence du vent d'oxygène atomique est la lueur orange observée sur la navette spatiale.

La plus belle photo de cette lueur orange a été prise avec un assez long temps de pose, à 222 km d'altitude, en septembre 1983 (voir photo page 22). Mais dès l'année précédente, Steve Mende et ses collaborateurs du laboratoire de recherche Lockheed à Palo Alto, avaient déjà tenté d'identifier l'origine de cette étrange lueur en demandant à des astronautes de la photographier à travers un réseau de diffraction — instrument d'optique qui joue en quelque sorte le rôle d'un prisme perfectionné et décompose un rayonnement en fonction de la longueur d'onde. Observées avec un tel réseau, les molécules qui émettent de la lumière présentent en effet des spectres



d'émission caractéristiques qui permettent en principe de les identifier. Celui obtenu par les astronautes et analysé par Mende et ses collaborateurs a orienté les recherches vers deux molécules : le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2). Mais laquelle de ces deux molécules retenir ? Et surtout dans quel mécanisme d'émission la faire intervenir ? La réponse à ces questions est restée controversée jusqu'au retour de la navette *Discovery*, le 6 mai 1991, qui avait été chargée d'une expérience.

Au cours de cette expérience — dont le but était fort éloigné du sujet qui nous intéresse — quatre gaz furent libérés dans l'espace — face au vent d'oxygène atomique — à partir d'un réservoir sous pression installé dans la soute de la navette. L'un de ces quatre gaz est précisément le monoxyde d'azote (NO), dont un mélange de monomères (NO) et de dimères (NO_2) — soit deux molécules de NO faiblement "collées" ensemble —, avait été propulsé dans l'espace.

L'interaction de ce gaz avec le vent d'oxygène atomique engendra deux effets. D'abord l'apparition d'un spectaculaire panache blanc-bleu fortement lumineux. Puis un renforcement marqué de la lueur orange aussi bien sur l'arrière de la navette que sur son bras manipulateur (l'ensemble de l'expérience a été enregistré par une caméra vidéo — images ci-dessus). Le premier effet — le panache blanc-bleu —



1991 : la lueur orange démystifiée

Une luminescence orange est apparue sur la queue et le bras manipulateur de *Discovery* au cours du vol du 28 avril au 6 mai 1991 de la navette (photos 3, et 4). Cet effet correspond à la mystérieuse lueur orange qui s'était manifestée dans les missions précédentes. Mais cette fois-ci, l'effet a été provoqué par une projection dans l'espace, à partir de la navette, d'un jet de monoxyde d'azote sous pression, mélange de monomères (NO) et de dimères (NO)₂. Le fort vent d'oxygène dû à la grande vitesse de la navette a déclenché alors deux interactions: entre l'oxygène et les monomères du jet, donnant la lueur orange; et entre ce même oxygène et les dimères du mélange, ce qui a illuminé le jet (2). (La photo 1 a été prise avant le début de l'expérience.)

joint à la vitesse à laquelle elle est expulsée de la surface, qui expliquent l'épaisseur (10 à 20 cm) de la couche lumineuse orange. Si cette molécule se désexcitait avec un temps de vie par exemple deux fois plus long en moyenne, la courbe lumineuse autour de la navette serait deux fois plus grande — mais aussi deux fois moins intense.

En résumé, la lueur orange est donc émise par des molécules de NO₂ produites par réaction entre les atomes d'oxygène bombardant les molécules de NO adsorbées sur les parois de la navette. Reste à savoir d'où proviennent ces molécules de NO lorsqu'elles ne sont pas libérées intentionnellement dans l'espace à des fins expérimentales. Ce point n'est pas encore totalement élucidé. Son explication la plus simple fait appel à une réaction entre les deux composants principaux de la très haute atmosphère : l'oxygène atomique (O) et l'azote moléculaire (N₂), réaction qui donne une molécule de NO et un atome d'azote N. Ce point particulier ainsi que l'ensemble du mécanisme proposé seront étudiés et testés au cours d'une prochaine série d'expériences qui auront lieu sur la navette *Discovery* en mars 1992.

Dans l'avenir, il n'est pas exclu qu'on puisse tirer des applications du phénomène physique à l'origine de la lueur orange. En effet, nous avons indiqué que la corrosion des matériaux est une autre conséquence — très néfaste, celle-là — du bombardement d'oxygène atomique que subit la navette. Or, les recherches menées depuis 1982 montrent que les deux effets sont liés : les matériaux entourés par la lueur orange la plus intense sont ceux qui résistent le mieux à la corrosion spatiale. Inversement, ceux qui engendrent les plus faibles lueurs sont aussi les plus attaqués. Ainsi, en connaissant l'une, on pourra peut-être mieux éviter l'autre. A quand la lueur orange qui protège ?

Daniel Tarnowski

n'a rien de très mystérieux pour les scientifiques. Il est dû à une réaction relativement bien comprise et connue des spécialistes. Cette réaction se produit entre les dimères (NO)₂ et l'oxygène atomique. Nous ne la discuterons pas davantage.

Le second effet — qui nous intéresse directement — met en jeu les monomères (NO). Aussitôt après avoir été projetés dans l'espace, ceux-ci viennent se coller ou plus précisément s'adsorber (c'est-à-dire que le gaz pénètre superficiellement le solide) à la surface de la navette qui les intercepte dans son mouvement et sur laquelle ils se retrouvent littéralement plaqués. La suite des événements se déroule en deux temps. L'impact d'un atome d'oxygène O du vent orbital sur une molécule de NO adsorbée sur les parois de la navette provoque la formation d'une molécule de dioxyde d'azote NO₂. La collision est assez violente, puisque l'oxygène atomique bombarde, comme nous l'avons vu, la surface de la navette à la vitesse de 8 km/s. Aussi la molécule de NO₂ est-elle formée dans un état excité et se retrouve en outre violemment expulsée de la surface.

Dans un deuxième temps, cette molécule se désexcite, suivant un processus classique, en émettant de la lumière. C'est la fameuse lueur orange. Et c'est le temps de vie très court (70 microsecondes) de la molécule de dioxyde d'azote dans un état excité,

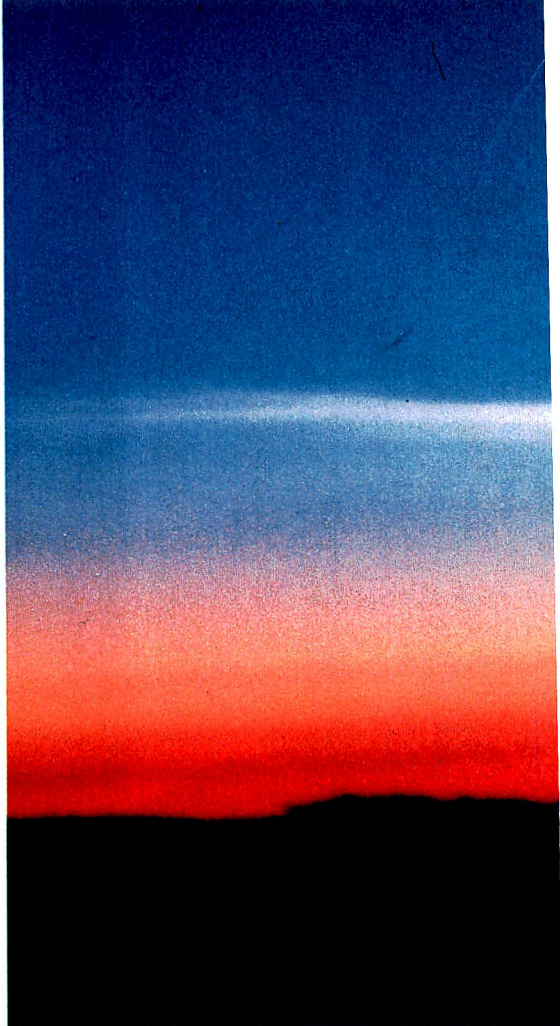
(1) Ces résultats sont publiés dans la revue britannique *Nature*, de novembre 1991.

PAR DIDIER DUBRANA

L' OZONE OU LE FRIGO!



La chaîne du froid, sur laquelle repose l'industrie alimentaire moderne, ne peut pas fonctionner sans CFC, gaz irremplaçables dans l'état actuel de la technique. Ces gaz ont déjà relâché dans l'atmosphère terrestre cinq fois plus de chlore qu'elle n'en contenait il y a 20 ans. Et ce chlore détruit inexorablement la couche d'ozone, fine ombrelle sphérique qui enveloppe la Terre à 25 kilomètres d'altitude et a le merveilleux pouvoir de filtrer certains rayons UV très meurtriers venus du Soleil. Or, par un effet d'inertie, même si l'on arrêta aujourd'hui tous les réfrigérateurs du monde, rien n'empêcherait la proportion de chlore atmosphérique de doubler d'ici 70 ans. Et si l'on n'arrête rien qu'arrivera-t-il ?



Les spécialistes mondiaux de l'atmosphère sont préoccupés. Cet hiver, ils se sont tous donné rendez-vous au pôle Nord pour étudier un processus apparu depuis deux ans au-dessus du continent arctique, mais détecté dès 1985 à l'autre pôle de la planète, en Antarctique, par le satellite américain *Nimbus 7*. Ils ont de quoi être soucieux. L'enjeu est considérable : il y va de la survie à long terme des espèces végétales et animales à la surface de la Terre. Ni plus ni moins ! Mais, même si la disparition de toute vie n'est pas pour demain — loin s'en faut heureusement —, la destruction progressive de la couche d'ozone, cet écran protecteur de la Terre qui s'est formé voilà 4,5 milliards d'années, est aujourd'hui l'objet de toutes les passions. Pour les plus alarmistes, elle serait même inéluctable...

Ce n'est pourtant pas faute d'avoir cherché une solution. Surprise au début par un mal dont elle ignore l'origine, la communauté scientifique se mobilise très vite pour trouver un remède. Dès 1985 démarre une importante campagne d'observations, depuis le sol ou depuis l'espace, vaste auscultation à l'échelle planétaire et centrée sur ce trou qui s'agran-



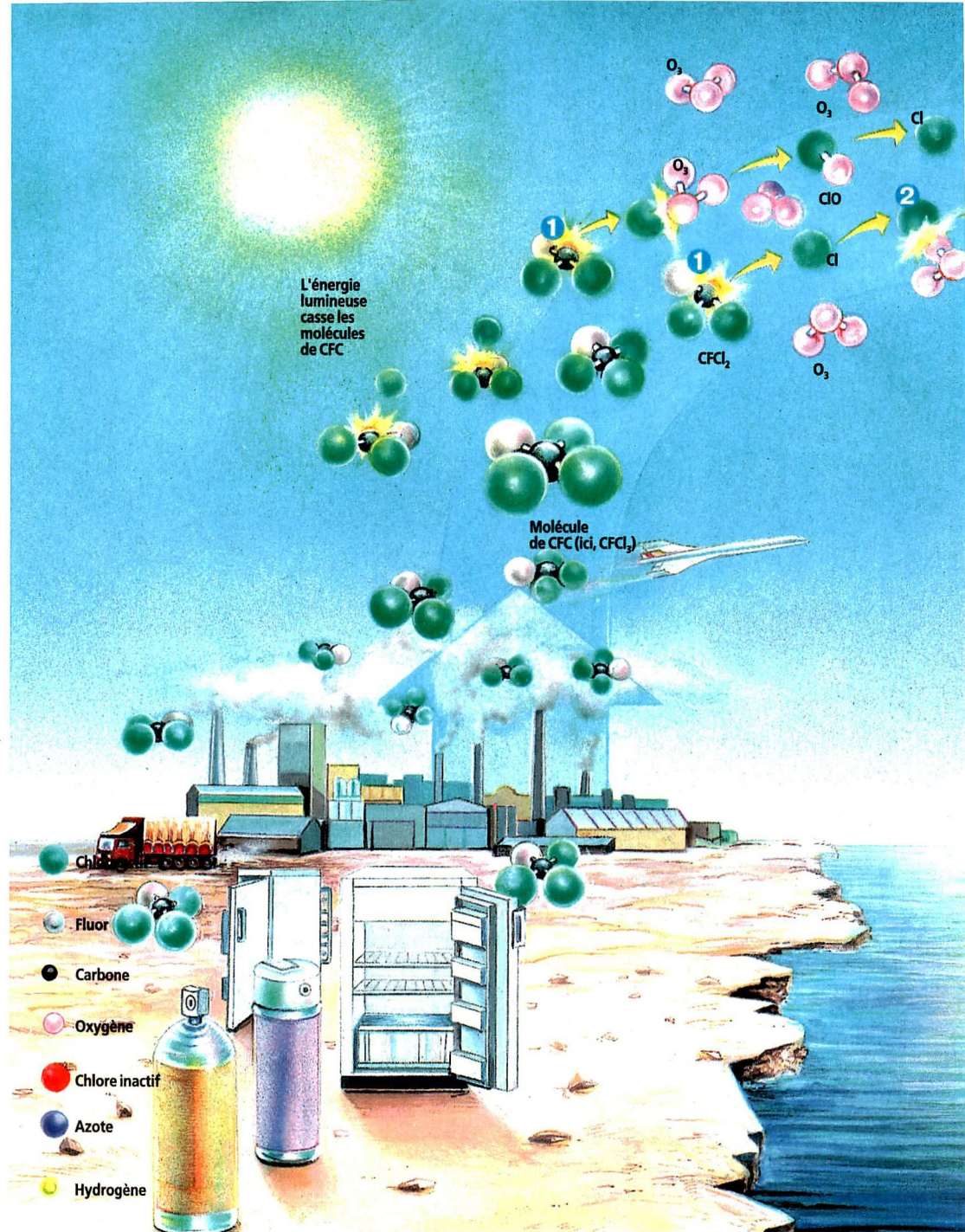
dit au pôle Sud. Bientôt, les coupables sont identifiés: ce sont les désormais fameux CFC (chlorofluorocarbures, on dit aussi chlorofluorocarbones), composés halogénés utilisés depuis quarante ans dans un certain nombre d'applications industrielles. Tour à tour gaz réfrigérants dans les systèmes de climatisation ou les réfrigérateurs, gaz propulseurs dans les bombes aérosols, agents moussants dans les mousses isolantes, ces CFC sont inertes, donc inoffensifs pour l'environnement, tant qu'ils restent dans la basse atmosphère (la troposphère).

Les choses changent du tout au tout lorsqu'ils atteignent la stratosphère, à environ 25 km d'altitude. Là-haut, le rayonnement solaire est suffisamment intense pour que ses ultraviolets "cassent" les molécules de CFC, libérant dans l'atmosphère un élément chimique — le chlore — aux effets dévastateurs. C'est lui qui va s'attaquer à la couche d'ozone par un processus de réaction catalytique (voir dessin p. 28) et ce d'autant plus facilement que la concentration en ozone est maximale à ces altitudes (elle atteint 1000 milliards de molécules par cm^3 d'air). Une aubaine pour les rayons ultraviolets émis par le Soleil à

des longueurs d'onde comprises entre 50 et 400 nanomètres (entre la lumière visible et les rayons X dans le spectre électromagnétique — voir dessin p. 41): ils vont pouvoir s'engouffrer par le trou ainsi formé et inonder la Terre. Et parmi eux, les plus nocifs, les ultraviolets B, entre 240 et 300 nanomètres, aux conséquences dramatiques.

A cause de ces UV B, les spécialistes prévoient dans les années à venir une recrudescence des cancers de la peau, les mélanomes, et peut-être, à long terme, l'apparition de défaillances dans le système immunitaire humain. Déjà, des cas inquiétants sont recensés, comme à Punta Arenas, au Chili, la plus grande ville (115 000 habitants) située dans le cône de projection du trou d'ozone de l'hémisphère sud. Là, les cas de mélanomes ont quadruplé ces dernières années et les cas de brûlures mystérieuses de la peau prolifèrent. «Doses excessives d'ultraviolets B», concluent les médecins. Et pour cause: à Punta Arenas, on a enregistré une augmentation des UV B de plus de 1000 % les jours les plus ensoleillés.

Devant l'urgence du problème, et pressées de toute part par les scientifiques et par une opinion pu-

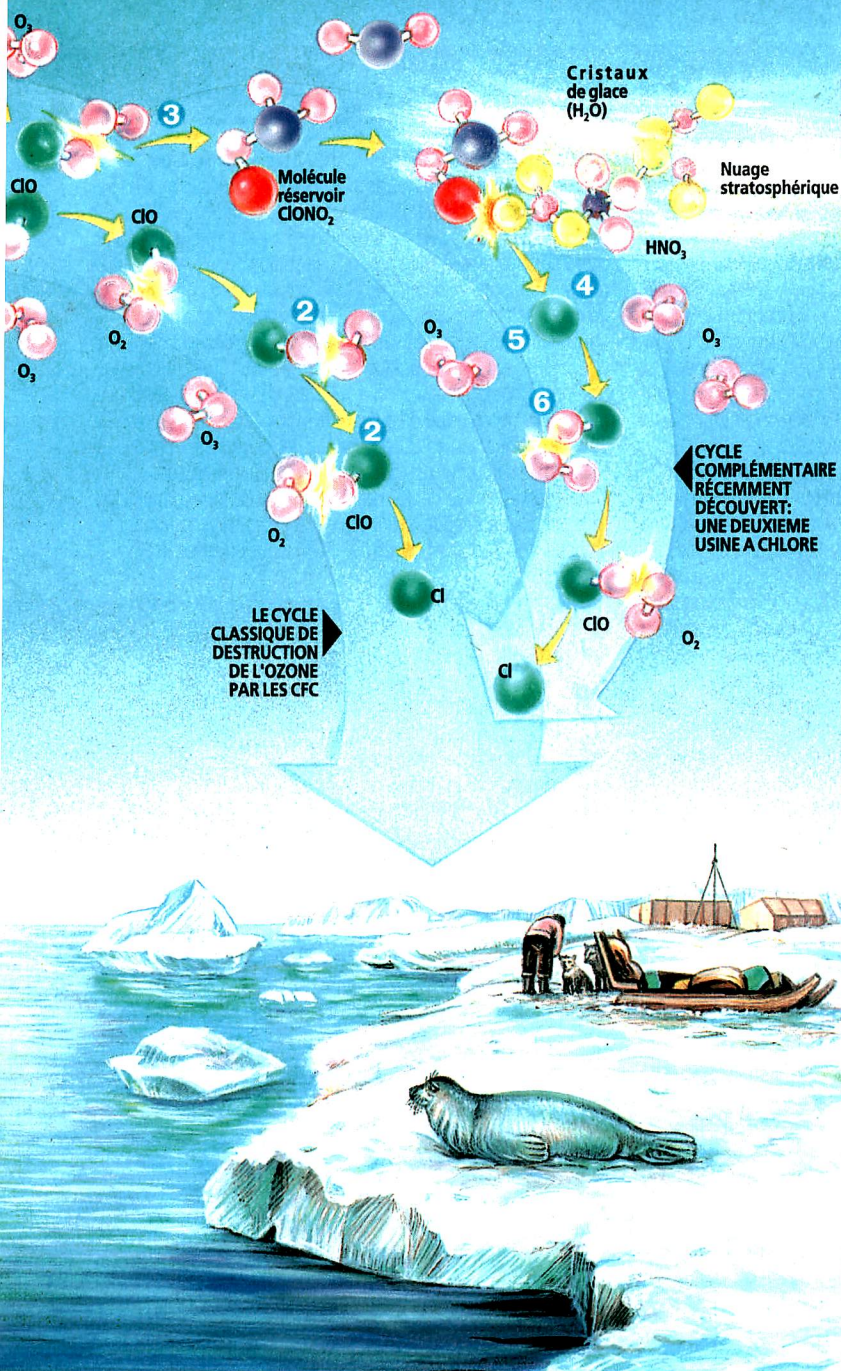


blique en état d'alerte, les instances politiques ont réagi. Le 16 septembre 1987, 24 Etats parmi les plus gros producteurs de CFC signent le protocole de Montréal. Objectif: réduire d'ici à l'an 2000 l'utilisation des CFC de 50% par rapport au niveau de 1986. En juin 1990, la conférence de Londres rapproche l'échéance et décide l'arrêt complet de toute production de CFC d'ici la fin du siècle. L'année prochaine, sans doute, on rapprochera encore cette échéance à

1998. Ces mesures seront-elles suffisantes ?

Certes, aujourd'hui, les industriels concernés — une vingtaine de groupes à travers le monde — ont largement entamé le virage qui devrait les conduire à la suppression totale de ces composés hautement dangereux. L'attention des médias et du public s'est beaucoup focalisée ces dernières années sur les bombes aérosols. Il n'y a pas si longtemps encore, les CFC constituaient le principal gaz propulseur em-

OZONE : LE CYCLE INFERNAL



Le cycle connu. La couche d'ozone est attaquée par les CFC, qui libèrent, sous l'effet des rayonnements solaires, des molécules de chlore (1: $\text{CFCl}_3 + h\nu \rightarrow \text{CFCl}_2 + \text{Cl}$). Le chlore ainsi libéré s'attaque aux molécules d'ozone de la stratosphère, qu'il transforme en oxygène par le biais d'une réaction catalytique (2: $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$, puis $\text{ClO} + \text{O} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$. Bilan: $\text{O} + \text{O}_3 \rightarrow 2\text{O}_2 + \text{Cl}$). Comme dans toute réaction catalytique, l'élément catalyseur, le chlore, est restitué à la fin de la réaction. Un atome de chlore sera donc capable de casser jusqu'à 100 000 molécules d'ozone. Voilà pour la réaction classique, connue depuis des années.

La deuxième usine à chlore. La découverte des nuages stratosphériques a mis en évidence le fonctionnement d'une deuxième réaction, qui libère dans la stratosphère de nouvelles quantités de chlore catalyseur. En effet, une partie de l'oxyde de chlore produit au cours de la réaction catalytique est stocké dans des molécules "réservoir" de nitrate de chlore, ClONO_2 (3: $\text{ClO} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{ClONO}_2$). Sous cette forme, le chlore est totalement inoffensif. Mais lorsque le nuage arrive, il "dévérrouille" ce système chimique, qui libère alors de nouvelles quantités de chlore dans la stratosphère (4: $\text{ClONO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cl}$). En effet, le nitrate de chlore ne réagit pas en phase gazeuse; c'est pourquoi il ne détruit pas l'ozone (O_3), où l'oxygène est gazeux. En revanche, il réagit avec l'oxygène des cristaux de glace (phase solide) et libère du chlore.

ployé dans des produits aussi variés que les bombes de laque ou de crème Chantilly. Dans ce domaine, beaucoup de progrès notables ont été faits pour leur substituer un autre gaz, avec malheureusement parfois quelques accidents dramatiques provoqués par l'utilisation de butane et de propane dans certaines bombes insecticides (voir encadré p.33). Une à une, nos petites bonbonnes domestiques se sont couvertes du célèbre logo représentant la Terre défendue

par une main, accompagné du slogan «protège la couche d'ozone». Résultat: en France la production totale de CFC destinés aux bombes aérosols a chuté de 30 000 tonnes en 1987 à 5 500 tonnes en 1991. Près de 5,5 fois moins. Un effort considérable, rassurant... mais qui pourrait bien jouer le rôle de l'arbre cachant la forêt.

Car ce que l'on oublie souvent de dire, c'est que, en France par exemple, les CFC utilisés dans les aéro-

(suite du texte page 32)

Chasse à l'ozone au cercle polaire

A partir du ciel, de la terre ou de la mer, les 250 scientifiques réunis cet hiver au pôle Nord ont quatre mois pour recueillir, grâce aux instruments ci-après, des milliers de données sur la chimie de l'atmosphère. Vont-ils percer le mystère de la destruction de la couche d'ozone ?

Le LIDAR déterminera la concentration d'ozone et l'altitude des nuages stratosphériques. Cet appareil est composé d'un laser, d'un télescope et de beaucoup d'électronique. Il fonctionne selon le même principe que celui du radar. Le LIDAR envoie un faisceau laser qui est réfléchi par les particules des différentes couches de l'atmosphère : la réflexion étant d'autant plus importante que la concentration en ozone est forte. Quatre LIDAR seront installés près du cercle polaire et trois en Europe du Nord.

Deux types de spectromètres (UV-visible et Infrarouge) seront utilisés, au sol, pour mesurer la composition de l'atmosphère.

Le spectromètre UV-visible permettra de mesurer la concentration en O_3 , NO_2 , NO_3 et OBr. Son fonctionnement est le suivant : les rayonnements ultraviolet ($0,4 \mu m$ à $0,01 \mu m$) ou visible (de $0,4 \mu m$ à $0,8 \mu m$) venant du ciel passent sur un réseau qui décompose la lumière à la manière d'un prisme. Si des éléments chimiques composant la stratosphère absorbent le rayonnement dans ces deux gammes de longueur d'onde (UV ou visible), le spectre électromagnétique (voir dessin p. 41) portera des raies d'absorption — raies sombres aux longueurs d'onde absentes — caractéristiques d'un élément chimique : l'ozone, l'oxyde de brome, etc..

Le spectromètre IR, quant à lui, mesure les CFC, le CLONO₂ (nitrate de chlore), HNO₃ (acide nitrique), l'acide chlorhydrique (HCl) qui absorbent donc la lumière dans la gamme de longueur d'onde au-dessus de $0,8$

μm , dans le domaine infrarouge.

Les sondeurs microondes. A 25 km d'altitude, les molécules chimiques sont soumises au rayonnement "dur" du soleil (α , β et γ), qui provoquent une émission d'ondes électromagnétiques dans les radiofréquences (microondes et ondes courtes). Ces émissions sont d'autant plus fortes que la concentration de la molécule est élevée.

Deux fusées-sondes lancées au début de cette année de la base scientifique de Kiruna (Suède) emportent un spectromètre de masse largué à 60 km d'altitude. Ce dernier, descendant sous un parachute à travers la stratosphère, en mesure la composition chimique.

Trois avions basés à Kiruna (Suède) s'occuperont de mesurer la composition chimique de l'atmosphère (horizontalement et verticalement), et chercheront à définir la répartition géographique des nuages stratosphériques. Les Français bénéficient dans ce domaine d'un outil de travail des plus performants au monde : c'est l'ARAT (l'avion de recherche atmosphérique et télé-détection). Cet ancien Fokker 27 a été transformé en laboratoire volant polyvalent. Il est équipé par exemple d'une perche démontable de 5 m fixée sur le nez afin d'isoler certains instruments de mesure des perturbations engendrées par l'avion lui-même. L'ARAT embarque également un LIDAR dont le faisceau laser est envoyé à travers une fenêtre de visée située dans la partie supérieure du fuselage.

L'"ozonsonde". La distribution verticale d'ozone est mesurée à partir de 18 sites différents grâce à l'envoi de petits ballons équipés de capteurs électrochimiques légers appelés ozonosondes. Pour la première fois au monde, la distribution d'ozone pourra être suivie durant toute une saison (hiver).

Des ballons. La campagne de

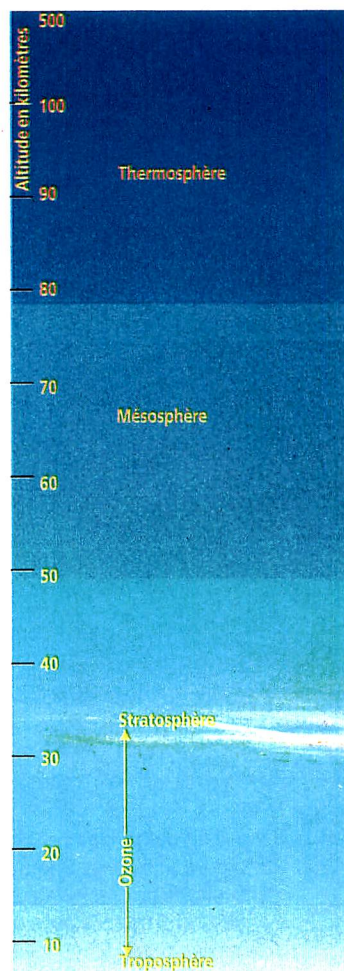
lâchers de ballon est une des opérations les plus importantes de cette étude antarctique. Deux vagues successives seront lâchées : la première série a déjà permis (mi-novembre-mi-décembre) de mesurer la composition chimique de l'atmosphère avant l'hiver (période météorologique non perturbée). En ce moment, alors qu'on entre dans la période critique pour la couche d'ozone de l'arctique, les chercheurs entament leur deuxième série de mesures (début janvier-fin février), qu'il pourront comparer à la première.

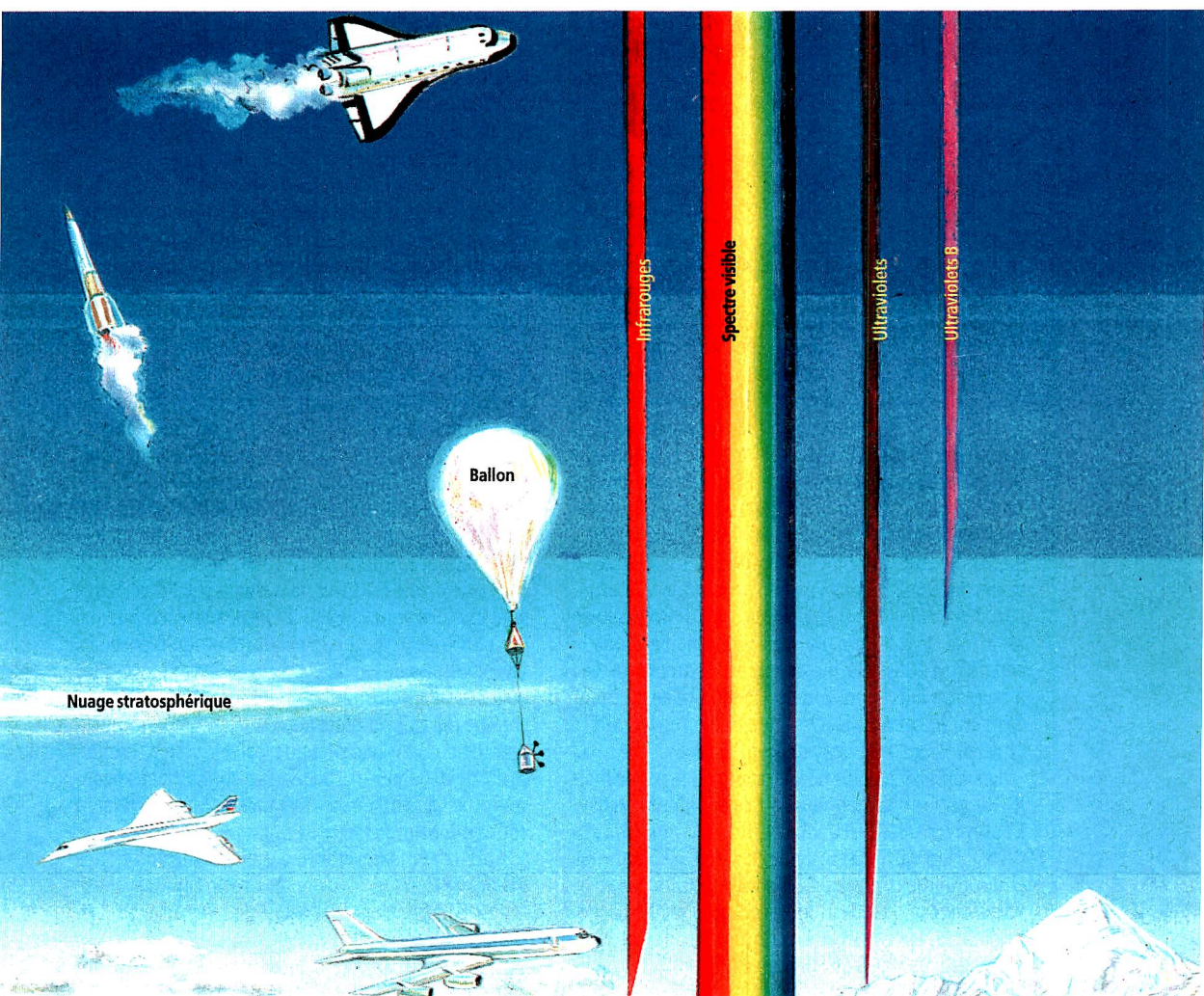
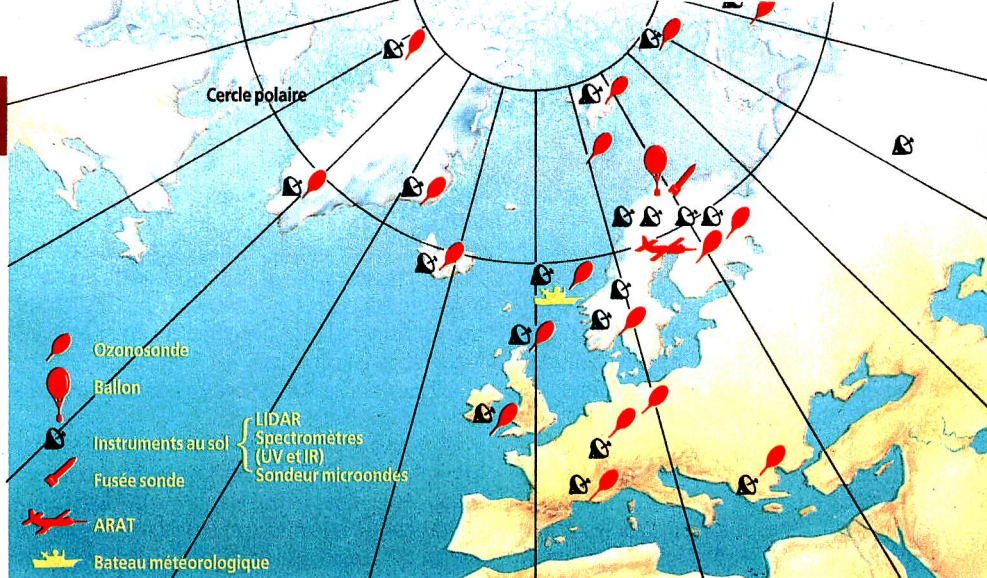
La date précise des lâchers de ballon dépend de la météo : la vitesse du vent doit être inférieure à 2 m/s. Car ces ballons sont extrêmement fragiles, même si la France (CNES) est l'un des deux seuls pays au monde, avec les Etats-Unis, à bénéficier d'une expérience de 20 ans dans l'utilisation de cet outil scientifique. Les ballons gonflés à l'hélium transportent les instruments de mesure dans une nacelle qui peut peser, selon la mission, de quelques kilogrammes à une demi-tonne.

Pour transporter ces charges à 35 km d'altitude, le volume des ballons doit aussi varier de 10 000 m³ (27 m de diamètre ou 0,3 ha de surface) à 150 000 m³ (66 m de diamètre ou 1,5 ha de surface). Après une période d'ascension de 3 heures, ils atteignent leur altitude de croisière (35 à 40 km), où la température avoisine les -85°C. Leur "peau" de polyéthylène tout juste épaisse de 20 millièmes de mm, mise au point par la société Zodiac, a été étudiée pour résister à ces conditions extrêmes. Durant cette phase de vol, un radar donne la position du ballon au kilomètre près. Huit heures plus tard, la nacelle est séparée du ballon par télécommande et redescend sous un parachute. Au sol, elle est ramenée au centre de la lancement pour étude. A l'époque de l'année, les vents en altitude poussent les ballons vers

l'est. Pour la première fois, des accords ont été conclus avec les Soviétiques pour récupérer les nacelles sur leur territoire. Pour cela, une station de télémétrie et de télécommande du CNES sera implantée près de Mourmansk.

Le bateau météorologique fournira des prévisions essentielles à la planification des lâchers de ballon et des vols d'avion. De plus, les météo pourront prévoir l'apparition des nuages stratosphériques qui ne se forment qu'à des températures avoisinant les 80°C au-dessous de zéro.





sols n'interviennent désormais que pour 20% seulement dans la production totale de ces gaz.

Restent donc 80%... et parmi eux, outre 25% utilisés dans les solvants divers, les 53% destinés à l'industrie du froid. Là, tout se complique. Car à moins de renoncer immédiatement — et tout à la fois — au chaud, au froid, à la conservation de nos aliments et à celle de nos médicaments (vaccins, entre autres), il semble bien que l'abandon total des CFC n'est pas pour demain... Ils sont en effet employés non seulement comme fluide réfrigérant dans les systèmes de climatisation et dans tous les réfrigérateurs domestiques et industriels, mais aussi dans les systèmes d'isolation de ces mêmes réfrigérateurs, dont les parois en polyuréthane renferment des microbulles remplies de CFC ! Dans ce domaine, que font les industriels ? Ils cherchent, certes, mais les progrès sont lents, beaucoup plus lents que pour les aérosols.

On a condamné les bombes, mais le grand coupable court toujours

Sur la centaine de fluides réfrigérants brevetés depuis 1930, seuls six ont été fréquemment utilisés, dont cinq CFC (CFC 11, 12, 113, 114, 115 et HCFC 22). La recherche de nouveaux substituts est donc l'enjeu d'une bataille économique et technique de taille. Comment remplacer le plus vite possible une production annuelle de 1 million de tonnes ? Pour notre seul pays, le coût d'un abandon des CFC

dans le secteur de la réfrigération ou de la climatisation est évalué à 73 milliards de francs, rappellent les professionnels ⁽¹⁾. Tous craignent surtout de manquer bientôt de réfrigérants. Pour certains, le déséquilibre entre l'offre (des substituts) et la demande apparaîtra même dès l'année prochaine. De plus, l'un des fluides qui échappe encore au protocole de Montréal, le R 22, ne passera probablement pas le cap de l'an 2000, car il contient aussi du chlore. Or, à en croire la corporation du froid, la mise au point d'un substitut à ce R 22 — deuxième réfrigérant le plus employé — est des plus compliquées.

Les chimistes n'ont décidément pas la partie facile. En général, la technique qu'ils adoptent consiste à épurer les CFC de leur chlore, tout en conservant le corps principal de la molécule. En effet, à l'origine les chlorofluorocarbures (CFC) sont produits par substitution d'atomes de chlore, de fluor, ou d'hydrogène dans les hydrocarbures saturés (éthane) ou insaturés (éthylène). Mais les nouvelles molécules sont moins performantes, les nouvelles mousses isolantes conservent moins bien le froid. Résultat : il

faut consommer plus d'énergie pour produire la même quantité de froid. De plus, les CFC contiennent tous un certain pourcentage d'huile qui graisse les compresseurs lors de la circulation du fluide réfrigérant. Du coup, pour remplacer un CFC, il faut trouver de nouvelles huiles qui soient miscibles dans le réfrigérant de deuxième génération. Enfin, autre problème de taille, il faut s'assurer que les nouvelles molécules ne sont pas toxiques !

On a ainsi appris que le HCFC 123, qui commence à remplacer les CFC 11 dans les circuits de climatisation des grands immeubles, présentait selon toute hypothèse des risques cancérogènes. Certes, un communiqué du fabricant, la firme américaine Du Pont de Nemours, entend rassurer les utilisateurs : les lésions constatées ne seraient que des « tumeurs bénignes, donc non cancéreuses, dans le pancréas et les testicules de rats soumis à l'inhalation régulière de HCFC 123 ». Mais Du Pont de Nemours conseille néanmoins au personnel utilisateur de HCFC 123 « de ne pas dépasser un taux d'exposition de 10 ppm (parties par million) par journée de travail ».

On voit mal, incidemment, comment établir des contrôles tels que ceux que proposent Du Pont de Nemours, quand on sait qu'actuellement n'importe qui peut se déclarer spécialiste du froid, et donc manipuler les nouveaux substituts. Certes, en France, un décret est en préparation pour réglementer l'accès à cette profession. De plus, un autre décret obligera bientôt les professionnels à récupérer les CFC afin de les régénérer dans les huit usines de recyclage françaises installées par le groupe Dehon avec l'aide financière de l'ANRED (l'Agence nationale pour la valorisation et l'élimination des déchets).

Mais d'ici là le mal s'étendra encore. Car les CFC mettent une quinzaine d'années pour atteindre la stratosphère. Ainsi, les dégâts constatés dans la couche d'ozone cet hiver sont dus aux CFC relâchés au début des années 1975. Et ils ne représentent que 30 à 35% de la quantité produite jusqu'à présent. Pire : la durée de vie de certains CFC peut atteindre 50 à 250 ans, voire 520 ans pour le CFC 115 employé comme réfrigérant dans les congélateurs des supermarchés... Sans compter que, si l'on sait que le chlore est destructeur d'ozone, on ne connaît pas encore très précisément tous les mécanismes qui détruisent cette couche protectrice de notre planète.

Ainsi, depuis novembre dernier, les scientifiques du projet EASOE (European Arctic Stratospheric Ozone Experiment) proposent de suivre l'évolution de la couche d'ozone durant les mois d'hiver (15 novembre-15 mars). A l'aide de ballons météorologiques, de fusées sondes, d'avions et de rayons laser, ils examinent les moindres recoins d'atmosphère

AÉROSOLS : LES BOMBES EXPLOSIVES

Remplacer les CFC des bombes aérosols par des mélanges butane-propane, c'est passer d'un danger global (couche d'ozone) à un danger local (explosion, feu). En effet, dans ces bombes le gaz propulsif représente de 30 à 40% de la masse de produit éjecté, soit un volume non négligeable de gaz très inflammable.

Quoi de plus courant, dans nos intérieurs, de "bomber" de l'insecticide, de la laque à cheveux, de la colle à maquette ou du désodorisant? Et pourtant, ce sont là de véritables bombes potentielles. Le récent accident largement commenté par les médias a bien montré le danger potentiel redoutable d'une poche de gaz dans un local clos. Il a fallu pour cela le concours de plusieurs circonstances particulièrement défavorables, mais qui peuvent néanmoins se reproduire. En premier lieu, il faut que, dans un volume donné, la proportion de gaz par rapport à l'air soit comprise dans une fourchette assez étroite: si le gaz est

trop dilué, le mélange ne s'enflamme pas; trop concentré, l'inflammation est difficile. En revanche, si le mélange air/gaz se trouve à un instant donné dans les bonnes proportions, une étincelle le fera déflagrer: il y aura inflammation extrêmement rapide de tout le volume de mélange avec une brutale augmentation de pression.

La présence de poussières dans l'air fait aussi partie des conditions défavorables (favorables à l'accident), car celles-ci freinent la dilution du gaz dans l'air et le temps durant lequel la bonne proportion est atteinte va durer plus longtemps; de plus, ces poussières constituent en elles-mêmes un milieu déflagrant.

Dans le cas d'une déflagration de ce type, le danger vient à la fois de la surpression, qui agit comme un coup violent entraînant la perte de connaissance, et du front de flamme, qui met aussitôt le feu à tout ce qu'il rencontre de combustible sur son passage: papiers, voilages et rideaux, tissus plastiques, tapis,



peintures écaillées, etc. La personne se trouve donc KO dans une pièce entièrement en feu. On retrouve le même type d'accident avec ceux qui manipulent dans un local clos ou mal aéré des liquides volatils très inflammables comme l'essence, l'éther ou l'acétone. On doit toutefois noter que les bouteilles contenant ces liquides ont obligatoirement un étiquetage normalisé portant le sigle des matières inflammables, alors que toutes les bombes aérosols à base de butane-propane ne portent pas les mêmes mises en garde. Une lacune qui sera comblée cette année par la promulgation d'un arrêté «imposant des normes plus strictes en matière d'informations aux usagers». Les fabricants devront mettre en valeur «les dangers d'utilisation des aérosols à proximité d'une flamme ou dans un local mal ventilé».

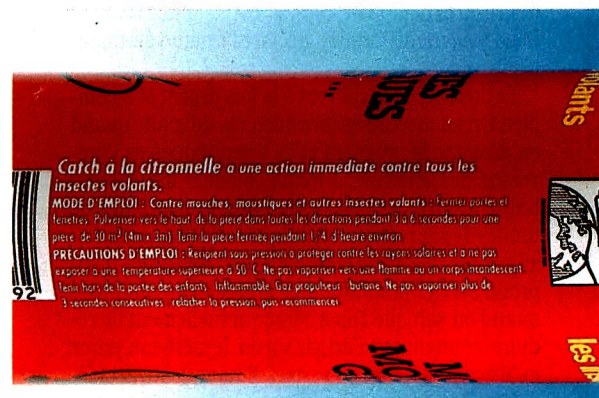
Ce mélange (butane-propane) est pourtant utilisé depuis des dizaines d'années, mais pour certains produits il avait été peu à peu remplacé par les CFC. Maintenant que ces derniers sont considérés comme nocifs pour la haute atmosphère, butane-propane et diméthyléther sont revenus en force. Il faut dire qu'il seront peu commodes à détrôner car le propulsif de remplacement devra être sans danger, liquéfiable à basse pression, ne pas coûter cher et être un solvant du produit à vaporiser.

Le gaz neutre par excellence, l'azote, est malheureusement

inutilisable: la moindre bombe à main pèserait plusieurs kilos, à cause de la très forte pression nécessaire à sa liquéfaction. Pour l'industrie, il est ainsi livré en bouteilles d'acier à parois épaisses sous la pression de 200 bars. Les autres gaz inertes — argon, krypton etc. — ne conviennent pas mieux. Dans les gaz liquéfiables à basse pression (quelques bars), il n'y a guère que les CFC et les hydrocarbures légers genre propane.

Si l'on veut éliminer tout danger pour l'homme et la nature, il faut, dans l'état actuel des techniques, se tourner vers le gaz carbonique ou le protoxyde d'azote; mais les pressions en jeu sont plus fortes que pour les CFC — 20 à 40 bars, qui nécessiteront des emballages plus épais — et la dilution du propulsif dans le produit à éjecter est plus difficile à obtenir. Reste à tester la compatibilité entre ces deux gaz et les produits à pulvériser.

A vrai dire le tout est surtout de savoir s'il est vraiment nécessaire de faire des bombes aérosols.



(voir encadré p. 30). Un de leurs principaux objectifs est de mesurer un effet longtemps sous-estimé: le pouvoir destructeur des nuages stratosphériques polaires (PSCs pour Polar Stratospheric Clouds).

En effet, «des scientifiques qui s'efforçaient de modéliser sur ordinateur le cycle de destruction de

l'ozone se fondaient essentiellement sur les méfaits du seul chlore largué par les CFC», explique Christine David, chercheuse au service d'aéronomie du CNRS de Jussieu. Mais la réalité était plus pernicieuse, et le modèle théorique ne collait pas aux mesures sur le terrain. Ces dernières se révélaient tou-

jours plus élevées que les prévisions informatiques. On le sait maintenant : la différence tient justement à la présence de ces nuages stratosphériques, formidables nappes longues de 10 à 100 km et de plusieurs kilomètres d'épaisseur, qui injectent dans l'atmosphère de nouvelles quantités de chlore.

Le rôle des nuages stratosphériques. Lorsque les ultraviolets disloquent les CFC dans la stratosphère, une partie du chlore libéré est stockée dans des molécules "réservoirs", telles que le nitrate de chlore (ClONO_2). Là, il est inoffensif pour l'ozone puisqu'il est enfermé dans ces réservoirs. Mais quand ces réservoirs en suspension dans la stratosphère rencontrent ces fameux nuages, ils se cassent au contact des molécules de glace qu'ils y rencontrent. C'est ainsi qu'une nouvelle dose de chlore est injectée dans la stratosphère. Compte tenu des conditions de froid extrême et de faible pression qu'exige cette chimie très particulière, la stratosphère polaire est le seul endroit de la planète où est favorisé ce type de réaction. Car les nuages stratosphériques n'apparaissent qu'au-dessus des pôles. En effet, leur genèse repose sur la cristallisation des molécules d'eau de la stratosphère (H_2O) qui s'agglutinent autour de particules d'acide nitrique (HNO_3) en suspension. (voir dessin p. 28). A l'altitude de 30 km, la concentration de l'eau étant de l'ordre de quelques ppm (soit 1000 fois moins que dans la troposphère où se forment la

plupart des nuages) pour une très faible pression (5 millibars), il faut atteindre moins 85 °C pour voir apparaître les premiers cristaux de glace ! Une température qui sévit essentiellement au-dessus des pôles, et de sucoit en hiver. Ce qui explique en partie pourquoi l'ozone diminue aux deux pôles de la Terre. Et si le phénomène s'accroît au pôle Sud, c'est que le nombre de nuages stratosphériques y est plus important, les moyennes des températures étant de 15 à 20 °C inférieures à celles de l'Arctique.

Restera-t-il encore de l'ozone à sauver lorsqu'on aura enfin arrêté de relâcher du chlore dans l'atmosphère ? C'est là une des innombrables questions qui se posent aujourd'hui. Actuellement, l'atmosphère contient cinq fois plus de chlore qu'en 1970. Et toutes les conventions du monde n'empêcheront pas ce taux de doubler d'ici les années 2040 (à cause du temps d'ascension des CFC — voir plus haut). Si toute émission de chlore était stoppée sur le champ, il faudrait néanmoins une centaine d'années pour que la stratosphère retrouve son état naturel !

Aujourd'hui, au pôle Nord, la couche d'ozone diminue de 10 à 15% durant les mois de janvier et de février. Au pôle Sud, elle diminue de 50% durant l'été austral, et le "trou" s'étend sur une superficie équivalente à quatre fois le territoire américain.

A Punta Arenas, au Chili, les lapins sont devenus si myopes que les chasseurs n'ont plus qu'à se baisser pour les attraper par les oreilles. Des milliers de moutons présentent les symptômes d'une mystérieuse cataracte, et un fermier souffre à l'avant-bras de brûlures insupportables. « C'est comme si les Martiens avaient débarqué », déclare l'unique dermatologue de la région.

Le dossier, on le voit, est à la fois urgent et incomplet. On en mesure encore mieux la difficulté quand on examine la proposition de scientifiques de l'université de Californie, à Irvine : bloquer le chlore en haute atmosphère en répandant des centaines de tonnes de gaz propane ou éthane ; cela donnerait, assure-t-on, de l'acide chlorhydrique. Cette idée d'apprenti sorcier prend un tour décidément paradoxal quand on sait que l'on s'efforce actuellement de réduire les quantités d'un gaz voisin, le méthane, parce qu'il accélère l'effet de serre... Il nous reste décidément encore beaucoup à apprendre sur la nature avant de prétendre la transformer ! Les difficultés rencontrées par les aventuriers de Biosphère II⁽²⁾, qui pensaient recréer une mini-planète Terre sous une gigantesque cloche de verre plantée dans le désert de l'Arizona, sont là pour nous encourager à la modestie...

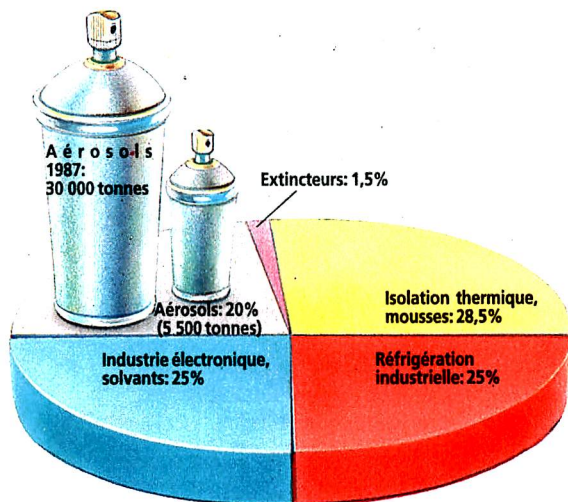
Didier Dubrana

(1) Claude Brian, directeur commercial chez Dehon.

(2) Voir *Science & Vie* n° 888.

CFC : la bombe qui cache la forêt

Pour l'instant, le protocole de Montréal a surtout accéléré le remplacement des CFC dans les bombes aérosols. En France, par exemple, ces bombes ne représentent plus, en 1991, que 20% de la production nationale de CFC. Mais en focalisant l'attention sur les bombes, on a fait croire au consommateur qu'il était le principal responsable de la destruction de la couche d'ozone. Or le secteur industriel, en particulier la réfrigération et l'isolation, est gros consommateur de CFC ; et, là, les chimistes ne trouvent pas de produit de remplacement suffisamment performant.



j'ai une idée mais...

*... je n'ai pas de notoriété
... je ne sais pas par où commencer
... je n'ai pas de relations
... je n'ai pas l'expérience de l'entreprise
... je n'ai pas d'appuis financiers
mais je suis prêt à tout
pour que mon projet gagne !*

Vous avez une idée
géniale se rapportant à la communication
Vous avez moins de 30 ans
Vous allez créer ou vous démarrez votre entreprise
Vous êtes motivé pour gagner

Alors, contactez la Fondation Jacques Douce,
136 Av. Charles-de-Gaulle - 92522 Neuilly Cedex avant
le 06/01/92 pour recevoir votre dossier d'inscription.



Depuis maintenant 8 ans,
la Fondation Jacques Douce aide les jeunes créateurs
d'entreprise à préparer et à réaliser leurs projets,
autour d'un concours qui récompensera les meilleurs.

Grâce au soutien d'importants décideurs économiques,
la Fondation Jacques Douce vous apporte,
à vous, jeunes créateurs, tous les appuis nécessaires
à la réussite de votre entreprise.

DELEGUE GENERAL : MARIELLA BERTHEAS

136, avenue Charles-de-Gaulle - 92522 Neuilly Cedex - Tél. (1) 47 47 38 36 - Fax (1) 47 47 80 01

FONDATION JACQUES DOUCE

PAR DANIEL TARNOWSKI

APPELS DE PHARES DU FOND DE L'UNIVERS

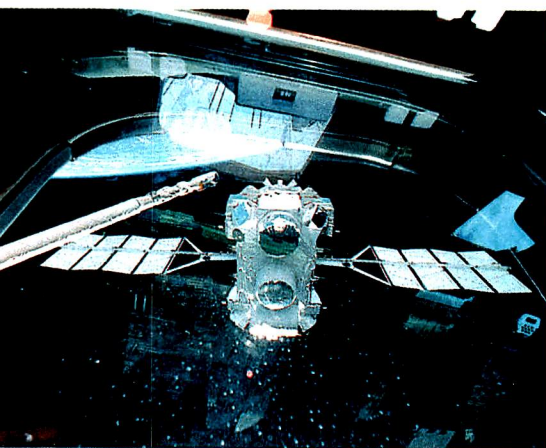
Des flashes de lumière gamma très brefs, superpuissants et totalement imprévisibles excitent l'imagination des astrophysiciens. Où se cachent leurs sources? On les croyait voisines du Soleil, dans notre Galaxie. Les observations les plus récentes montrent qu'elles sont, en fait, beaucoup plus éloignées et situées partout dans l'Univers. Le mystère rebondit.

Surgissant à l'improviste dans un coin de l'espace où rien de particulier n'avait jusque-là été observé, une source de rayons gamma s'allume dans le ciel. Son éclat soudain, intense et bref, est enregistré par un détecteur embarqué à bord d'un satellite. Le phénomène dure à peine quelques secondes, parfois moins. Et puis plus rien. Rien jusqu'à ce que la scène se répète un autre jour, dans une autre direction du ciel, avec un éclair de rayons gamma d'une autre intensité, d'une autre durée, tout aussi inattendu. Et toujours rien de plus. Aucune autre trace, aucun indice tangible sur la nature des sources qui émettent ces cris de lumière gamma. Voilà ce que sont les "sursauts" découverts depuis une vingtaine d'années et qui sont parmi les phénomènes les plus mystérieux de l'astrophysique.

Jusqu'en 1991, les scientifiques en ont observé

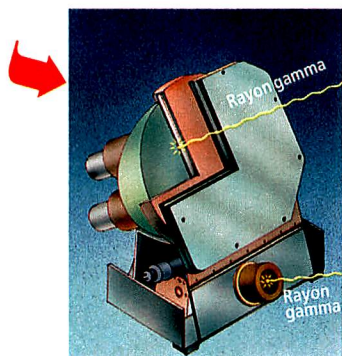
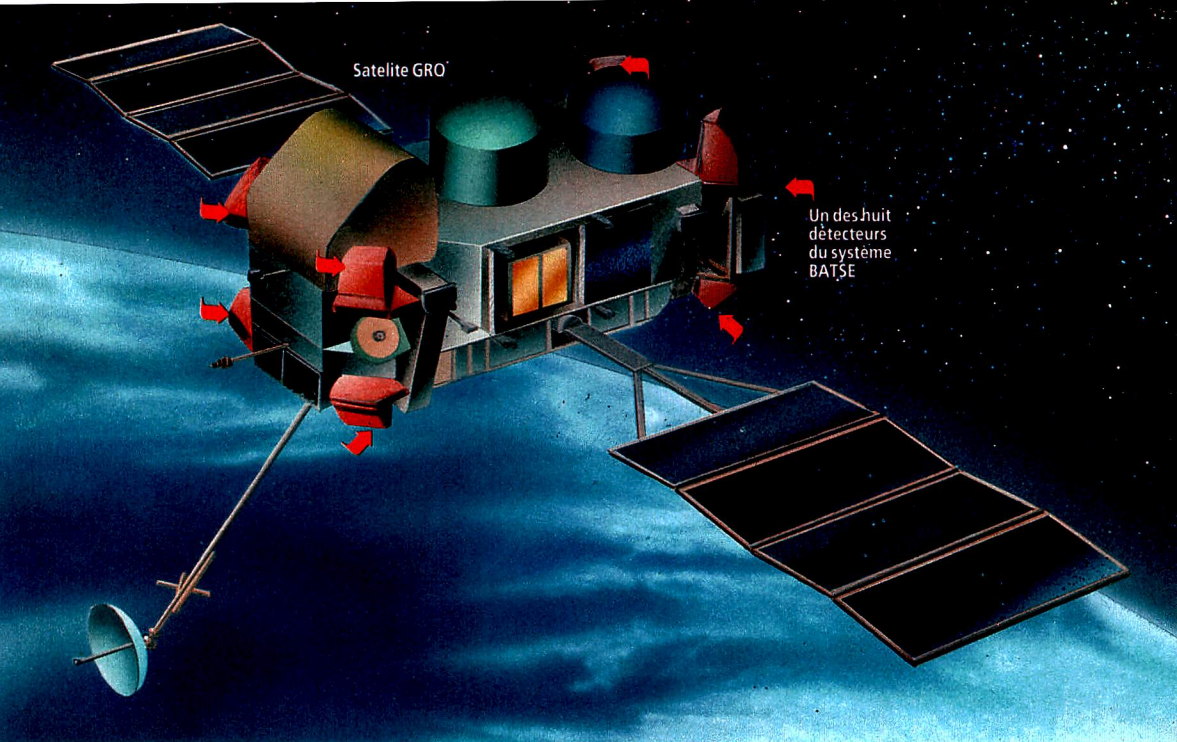


quelques centaines. Un consensus s'est progressivement dégagé pour décrire ce phénomène à partir d'une même hypothèse : les sources de sursauts gamma seraient situées dans notre Galaxie, la Voie lactée, donc relativement proches du Soleil. Seulement voilà, cette hypothèse est maintenant battue en brèche par les premières données du satellite GRO (Gamma Ray Observatory) qui circule tranquillement en orbite depuis avril 1991, à 450 km d'altitude, et qui détecte en moyenne un sursaut gamma par jour. Une première série de résultats obtenus avec GRO ont été présentés lors d'un congrès



N'habite pas à l'adresse indiquée

Un sursaut gamma dix fois plus intense que tous les autres captés avant et depuis a été détecté par neuf satellites le 5 mars 1979. C'est la seule fois où la direction dont provenait un flash de photons gamma correspondait avec un objet remarquable présent dans l'Univers, en l'occurrence une région du Grand Nuage de Magellan (photo ci-dessus), galaxie voisine de la nôtre. Mais cette coïncidence n'est pas significative car elle constitue une exception. Dans l'écrasante majorité des cas, l'origine du flash ne correspondait à aucun objet céleste connu. Aujourd'hui, les astrophysiciens peuvent espérer en percer le mystère grâce au satellite GRO (ci-contre) lancé en avril 1991 par la navette *Atlantis*.



Huit sentinelles à bord du satellite GRO

Les chasseurs de sursauts gamma ont maintenant à leur disposition un satellite GRO, en orbite à 450 km d'altitude depuis avril dernier. Depuis, ils sont gâtés : leur sentinelle spatiale détecte en moyenne un flash par jour, contre quelques centaines en tout jusqu'en 1991. Son armement spécial : le système BATSE, dont les huit modules sont placés aux coins du satellite (flèches) et constitués de deux détecteurs chacun : un gros, qui capte les rayons gamma en "vrac" dans une large gamme d'énergie ; et un petit, qui présente l'avantage de mieux séparer les photons gamma d'énergies différentes. Tous deux fonctionnent selon le même principe : ils contiennent des plaques de matériaux scintillants qui émettent un petit flash de lumière UV lorsqu'ils sont traversés par un photon gamma. L'étincelle UV est aussitôt détectée, amplifiée et enregistrée par le détecteur. Les huit modules du système BATSE lui permettent de mesurer avec une relativement bonne précision la direction d'où provient le sursaut gamma.

qui s'est tenu en octobre dernier, à Huntsville, en Alabama. Leur verdict est sans équivoque : les sursauts gamma ne naissent pas dans notre galaxie, mais dans les profondeurs de l'Univers. En un mot, ils ne sont pas "galactiques" mais "cosmologiques". Une différence sémantique qui n'a l'air de rien mais qui recouvre en fait un formidable bond en distance : ces sursauts ne viennent pas de l'intérieur de notre galaxie, mais de l'extérieur, de bien plus loin, donc, ce qui place les spécialistes devant un phénomène beaucoup plus spectaculaire qu'ils n'osaient l'imaginer.

Quelle est la nature des objets émetteurs de sursauts gamma si ces derniers proviennent bien du fin fond de l'Univers ? Personne n'est encore en mesure de répondre valablement à cette question qui représente un défi lancé aux astrophysiciens. La situation

actuelle n'est pas sans rappeler la découverte des quasars (contraction de l'anglais *quasi stars*), objets célestes dont on a d'abord pensé qu'ils étaient semblables à des étoiles, avant que les recherches ne montrent qu'ils sont en fait les objets les plus lointains et les plus lumineux du cosmos, et qu'ils correspondent à des galaxies en gestation. Quelle surprise nous réservent donc les sources de sursauts gamma ? Et d'abord, que sait-on sur ces "appels de phares" venus du cosmos ?

En eux-mêmes, les rayons gamma n'ont rien de bien mystérieux. Ils appartiennent à la grande famille des ondes électromagnétiques, au même titre que la lumière visible à laquelle nos yeux sont sensibles et qui nous éclaire — en particulier lorsque nous lisons *Science & Vie*. En fonction de la longueur d'onde du rayonnement qui la compose, cette lumière nous

apparaît de couleur différente : bleue pour les courtes longueurs d'onde, rouge pour les grandes. Entre ces deux extrêmes, toute la gamme de l'arc-en-ciel déploie une richesse de nuances qui semble inépuisable. Cette gamme est cependant très étroite comparée à l'ensemble du rayonnement électromagnétique, qui compte bien d'autres "couleurs", que l'œil humain ne perçoit pas. En allant vers les longueurs d'onde les plus grandes, on trouve les rayons infrarouges, les microondes et les ondes radio. Dans l'autre sens, en allant vers des longueurs d'onde plus courtes que celles de la lumière visible, il y a les ultraviolets, les rayons X et les rayons gamma.

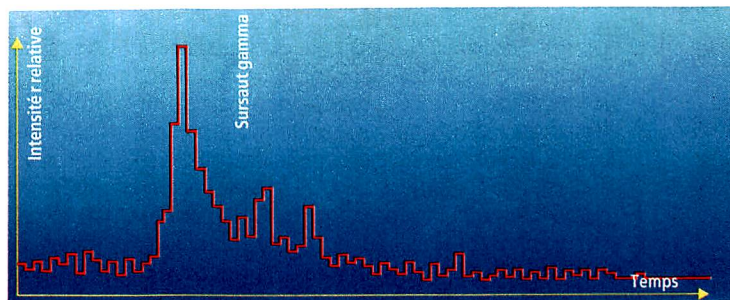
L'énergie est une quantité plus intuitive que la longueur d'onde et tout aussi valable pour décrire un rayonnement. Elle est véhiculée par de minuscules "grains" de lumière, les photons, qui transportent chacun un quantum — quantité élémentaire — d'énergie, inversement proportionnel à la longueur d'onde du rayonnement. Rien de bien compliqué dans tout cela. Cela signifie simplement que plus la longueur d'onde d'une lumière est courte, plus l'énergie de ses photons est grande. Et, bien sûr, inversement. L'unité qui sert habituellement à mesurer cette énergie est l'électron-volt(!).

Les photons de la lumière visible — bleue par exemple — possèdent une énergie d'environ 3 eV, correspondant à une longueur d'onde de 400 nanomètres (400×10^{-9} m). Les photons gamma, quant à eux, ont une énergie dix mille à dix milliards de fois plus élevée (en gros, de 10 keV à 10 GeV), voire encore davantage, soit une longueur d'onde comprise entre un dixième et un dix-millionième de nanomètre, voire moins (?).

Outre l'énergie (ou la longueur d'onde, ce qui revient au même), un paramètre important pour décrire un rayonnement est son intensité. Celle-ci est proportionnelle à l'énergie rayonnée par unité de surface, c'est-à-dire au nombre de photons. C'est ainsi qu'une lumière nous paraît "aveuglante" lorsque son intensité est trop forte, c'est-à-dire lorsque le nombre de photons qui frappent notre rétine est trop élevé. Très schématiquement, on peut comparer la lumière à une pluie de photons : son intensité dépend du nombre de "gouttes de lumière" délivrées par unité de surface et par seconde ; la "grosseur" de ces gouttes correspondant à l'énergie des photons. Suivant une telle comparaison, les pho-

Ce pic est un sursaut gamma

C'est tout ce qu'un astrophysicien observe lorsqu'un sursaut gamma est produit dans l'espace et qu'il a été capté par un détecteur : sur un enregistrement, il se traduit par une montée brutale du taux de comptage des photons dans le temps. La distance de la source, elle, reste inconnue. Seule la direction d'observation peut être reconstituée à l'aide de plusieurs mesures du même événement par différents satellites, ou, comme dans le cas de BATSE, par plusieurs détecteurs sur un même satellite, en l'occurrence le GRO (dessin ci-contre).



tons gamma seraient d'épouvantables grêlons !

Conséquence importante : les processus physiques qui leur donnent naissance mettent en jeu des transferts d'énergie plus élevés que pour les ondes visibles ou radio par exemple. C'est tout l'intérêt de ce qu'on appelle l'astronomie gamma, celle qui observe le ciel dans cette gamme de rayonnement : elle ouvre une fenêtre sur les scènes les plus violentes de l'Univers.

Malheureusement pour les astronomes, l'atmosphère terrestre intercepte les rayonnements de longueur d'onde plus courte — donc d'énergie plus grande — que la lumière visible. C'est pourquoi on ne trouve sur notre bonne vieille planète que des télescopes (pour le visible), des radiotélescopes (ondes radio), ou encore des observatoires pour les ondes millimétriques. L'astronomie gamma, comme ses sœurs X ou UV, n'a pu être développée qu'avec les satellites lancés dans l'espace.

C'est donc dans l'espace que les sursauts gamma ont été découverts. Fortuitement, par les satellites de surveillance *Vela* lancés par les Américains à la fin des années 1960 pour vérifier que les Soviétiques respectaient bien le traité d'interdiction des essais nucléaires dans l'atmosphère. Pour cela, ces satellites étaient équipés de détecteurs capables d'enregistrer le bref éclair de rayons gamma associé à d'éventuelles explosions nucléaires. De tels éclairs furent effectivement observés sous la forme de bouffées intenses de photons gamma.

Pour réaliser une telle détection, on utilise non pas le miroir d'un télescope ou l'antenne d'un radiotéles-

cope, mais un compteur de photons gamma. De tels compteurs sont généralement constitués d'un bloc de matériau scintillant, par exemple un cristal d'iodure de sodium. Lorsqu'un photon gamma traverse ce milieu sensible, il dépose une partie de son énergie dans le cristal, qui s'en trouve excité. Lorsqu'il se désexcite ensuite, il émet un petit flash de lumière UV. C'est cette scintillation qui est détectée, amplifiée et transformée en signal électrique par un tube photomultiplicateur.

On peut ainsi compter le nombre de "coups" reçus par unité de temps et tracer ce que les chercheurs appellent une "courbe de lumière" : tout simplement, les variations du taux de comptage en fonction du temps. Les sursauts gamma se caractérisent par une courbe de lumière dont le front de montée est extrêmement rapide. Autrement dit, on observe une élévation brutale du taux de comptage, suivie par une retombée du signal plus ou moins longue (d'une dizaine de millisecondes à une centaine de secondes) et de forme plus ou moins compliquée, avec ou non des "rebondissements" du signal (**voir dessin p. 39**).

Les sursauts gamma ouvrent une fenêtre sur les scènes les plus violentes de l'Univers

Le point crucial auquel les Américains furent les premiers confrontés est celui de la localisation de ces sursauts gamma. D'où viennent-ils exactement ? De quelle région de l'espace sont-ils issus ? Les compteurs de rayons gamma sont assez peu directifs. Par un jeu de collimateur, on peut délimiter un cône d'entrée

par lequel les photons pénètrent dans la partie sensible du détecteur. Mais ce cône ne doit pas être trop étroit afin de couvrir également le champ de vue le plus large possible, sinon le détecteur ratera tout simplement le sursaut.

La solution au problème de la localisation des sursauts gamma est donc plus subtile. Elle fait appel à plusieurs détecteurs embarqués à bord de plusieurs satellites et passe par une mesure du temps d'arrivée d'un sursaut dans chaque détecteur. On met à profit pour cela le front de montée de la courbe de lumière, qui définit ce "top" d'arrivée avec une excellente précision. En comparant les différences de temps, on peut ensuite définir par triangulation une "boîte d'erreur", c'est-à-dire une petite région du ciel d'où est issu le sursaut observé.

Le terme "boîte d'erreur" ne doit pas entraîner de confusion. Il s'agit d'une boîte à deux dimensions, c'est-à-dire d'une surface tracée dans le ciel — un

petit rectangle—, et non pas d'un volume. Cette surface délimite la région céleste d'où provient le sursaut gamma. Elle indique donc la direction dans laquelle se trouve la source, mais pas la distance qui nous en sépare. De telles mesures ont permis d'établir l'origine extraterrestre des sursauts gamma, écartant du même coup l'hypothèse d'essais nucléaires soviétiques clandestins. Les militaires américains pouvaient être rassurés sur ce point. Pour les scientifiques, le mystère ne faisait que commencer.

Dans le courant des années 1970, une deuxième vague de détecteurs furent embarqués, souvent comme passagers supplémentaires, à bord de satellites et de sondes spatiales. On peut citer par exemple *Pioneer Venus Orbiter*, les sondes *Venera* et *Prognos* (plusieurs séries), *Solar Maximum Mission*. Plus récemment *Ginga* (1987), *Granat* (1989), *Ulysse* (1990). Des collaborations internationales se sont mises en place autour des programmes de recherche sur les sursauts gamma. C'est ainsi que les chercheurs du Centre d'études spatiales des rayonnements (CESR) de Toulouse ont, en particulier, eu la possibilité d'embarquer sur des sondes soviétiques des instruments réalisés en France.

Au total, plusieurs centaines de sursauts gamma ont été observés par le réseau de détecteurs lancés dans l'espace. Pour plus de 200 d'entre eux, la direction des sources a été localisée avec une précision inférieure à une minute d'arc. Globalement, les résultats obtenus présentent trois caractéristiques :

- jamais plus d'une émission n'a été enregistrée dans une direction donnée, sauf exceptions rarissimes. De plus, un sursaut peut provenir de n'importe quelle direction de l'espace ;
- les courbes de lumière des sursauts gamma sont d'une grande diversité. Leur durée varie de quelques dizaines de millisecondes à une centaine de secondes. Aucune structure périodique n'est observée dans ces courbes, sauf, là encore, de rarissimes exceptions ;
- rien de spécial n'est observé, par ailleurs, dans d'autres domaines de longueur d'onde, dans les boîtes d'erreur où sont localisées les sources. Aucun indice ne permet donc d'identifier ces sources en les associant avec un objet particulier, et de préciser ainsi la distance à laquelle elles se trouvent.

Par rapport à ces trois caractéristiques générales, un certain sursaut apparaît totalement atypique : c'est celui observé le 5 mars 1979. En 0,2 milliseconde, son intensité a atteint sa valeur maximale, dix fois supérieure à celle de tout autre sursaut connu. Pas moins de neuf satellites l'ont ainsi détecté, ce qui a permis de localiser la direction de sa source dans une boîte d'erreur de 6 secondes d'arc. Or cette di-

rection coïncide avec un reste de supernova situé à quelque 260 000 années-lumière, dans le Grand Nuage de Magellan (une galaxie voisine de la nôtre). Il est donc possible d'identifier la source de sursaut à ce reste de supernova. Mais une telle association reste incertaine dans la mesure où elle représente un cas exceptionnel dans une collection de plus de deux cents autres observations qui, elles, ne montrent rien. Autre particularité du sursaut du 5 mars : sa courbe de lumière présente une structure périodique. Mais encore une fois, il s'agit là d'une exception.

En règle générale, les astrophysiciens n'ont à leur disposition que deux indicateurs pour tenter de déterminer la nature des émetteurs de sursauts gamma. Le premier est la distribution angulaire de ces émetteurs repérée par leurs coordonnées sur la surface de la sphère céleste. Pour connaître cette distribution, il suffit de calculer la latitude et la longitude de la boîte d'erreur de la source observée et de les reporter sur une carte du ciel. Si la distribution montre un excès dans le plan galactique — plan dans lequel se situe notre Galaxie et qui correspond à l'équateur sur la carte du ciel — l'affaire est entendue : les sources se trouvent dans la Galaxie.

Manque de chance, ce n'est pas ce qu'on observe avec les sursauts gamma, dont la distribution angulaire est isotrope, c'est-à-dire ne privilégie pas de direction ou de région particulière. Aussi faut-il faire intervenir un deuxième indicateur, relié, celui-ci, à l'intensité des sursauts. Par un raisonnement statistique, on peut déduire de ces intensités une information sur la distance relative des sources les unes par rapport aux autres. Plus précisément, on peut savoir

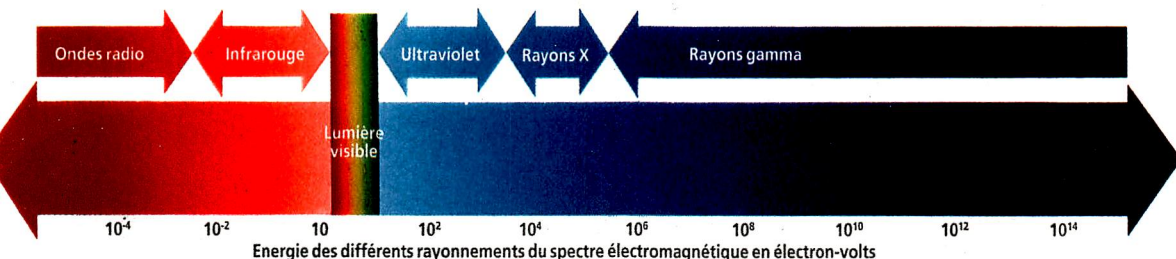
si leur distribution radiale (leur distance "en profondeur" par rapport à la Terre) est homogène ou non, c'est-à-dire si les sources sont uniformément réparties en volume — sans pour autant connaître les dimensions de ce volume : toute la subtilité du raisonnement est là ! Les conclusions qu'on tire de ce deuxième indicateur ne sont pas toutes évidentes. Mais disons que, jusqu'en 1991, cette distribution radiale apparaissait uniforme, sauf pour les sources faibles qui ne faisaient pas l'unanimité parmi les chercheurs.

En résumé, une distribution angulaire des sources isotrope (en latitude et en longitude) et une distribution radiale uniforme (en profondeur) : voilà les résultats qu'on connaissait début 91. Cela avait conduit les astrophysiciens à penser que la sensibilité de leurs détecteurs ne leur permettait pas d'observer des sursauts gamma en dehors d'une sphère centrée sur le Soleil et contenue toute entière dans notre Galaxie. Cela donne effectivement une distribution isotrope et uniforme. Un autre argument en faveur de l'hypothèse de sources galactiques est la simplification qu'elle apporte aux solutions du mystère. Une source proche — galactique — doit en effet libérer moins d'énergie qu'une source lointaine — extragalactique — pour que l'intensité du rayonnement qui nous en parvient soit la même dans les deux cas.

C'est donc tout naturellement vers l'hypothèse galactique que se sont orientés les astrophysiciens. C'est aussi une tradition pour les scientifiques de suivre ce qu'on appelle le principe de simplicité : en face de deux hypothèses également possibles, on privilégie la plus simple. En clair, cela revient à ne pas

Rayonnement "dur" et rayonnement "mou"

Quelle que soit leur origine, les rayonnements électromagnétiques sont tous de même nature ; ils ne diffèrent que par l'énergie des photons qui les véhiculent. Les plus "durs" sont les photons gamma, ce sont eux qui transportent la plus grande quantité élémentaire — ou quantum — d'énergie (exprimée ici en eV). Cette énergie est fonction de la longueur d'onde de chaque rayonnement. L'ensemble du spectre électromagnétique va des ondes radio (grandes longueurs d'onde, faible énergie) aux rayons gamma (courtes longueurs d'onde, grande énergie), en passant par la lumière visible. Les limites entre les différents rayonnements ont été posées par l'homme ; elles correspondent seulement à leurs effets ou à la sensibilité des différents détecteurs (les limites du visible, par exemple, correspondent à la sensibilité de notre œil) et non à des propriétés intrinsèques de la lumière.



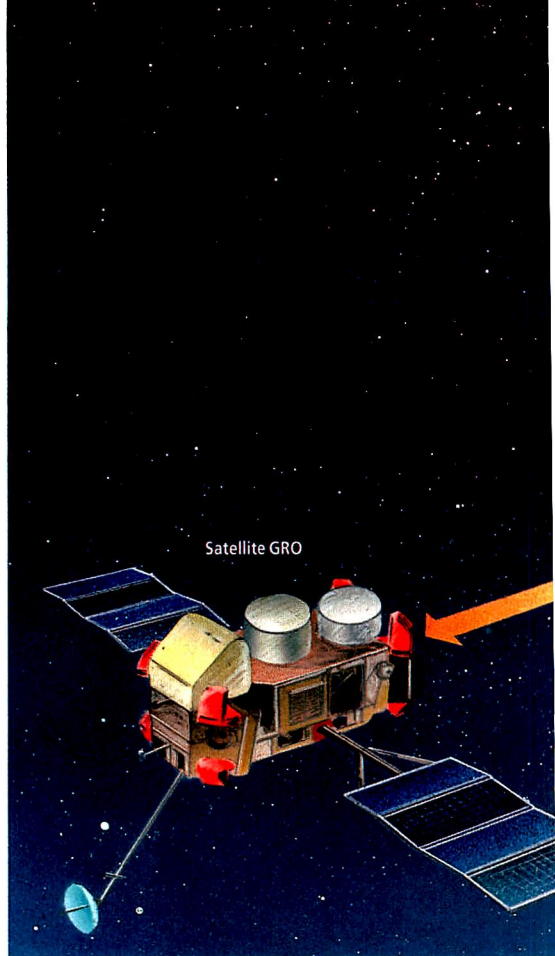
faire compliqué quand on peut faire simple.

Dans le cas des sursauts gamma, cette attitude s'impose d'autant plus que les astrophysiciens ont à leur disposition d'excellents candidats pour expliquer l'invisibilité des sources en dehors des périodes de sursauts. Ces candidats sont les étoiles à neutrons, au demeurant extrêmement répandues dans la Galaxie (on estime leur nombre entre cent millions et un milliard).

Une étoile à neutrons est le résidu extrêmement condensé d'une étoile massive ayant explosé en supernova. C'est un objet prodigieusement compact, dont le rayon est excessivement petit (une dizaine de kilomètres environ) et dont la densité centrale peut atteindre 10^{12} kg (mille milliards de kg) par centimètre cube (à comparer avec celle du Soleil, qui est en moyenne de $1,4 \text{ g/cm}^3$!) A de telles densités, la matière contient environ 20 fois plus de neutrons que de protons, d'où le nom d'étoiles à neutrons. Les champs gravitationnel et magnétique qui règnent à la surface d'une telle étoile sont suffisamment intenses pour être à l'origine d'une émission de rayons gamma.

Plusieurs mécanismes ont été proposés pour décrire le scénario-catastrophe qui donne naissance à l'émission d'un sursaut gamma. On a fait appel, par exemple, aux "tremblements d'étoile", dont l'existence a été mise en évidence dans le cas des pulsars, ces étoiles à neutrons dont le champ magnétique provoque l'émission d'un faisceau de rayonnement radio. La rotation très rapide de l'étoile sur elle-même ne nous permet d'observer ce rayonnement que par intermittence, comme la lumière d'un gyrophare, avec une grande régularité, qui n'est interrompue que par ces tremblements d'étoile. Le problème est de trouver un bon mécanisme convertissant l'énergie libérée par ce séisme stellaire en production de photons gamma.

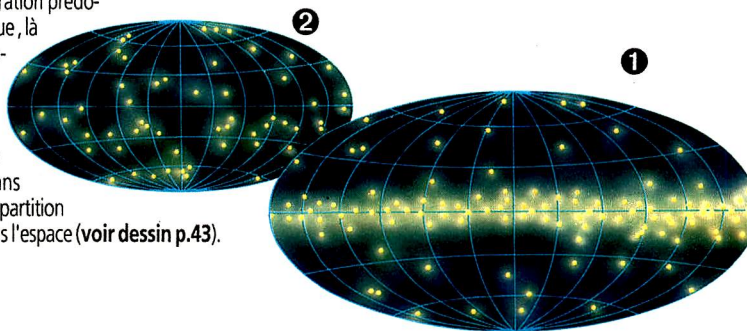
D'autres modèles font appel à un apport extérieur de matière tombant brusquement sur l'étoile à neutrons, par exemple lors d'une collision avec une co-



mète ou un astéroïde. Ou encore à une lente accumulation de matière se produisant lorsque l'étoile se déplace dans un milieu interstellaire riche en gaz et en poussière. Cette lente accumulation peut aussi, dans le cas d'un système d'étoile double, provenir de la matière du compagnon de l'étoile à neutrons. Dans toutes ces variantes, l'accumulation — lente ou brutale — de matière en surface finit par provoquer une explosion, un violent feu d'artifice qui illumine un bref instant l'espace, dans un éclair de rayons gamma. Au total, près d'une cinquantaine de modèles ont été publiés pour décrire le scénario théo-

Les sursauts gamma ne viennent pas de notre Galaxie ...

Car, on aurait alors observé une concentration prédominante de sursauts dans le plan galactique, là où est concentrée la matière de notre Galaxie représentée sur la sphère céleste (1). Or la distribution observée ne fait apparaître aucune direction privilégiée (2). C'est l'un des arguments montrant que ces sources sont distribuées partout dans l'Univers. L'autre argument vient de la répartition moyenne des sources en profondeur dans l'espace (voir dessin p.43).



Volume V Source
à une
distance D

... mais de partout dans l'Univers

rique d'une émission de sursauts gamma. La minceur des données, peu contraignante, explique ce grand nombre.

Cette situation a complètement changé avec l'entrée en scène du satellite *GRO* (*Gamma Ray Observatory*, appelé maintenant *Compton Observatory*). Placé en orbite à 450 km d'altitude par la navette *Atlantis*, en avril 1991, ce géant de 17 tonnes a été spécialement conçu pour l'astronomie gamma. Il est, avec *Hubble* (pour le visible), l'un des quatre observatoires que la NASA entend déployer dans l'espace (les deux autres sont destinés à l'astronomie X et infrarouge). Contrairement à son infortuné prédécesseur, *GRO* ne risque pas la myopie puisque, comme on l'a vu, les compteurs de rayons gamma ne comportent pas de miroir. Il a tout de même frôlé la catastrophe puisque l'antenne de *GRO* n'aurait pas pu être correctement déployée sans la sortie dans l'espace de deux astronautes et leur intervention musclée pour débloquer son support!

A bord de *GRO* se trouvent quatre grands systèmes de détection dont l'un, BATSE (*Burst and*

Un subtil raisonnement a permis aux astrophysiciens de deviner sans la connaître la profondeur à laquelle se situent les sources de sursauts gamma par rapport à nous. Cette acrobatie logique repose sur le calcul du rapport V/V_{\max} entre le volume V (inconnu) de la sphère sur laquelle est située une source observée, et V_{\max} , le volume correspondant à la distance maximale à laquelle cette source est perceptible par les détecteurs. On obtient ce rapport indirectement, en divisant l'intensité observée par l'intensité seuil qui déclenche le détecteur. En lui-même, le rapport V/V_{\max} n'a pas de signification, mais sa valeur moyenne pour l'ensemble des sursauts captés est liée à la distribution en volume de leurs sources dans l'espace (voir détails dans l'article).

Transient Source Experiment), est spécifiquement destiné à l'observation des sursauts gamma. Les huit modules de BATSE sont installés à chaque coin du satellite. Chacun contient un grand scintillateur sensible aux photons d'une large gamme d'énergie, et un autre plus petit mais capable de sélectionner les photons en fonction de leur énergie. La combinaison des deux permet de compter les photons d'un sursaut et d'en mesurer l'énergie. Elle apporte donc deux informations : l'évolution du taux de comptage en fonction du temps (la courbe de lumière) et la répartition des photons en fonction de leur énergie.

De plus, la modularité de BATSE permet de localiser la direction des sources. L'idée mise en œuvre est la suivante : chacun des huit détecteurs est un peu directif. Suivant la provenance d'un sursaut, cer-

Un suspect : les systèmes doubles d'étoiles à neutrons

Un "cri" de lumière gamma marque peut-être la fin d'un système double constitué de deux étoiles à neutrons en rotation l'une autour de l'autre. La théorie de la gravitation d'Einstein montre, en effet, que l'orbite d'un tel ensemble décroît progressivement en raison des ondes gravitationnelles que le système émet en continu. Les deux étoiles finissent par se rencontrer, et leur fusion est inéluctable. Elle pourrait être à l'origine des sursauts gamma.

tains détecteurs sont orientés favorablement pour détecter les photons, d'autres vont quasiment "tourner le dos" à la source. En utilisant les rapports de comptage entre les huit détecteurs, on peut déterminer la direction du sursaut. Cette localisation est moins précise qu'une bonne triangulation avec plusieurs satellites : elle définit une boîte d'erreur de 2 à 5 degrés. Mais elle se suffit à elle-même. Et rien n'empêche, en outre, de peaufiner les résultats avec les mesures conjointes d'autres satellites — ce qui a d'ailleurs été réalisé.

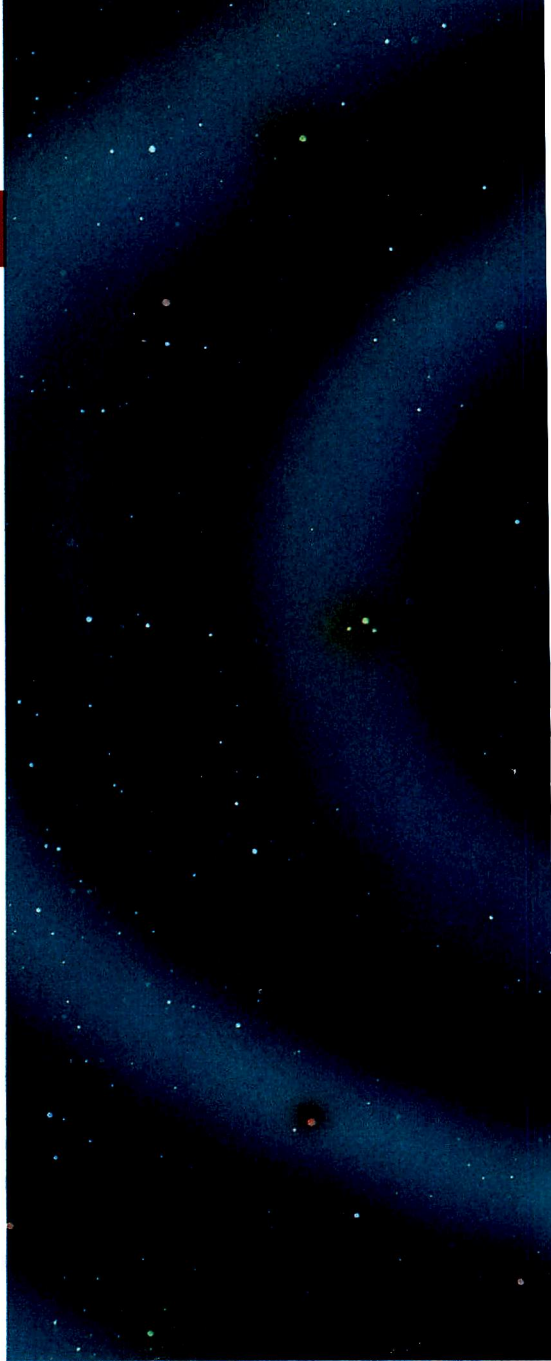
Enfin, la sensibilité du système BATSE est cinq à dix fois meilleure que celle des expériences précédentes. Cela permet d'augmenter le nombre d'événements observés en détectant des sursauts dont l'intensité est cinq à dix fois plus faible qu'avant. C'est pour cela que BATSE enregistre en moyenne un sursaut par jour, alors que les trois quarts d'entre eux n'auraient pu être observés par les expériences précédentes.

Dans tous les domaines, les perfectionnements de l'appareillage sont tels qu'on peut imaginer l'impatience des spécialistes attendant la communication des premiers résultats. Le dernier pointage en date, effectué le 19 novembre 1991, recense 168 sursauts. Leur distribution angulaire (en latitude et en longitude) est très isotrope. Elle ne fait apparaître aucune direction privilégiée. En revanche — et c'est là la grande nouveauté, pour ne pas dire la révolution —, la distribution radiale (en profondeur) n'est plus uniforme, comme le montraient les mesure précédentes.

Que signifient ces deux résultats? Comment les a-t-on obtenus et que nous apprennent-ils? Encore une fois, tout le problème des sursauts gamma vient du fait qu'on ne connaît pas la distance à laquelle se situent leurs sources. La seule chose qu'on observe est une intensité, celle du rayonnement détecté. Armés de cet unique indice, les astrophysiciens parviennent quand même à en déduire une information sur la manière dont les sources sont réparties (en profondeur) dans l'espace.

Leur raisonnement est extraordinaire. Il est au

cœur du problème et mérite pour cela d'être quelque peu détaillé, même s'il n'est pas facile à suivre pour un non spécialiste. Supposons donc que la source d'un sursaut observé se situe à une distance D (inconnue) par rapport à nous. La première étape consiste à évaluer la valeur du rapport D/D_{max} , où D_{max} est la distance maximale à laquelle la source pourrait se trouver compte-tenu de l'intensité du signal reçu et de la sensibilité du détecteur. La valeur de ce rapport est en fait donnée par l'expérience: elle est reliée à l'amplitude observée rapportée au seuil



An artistic illustration of two neutron stars in space. The stars are depicted as glowing spheres, one reddish-orange and the other greenish-yellow. They are surrounded by concentric, wavy lines representing gravitational waves propagating outwards. The background is a deep blue space filled with distant stars.

Ondes gravitationnelles

Etoile
à neutrons

Etoile
à neutrons

de déclenchement du détecteur. Autrement dit, D/D_{max} s'obtient avec l'intensité mesurée divisée par l'intensité minimale mesurable par le détecteur. En élevant cette quantité au cube, il est facile d'en déduire le rapport V/V_{max} , où V est le volume (inconnu) de la sphère dont nous sommes le centre et à la surface de laquelle se trouve la source, et où V_{max} est le volume de la sphère la plus grande accessible avec le détecteur pour l'intensité mesurée (voir dessin page 43).

Pour chaque sursaut observé, on peut ainsi obtenir

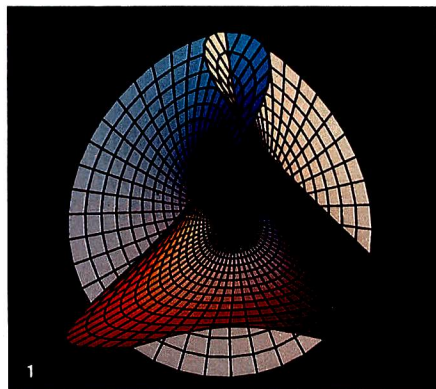
la valeur du rapport V/V_{max} . En elle-même, cette valeur ne nous apprend rien de précis, et c'est là qu'intervient la deuxième étape, qui consiste à calculer la valeur moyenne $\langle V/V_{\text{max}} \rangle$ pour l'ensemble des sursauts détectés. C'est à partir de cette valeur que l'on peut commencer à tirer quelques conclusions. Un petit calcul statistique montre, en effet, que si la distribution en volume des sources captées est homogène (ou uniforme) dans tout l'espace, alors la valeur moyenne $\langle V/V_{\text{max}} \rangle$ doit être exactement égale à 0,5.

(suite du texte page 156)

LES MATHS EN 3 DIMENSIONS

Avec deux inconnues, une équation représente une courbe plane facile à dessiner.

Mais avec trois inconnues, elle représente une surface dans l'espace qui relève de la sculpture la plus difficile. Pourtant, en associant calculatrices et plastiques, on peut aujourd'hui dessiner en trois dimensions les surfaces mathématiques les plus complexes.



Tout lycéen est censé savoir tracer la courbe représentative d'une fonction à deux inconnues du genre $y - x^2 = 0$ ou $y - 1/x = 0$. En mathématiques, une telle équation représente une courbe plane qu'on peut donc dessiner sur une feuille de papier : tout couple de valeurs (x, y) satisfaisant à l'équation peut être représenté par un point dont les distances au bas de la feuille et à son bord gauche seront précisément y et x . La suite de ces points donne la courbe cherchée.

Dans l'absolu, elle n'en est qu'une image approchée car une ligne mathématique a une largeur nulle et serait donc invisible ; dans la réalité, le trait de crayon a une épaisseur qu'on peut réduire avec une pointe fine, mais qui n'est jamais égale à zéro. Cela n'empêche pas les graphiques d'atteindre une grande précision et de donner une juste idée de la courbe algébrique étudiée.

Le problème devient en revanche très compliqué quand on passe de la fonction à deux inconnues à celle qui en a trois, autrement dit de la courbe à la surface. En effet, les trois inconnues vont correspondre aux trois paramètres qui permettent de situer un point dans l'espace ; par exemple, si l'on se trouve dans une pièce, ces trois paramètres peuvent être la hauteur du point au dessus du plancher, sa distance au mur de droite et sa distance à celui du fond — repère formé de trois plans dont chacun est à angle droit des deux autres.

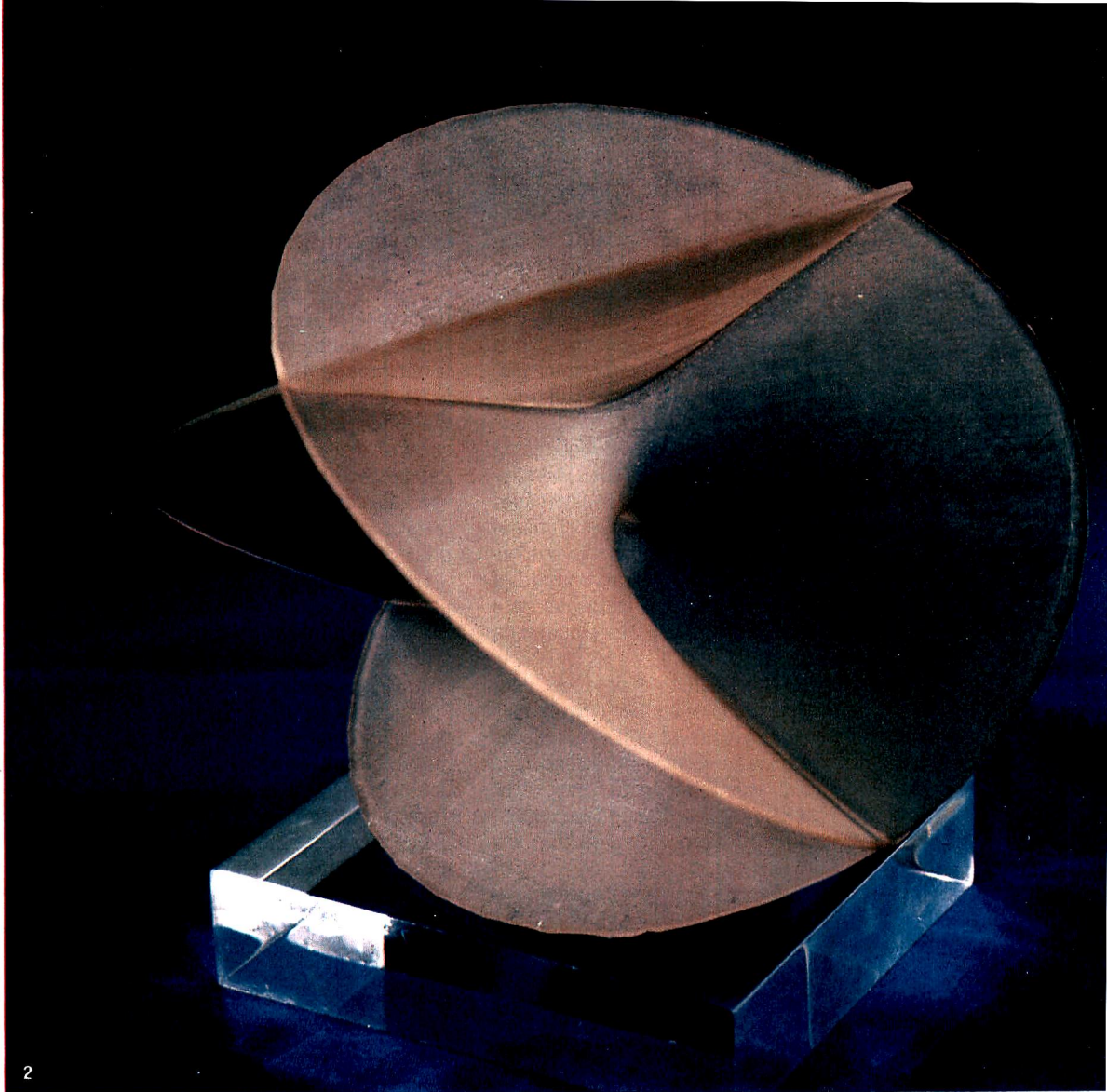
L'ensemble des trois valeurs x, y, z qui satisfont à l'équation donnée est alors représenté dans l'espace par une sorte de nappe courbe plus ou moins compliquée et infiniment mince ; la meilleure image

qu'on puisse en avoir est la membrane fluide et transparente de la bulle de savon, mais appliquée à d'autres formes bien moins simples que la sphère. On peut d'ailleurs réaliser un certain nombre de ces surfaces courbes en plongeant une boucle en fil métallique dans de l'eau savonneuse (!).

Mais on n'obtiendra que des surfaces minimales — celle passant par un contour donné et ayant la plus petite aire possible — et non celles qui correspondent à une équation quelconque. Il faut bien voir en effet qu'en écrivant au hasard une relation mathématique mettant en jeu trois inconnues, on définit du même coup une surface qui peut être très banale ou très bizarre. Un bon programme informatique permettra de la visualiser sur écran, mais non de la matérialiser dans l'espace.

C'est pourtant l'informatique qui va permettre de donner une première solution au problème ; toute surface fermée englobe un certain volume, et réciproquement tout volume matériel est limité par une surface. Il en découle que les surfaces fermées peuvent déjà être représentées par le volume qu'elles délimitent dans l'espace, autrement dit par un objet bien matériel qu'on peut tailler à la main dans le bois, la pierre ou l'acier inoxydable.

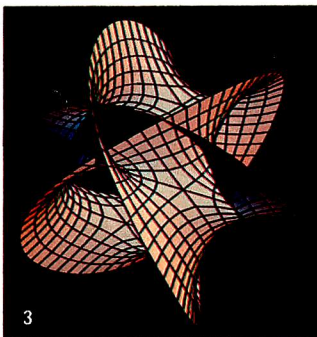
Toutefois, façonner à la lime ou au burin un contour dont les cotes sont données point par point par des fonctions mathématiques n'est faisable que pour les formes les plus simples. Par chance, il y a maintenant des outils guidés par calculatrice qui peuvent tailler un matériau quelconque au centième de mm près. Comme cette calculatrice sait très bien traduire en chiffres les équations les plus compli-



2

Le dessin sort de l'ordinateur

Du tracé sur ordinateur à la sculpture en trois dimensions, il y avait un vide que vient de combler la stéréolithographie. La surface mathématique $x^3+y^3=z^3$, telle qu'elle apparaît à l'écran (3), sort en quatre exemplaires du bain de résine (4). De la même manière, la surface minima d'Enneper (1) est devenue un objet réel qu'on peut prendre en main (2). En fait, la photocopie en trois dimensions est maintenant devenue une réalité.



3



4

quées, il y a déjà là une première approche vers la matérialisation des surfaces mathématiques.

De fait, toute usine un peu moderne est aujourd'hui équipée de machines dites à commande numérique, autrement dit de presses, tours et autres fraiseuses dont les mouvements ne sont plus commandés par un tourneur ou un fraiseur, mais par un ordinateur. A condition d'avoir mis le bon programme, la machine va donner un engrenage ou une rotule ayant exactement les cotes voulues.

D'ailleurs, ces pièces elles-mêmes auront d'abord été dessinées à l'écran sur lequel on peut les faire apparaître sous tous les angles possibles et dans toutes les positions : il suffit pour cela d'indiquer à l'ordinateur la succession ordonnée de lignes et de courbes qui représentent la pièce. Or ces lignes et ces courbes dérivent à leur tour de fonctions mathématiques dont la pièce usinée donnera une représentation en trois dimensions.

Le mariage de l'informatique et de la machine-outil a donc déjà permis de réaliser des volumes simples limités par des surfaces fermées correspondant à des équations à trois inconnues dont on ne peut, évidemment, avoir le tracé dans l'espace avec un crayon. Mais il ne s'agit encore que d'une esquisse correspondant au domaine bien particulier des

surfaces fermées ; dans le cas général, la surface correspondant à une équation est une nappe illimitée qu'on ne peut représenter par un volume usiné dans le métal.

De plus, pour un mathématicien, une sphère n'est pas la boule en acier que sait faire un tourneur expérimenté, mais une enveloppe ténue et creuse comme la bulle de savon. Il fallait donc réussir à faire des voiles minces et, une fois de plus, l'industrie allait venir au secours des mathématiques grâce à la ténacité d'un ingénieur américain, Steward Dickson. Passionné d'arts graphiques et de sculpture, il se spécialisa dans les images faites par ordinateur, mais en vint très vite à regretter que ces images n'aient ni volume, ni épaisseur.

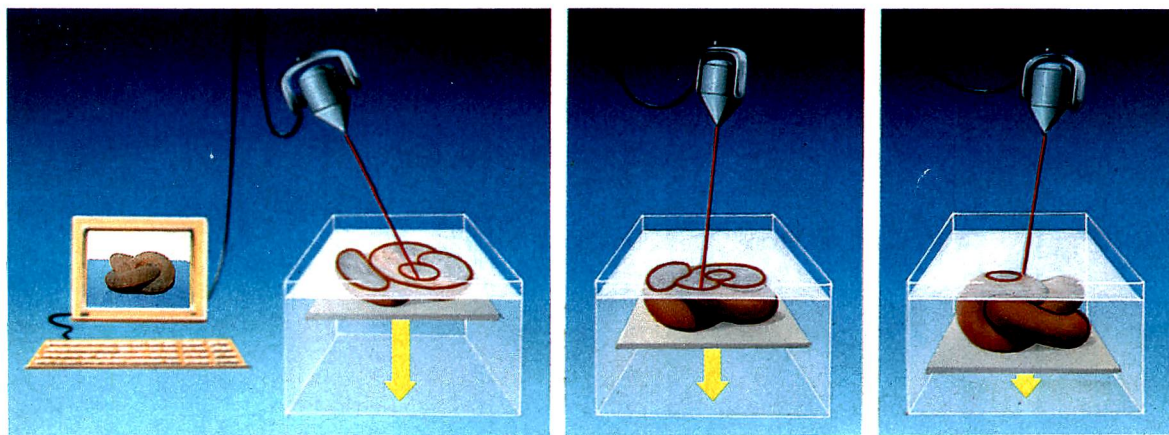
Or, entre-temps, étaient nées des techniques capables de transformer l'image affichée à l'écran de l'ordinateur en un modèle réel fait d'une résine de synthèse. Normalement destinés à l'industrie, ces ensembles permettaient, à partir d'un dessin tracé à l'écran, de faire une pièce grandeur nature en plastique qui servait, soit à faire des moules pour reproduire la pièce en fonderie, soit à vérifier son adaptation au montage prévu et à prévoir, éventuellement, les modifications à apporter.

En gros, on peut dire que l'ingénieur qui dessinait, par exemple, un carter de pompe centrifuge, pouvait ensuite avoir sa pièce en trois dimensions aux cotes réelles et commencer à bâtir le prototype. Contrairement aux machines-outils à commande numérique, ces nouveaux ensembles pouvaient donner n'importe quelle pièce creuse de forme compliquée avec des retours, des trous, des épaisseurs variables, des raccords, et ainsi de suite. C'est ainsi qu'on peut faire sans difficulté une amphore grecque que ne saurait réaliser une fraiseuse pilotée par calculatrice.

Tous ces procédés de matérialisation d'un dessin

Modelage au laser

Un faisceau laser fin et puissant effleure un bain de résine et y dessine la section droite de la surface complexe qui est à l'écran ; le plastique durcit là où passe le rayon, ce qui donne une tranche solide égale à la section droite. Le support est alors descendu d'un cran, et le laser, guidé par l'ordinateur, dessine la section suivante sur la mince couche de liquide ; de proche en proche, la surface toute entière est ainsi construite selon les équations fournies à la calculatrice.



La naissance d'un prototype

Faire un modèle réel de la pièce qu'un ingénieur vient d'imaginer, puis de dessiner sur écran, est maintenant chose classique dans l'industrie. Ici le faisceau laser balaye, selon le dessin choisi, une poudre qui fond là où elle est touchée par le rayon, puis se solidifie en reproduisant une section droite de la pièce. Un rouleau dépose une nouvelle couche de poudre, et le processus recommence jusqu'à ce que la pièce soit complètement finie tranche par tranche avec ses creux et ses reliefs.

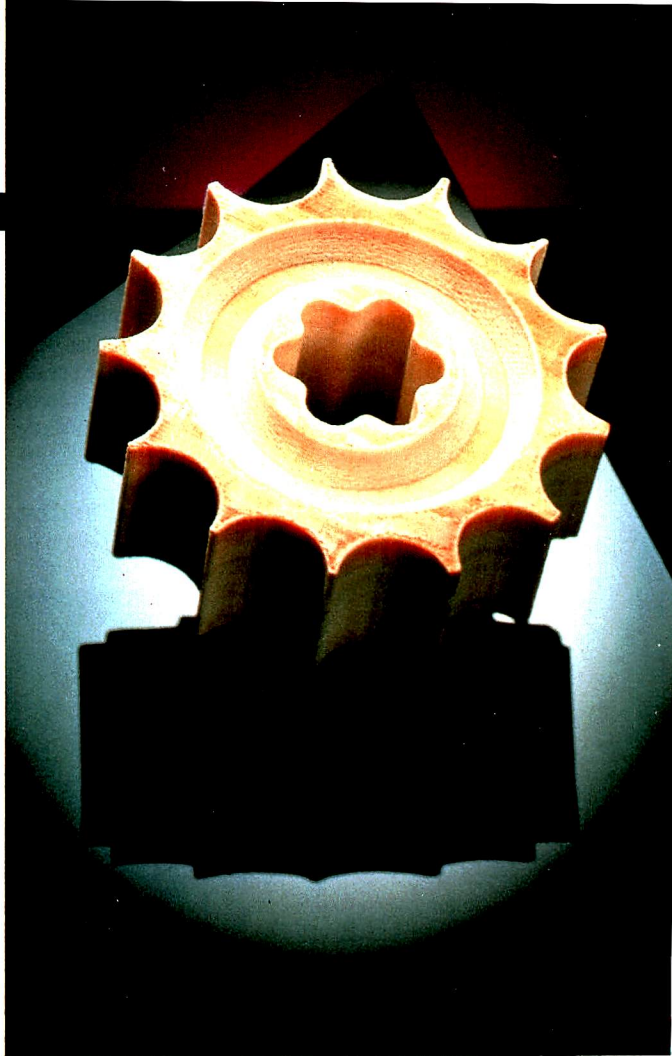


dont on a les équations reposent sur le même principe : bâtir l'objet tranche par tranche, la précision finale étant d'autant meilleure que chacune d'elles est plus fine — actuellement l'épaisseur des tranches va de 0,1 à 1 mm. Imaginons par exemple que l'on découpe une cruche en tranches fines : on aura une succession de minces rondelles au contour plus ou moins circulaire dont l'empilement reconstituera l'objet primitif.

Inversement, si l'on sait faire et empiler des contours plats correspondant au dessin affiché par l'ordinateur, on aura bâti en trois dimensions l'objet représenté par ce dessin. Quatre techniques reposent aujourd'hui sur ce principe :

- La stéréolithographie ; l'objet est construit à partir d'un polymère liquide qui durcit quand il est exposé à un faisceau laser ultraviolet. On dispose alors une plate-forme mobile dans une cuve remplie de résine liquide, cette plate-forme étant au départ à ras de la surface du bain de sorte qu'elle est tout juste recouverte d'une mince couche de liquide.

Un faisceau laser guidé par l'ordinateur balaye alors la surface de la résine selon le contour correspondant à une section droite de l'objet qui apparaît à l'écran ; toute la zone exposée au rayon durcit et la plate-forme est descendue d'un cran. On recommence de même pour la tranche suivante,



et, et ainsi de suite jusqu'à avoir reconstitué l'objet tout entier. Il ne reste plus qu'à le sortir du liquide (voir dessin p. 48).

- La fabrication en laminés ; cette fois, on utilise un laser de grosse puissance pour découper le profil des sections droites de l'objet dans des feuilles de plastique ou de métal. Ces tranches sont ensuite collées à chaud, ou soudées par points dans le cas du métal, jusqu'à reconstituer l'objet dessiné. L'avantage du procédé vient de ce qu'on peut utiliser toutes sortes de matériaux pour les tranches.

- La fabrication par particules ; un gicleur, orientable avec une très haute précision, projette à grande vitesse des grains minuscules d'un plastique thermosensible, et ceux-ci se collent les uns aux autres à l'impact. L'objet est donc fait par tranches de particules ; on utilise en général deux types de matériaux : une cire à bas point de fusion qui sert de support pendant la fabrication, et un polyéthylène comme thermoplastique.

Les deux produits sont utilisés tour à tour, et l'objet voulu est donc noyé dans la cire ; cela a l'avant-

tage de convenir aux formes qui présentent des rétrécissements accentués ou même des séparations car on ne risque pas de voir l'objet se séparer en morceaux en cours de fabrication.

- Le frittage par laser ; ce procédé s'apparente à la stéréolithographie, mais utilise une poudre au lieu d'un liquide. Celle-ci est superficiellement fondue par un laser qui balaye la surface selon le profil voulu ; après solidification, on étale une nouvelle couche mince de poudre, le laser dessine le profil suivant, et l'objet est ainsi construit par passes successives.

Comme dans la technique précédente, l'objet est maintenu dans une poudre tassée jusqu'à la fin et ne risque pas de tomber en morceaux. Cette poudre peut être à base de céramique, de plastique ou de métal.

Ces quatre procédés sont les seuls qui permettent de faire des objets présentant des vides importants à l'intérieur de volumes quasiment fermés, des retournements de parois internes, des étranglements ou de brusques variations de courbures. Mais celui qu'a le plus utilisé S.

Dickson dans ses recherches reste la stéréolithographie. Il faut ajouter qu'il a travaillé avec la société américaine 3-D Systems qui fabrique justement des ensembles informatiques complets de stéréolithographie. Ceux-ci sont essentiellement utilisés dans l'industrie, mais peuvent construire n'importe quelle forme à partir du moment où l'ordinateur possède les cotes de chaque point.

Or, pour ce qui est des surfaces mathématiques, cela est faisable puisqu'il existe maintenant des logiciels capables de traiter directement les équations telles qu'on les écrit ; on peut en effet donner à la calculatrice une fonction du genre $y = d(\cos x)/dx$, et elle calcule effectivement la dérivée du cosinus pour toute valeur choisie ; en fait, elle comprend le langage, les symboles et les signes de l'analyse.

À partir de là, on peut visualiser à l'écran toute courbe donnée par une équation, et la projection plane de toute surface. Et maintenant que la puissance de la calculatrice est liée à une machine capable de fabriquer des formes, ces surfaces mathématiques peuvent être prises en mains. C'est là un considérable progrès, analogue à la différence qui existe entre regarder la photo d'une future belle-mère et la serrer dans ses bras.

Un modèle réel bien palpable peut permettre de comprendre une surface mathématique complexe

infiniment mieux qu'un tracé sur un écran ; en fait, on passe du dessin à la sculpture : un autre univers. D'ailleurs, les surfaces ainsi matérialisées sont tellement inhabituelles que, même en les ayant en mains et en suivant les creux et les contours du bout des doigts, on doit les regarder sous tous les angles avant de commencer à vraiment les saisir.

Le vrai travail de Dickson a pourtant consisté à convertir le formalisme mathématique — parfois une suite de trois équations comportant des intégrales — correspondant à une surface courbe en termes compréhensibles par l'ordinateur de la machine stéréographique. Pour commencer, une surface de notre

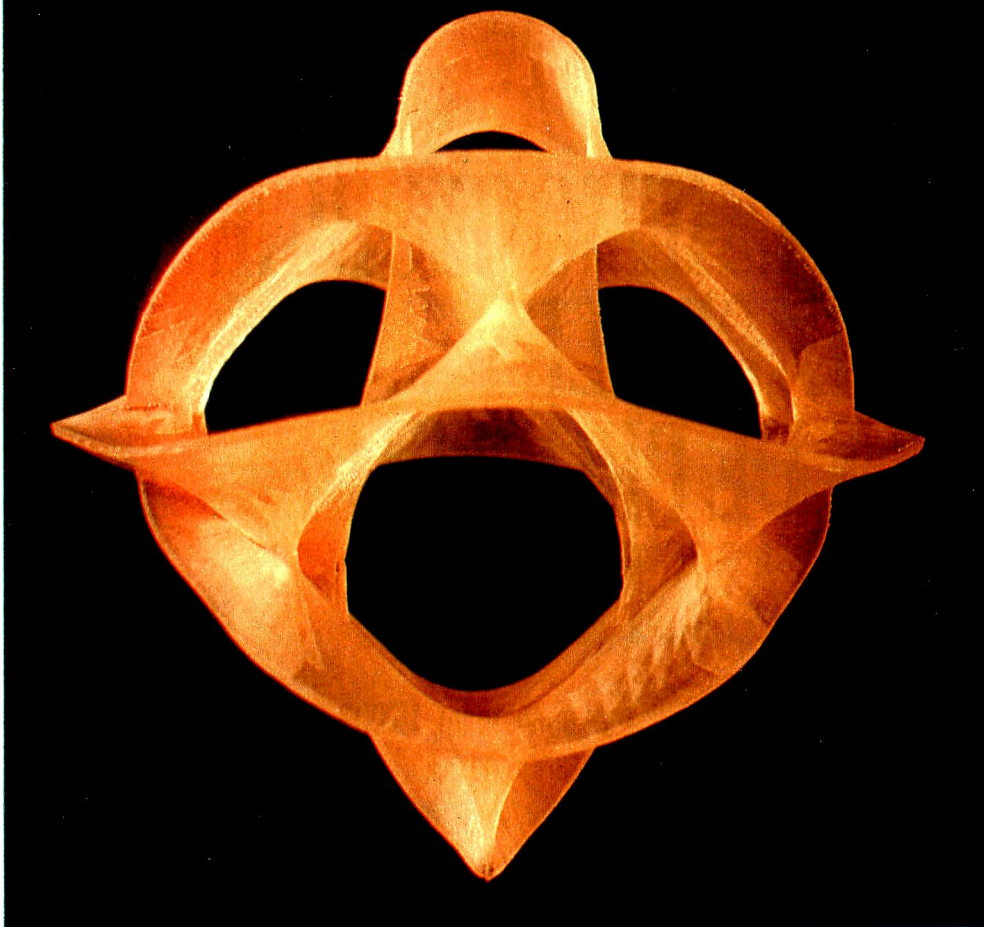


espace à trois dimensions n'a même pas l'épaisseur d'une bulle de savon : dans l'absolu, elle n'a pas d'épaisseur du tout.

Il fallut donc enrichir les données algébriques de base pour épaissir la surface et lui permettre de devenir un objet matériel palpable. Il fallut ensuite vérifier que la surface à matérialiser était partout connexe — autrement dit qu'elle est d'un seul tenant. S'il en était autrement, avec la stéréographie elle se serait séparée en plusieurs morceaux.

Actuellement, le logiciel utilisé pour ce travail est Mathematica ; il sert à introduire les équations dans un premier ordinateur pour avoir à l'écran une image de la surface à construire, et il permet de fournir constamment les coordonnées de chaque point de cette surface. Un second ordinateur convertit ces données et les envoie à la machine stéréographique.

Il faut de 24 à 36 heures pour avoir l'objet final, ce qui peut paraître fort long pour un système informatique — et met le prix d'une surface mathématique un peu complexe, mais ne mesurant pas plus de 20 cm, à 6 000 F. Mais on doit dire que les équations à traiter prennent énormément de temps de calcul, et que le balayage du bain de plastique tranche par tranche par le faisceau laser est encore relativement lent.



Des équations matérialisées

Toute équation mathématique à trois inconnues représente une surface à trois dimensions de notre espace naturel. Mais cette surface, faite de nappes ondoyantes et recourbées, ne pouvait jusqu'ici être matérialisée. Grâce aux procédés qui permettent aujourd'hui de passer directement du dessin industriel à la pièce conforme, on peut faire de chaque équation un objet réel dont l'esthétique finale dépend des fonctions reliant les trois inconnues.

Les surfaces les plus intéressantes à fabriquer sont les surfaces minima : ce sont celles qui, passant par un contour donné, ont la plus petite aire possible. Leur recherche mène toujours à des équations aux dérivées partielles spécialement ardues à résoudre, et pour lesquelles on ne connaît pas en général de solution analytique.

En physique, ces surfaces minima correspondent aux membranes d'eau savonneuse passant par un contour donné ; cela découle d'une loi générale de la physique : l'énergie libre d'un système en équilibre thermodynamique est toujours minimale. Or l'énergie d'une membrane liquide maintenue à température constante est le produit de la tension superficielle A par la surface S .

Pour une température donnée, la tension superficielle est une constante propre au liquide. La seule variable est la surface, et puisque l'énergie libre est

minimale il en résulte que cette surface l'est aussi. On retrouve également les surfaces minima dans l'organisation des orbites électroniques d'une structure moléculaire. Ce sont donc des surfaces qui ont un lien

avec les lois de la nature, ce qui explique sans doute qu'elles aient des formes particulièrement pures. Mais elles ne sont pas toutes réalisables à partir d'eau savonneuse, d'où l'intérêt de les fixer dans du solide grâce à la stéréolithographie.

Pour l'instant cette technique n'en est qu'à ses débuts pour ce qui est des représentations mathématiques et les ingénieurs espèrent améliorer le procédé pour sortir des nappes encore plus fines et plus précises.

Celles qui ont été réalisées sont cependant déjà d'une belle qualité, et elles permettent de voir pour la première fois des configurations qu'on sait décrire en termes mathématiques mais qui n'existent pas dans le monde physique habituel.

Renaud de La Taille

(1) Voir *Science & Vie* n° 802, juillet 1984.

PAR JEAN-MICHEL BADER

AVEC L'HEMOGLOBINE ARTIFICIELLE PLUS DE PROBLEME DE TRANSFUSION

Sur 58 000 soldats américains tués au Vietnam, 15 000 auraient pu être sauvés par une transfusion sanguine ou, mieux, par l'injection de la composante fondamentale du sang, l'hémoglobine, qu'ils auraient trouvée, en flacons lyophilisés, dans leur packaging. Les chercheurs ont encore beaucoup d'obstacles à surmonter avant d'en arriver à mettre au point ce sang artificiel, dont on estime déjà qu'il représentera, d'ici 5 à 10 ans, un marché annuel de 10 milliards de dollars.

L'hémoglobine, c'est cette substance protéique contenue dans les globules rouges et qui donne sa couleur au sang. Sa fonction est de capter l'oxygène apporté dans les poumons par la respiration pour le distribuer dans les muscles, le cerveau, le cœur et tout le corps. Quand on effectue une transfusion, c'est essentiellement pour guérir les victimes d'hémorragies: la perte d'hémoglobine met l'organisme en danger de mort par asphyxie. Si l'on parvenait à substituer l'injection d'hémoglobine seule à la transfusion de globules rouges humains, bien des ennuis seraient évités :

- plus aucun risque de transmettre à un malade transfusé le virus de l'hépatite virale ou du sida — puisque les virus sont incomparablement plus gros qu'une molécule d'hémoglobine et seraient donc retenus par les filtres;
- plus aucun problème de groupes sanguins différents entre donneur et receveur, puisque l'hémoglobine est identique chez tous les hommes;
- stockage, conditionnement et transport grandement facilités : en boîtes, en

Le globule rouge : un camion d'hémoglobine

Un seul globule rouge, ou érythrocyte (ci-contre), contient 280 millions de molécules d'hémoglobine, qui transportent des poumons aux tissus plus d'un milliard d'atomes d'oxygène. Lorsqu'on réussira à faire fonctionner normalement cette hémoglobine en dehors du globule rouge, on règlera du même coup tous les problèmes de contamination, de compatibilité, de stockage, etc.





flacons lyophilisés ou même en tubes... dans le paquetage du soldat. Tout cela à température ambiante et sans manipulations spéciales, alors que le sang humain frais réclame pour être conservé d'être mélangé à une substance anticoagulante, d'être réfrigéré à 4° (pour les globules rouges) ou même congelé (globules blancs, plaquettes, plasma).

De plus, les tests nécessaires pour vérifier le groupe sanguin et l'absence de virus ou de parasites coûtent cher et prennent un temps précieux.

De tels avantages ne pouvaient qu'éveiller l'intérêt des chercheurs et des responsables de la santé ainsi

que les légitimes convoitises des laboratoires. Des sommes considérables sont en jeu. Selon *Business Week*, les substituts artificiels du sang représenteront un marché de 10 milliards de dollars par an. Pour quand ? D'ici cinq à dix ans, estime l'hebdomadaire américain. En tout cas, pas avant que l'on ait réussi à déjouer les pièges qui s'accumulent dans la longue marche vers la domestication de l'hémoglobine. Et l'entreprise pourrait être d'autant plus longue qu'elle ne se fait vraiment pas dans une franche collaboration. Chaque laboratoire, en effet, protège jalousement le secret de ses travaux, de ses réussites et même de ses échecs.

BIOPURE A LES MEILLEURS LOBBYISTES

Le 10 décembre 1990, la firme Biopure annonce avoir vendu à la multinationale Upjohn, pour 25 millions de dollars, les droits qu'elle détient sur une hémoglobine artificiellement modifiée. Upjohn se fait fort d'investir 154 millions de dollars supplémentaires dans le développement de cette hémoglobine, si elle tient ses promesses en passant avec succès certains tests de laboratoire.

L'avenir paraît donc rose et serein. Une réunion se tient le 14 mars à la Food and Drug Administration (autorité suprême en matière d'autorisation de médicaments aux Etats-Unis) pour connaître les derniers développements de ces projets d'hémoglobines artificielles ou naturelles modifiées. Les choses avancent donc normalement. Harvey Klein, un transfuseur du national Institute of Health de Bethesda, dans le Maryland, trouve même qu'elles avancent un peu trop vite, puisque, affirme-t-il en décembre 1990 dans la revue *Science*, ce colloque n'a été tenu que sous la pression de l'industrie pharmaceutique, pour obtenir de la FDA qu'elle autorise plus facilement les essais cliniques, alors même que de nombreux doutes sur la sécurité des molécules à tester n'ont pas encore été levées. On constatera par la suite à quel point — si les accusations de

Klein sont justifiées — la prudence eût été de mise, étant donné les graves accidents survenus lors des premiers essais cliniques humains.

Les patrons de la FDA, qui en ont vu d'autres, acceptent pourtant plus facilement que les autorités françaises ces pressions de l'industrie. Là-bas, on appelle cela du lobbying. Les choses se passent moins bien avec les chercheurs militaires, plus chatouilleux. Robert Winslow, chercheur du Letterman Army Institute of Research de San Francisco, a raconté à *Science* à quel point l'attitude des gens de Biopure ou d'autres compagnies impliquées dans l'hémoglobine est pour eux frustrante. En gros, «ils veulent que nous étudions leurs hémoglobines mais ne veulent pas nous donner d'information circonstanciée sur le produit, sous prétexte de propriété industrielle et de secret de fabrication».

Un militaire du Pentagone (qui a demandé à garder l'anonymat) a expliqué à *Science* comment Biopure a carrément essayé de court-circuiter lesdits chercheurs. La firme Biopure venait d'engager comme consultant scientifique le général Everett Koop, ex-Surgeon General à la retraite. Le *Surgeon General*, aux Etats-Unis, est l'autorité supérieure pour toute décision concernant la santé (c'est lui, par

exemple, qui fait imprimer sur les paquets de cigarettes, que fumer donne le cancer).

Everett Koop jouit donc d'une autorité morale que ne peut revendiquer aucun savant ni aucun des grands médecins universitaires. En plus, il dispose d'un fameux carnet d'adresses et d'une longue pratique du sérail militaire.

Selon *Science*, Koop aurait donc fait directement appel aux gros galons, les patrons des patrons des services de recherche, pour leur forcer la main et obtenir qu'ils imposent à leurs chercheurs des essais cliniques (NDLR: sans attendre le résultat des tests réclamés par ailleurs par la FDA).

«Même s'ils ont un bon produit, a expliqué le militaire anonyme du Pentagone, ils ont été si foutrement (*goddamned*) secrets, qu'ils ont refusé que leur produit soit véritablement testé par d'autres équipes. Résultat : personne dans la communauté scientifique n'a plus confiance en eux.»

Naturellement, Biopure dément l'information, Upjohn France n'a rien à dire et Koop est injoignable. Mais les militaires du Pentagone ont fait savoir à leur hiérarchie et, par voie de presse, au public, que leur imprimatur ne sera accordé qu'à la meilleure recherche et au meilleur produit, point final.

L'hémoglobine "injectable" n'est pas encore prête. Tout d'abord, lorsqu'on injecte à un receveur une hémoglobine qui a été préalablement dissociée du sang du donneur, elle perd sa propriété essentielle, qui est de libérer l'oxygène qu'elle avait accumulé. Ensuite, son assemblage complexe en quatre protéines se scinde en deux, ce qui provoque la panne du système épurateur que constitue le rein, des "moitiés" d'hémoglobine réussissant à se faufiler dans le filtre rénal. Les tentatives faites depuis plus de vingt ans par les chercheurs pour corriger ces deux comportements de l'hémoglobine, en modifiant la formule chimique de la molécule, se soldent le plus souvent par des échecs ou entraînent quelquefois des effets secondaires graves qui compromettent encore l'industrialisation du sang artificiel.

En 1968, Franklin Bunn, chercheur au laboratoire militaire de Fort Knox, dans le Kentucky, avait bien réussi à lier les deux parties de l'hémoglobine, surmon-

tant ainsi la seconde difficulté. Mais le produit, qu'il avait chimiquement modifié, se révéla par la suite avoir une affinité insuffisante pour l'oxygène. Il ne pouvait donc pas remplir sa fonction essentielle.

Pour surmonter la difficulté relative à l'oxygène, il fallait trouver un palliatif à l'absence de l'effecteur allostérique, le 2-3 DPG, qui règle dans le globule rouge l'affinité plus ou moins forte de l'hémoglobine pour l'oxygène : grâce à ce 2-3 DPG, l'hémoglobine capte l'oxygène dans le poumon, où la pression de ce gaz est très forte, et le délivre dans le reste du corps où sa pression est faible. Les quatre sous-unités de l'hémoglobine "coopèrent" à cette capture de l'oxygène. Le premier atome d'oxygène capté par l'une d'entre elles, "ouvre" le reste de la molécule d'hémoglobine comme une fleur s'ouvre à la lumière. Il devient alors de plus en plus facile à cette hémoglobine de capter d'autres oxygènes pour se saturer. Lorsque l'hémoglobine est dissociée du reste du sang, c'est-à-dire des globules rouges, le 2-3 DPG n'est plus là pour assurer ce contrôle. L'hémoglobine devient alors si avide d'oxygène qu'elle ne le relâche plus.

Les biochimistes du laboratoire pharmaceutique Northfield réussirent un coup double en venant à bout de cette difficulté : en liant différemment les atomes de la molécule d'hémoglobine, ils ont obtenu un polymère qui conservait toutes ses fonctions de transporteur d'oxygène et qui, en même temps, ne se scindait plus en deux. Ainsi les deux difficultés étaient-elles surmontées simultanément.

Cependant, lorsqu'on effectua, en 1987, des essais cliniques sur huit volontaires, deux d'entre eux souffrirent de graves réactions allergiques. La firme n'insista pas. Des impuretés telles que des endotoxines, qui se lient facilement à l'hémoglobine, pourraient avoir été responsables des sensations d'oppression respiratoire de deux cobayes humains. Les endotoxines provoquent en effet de redoutables chocs cardiogéniques, c'est-à-dire une baisse profonde et brutale du débit circulatoire à la suite d'une défaillance du myocarde.

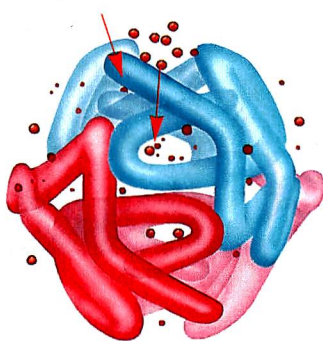
Autre difficulté: le sang humain est une denrée

précieuse, prélevé chez des donateurs bénévoles dans certains pays ou rémunérés dans certains autres. Mais comment être sûr que les donateurs donneront? Pour être moins tributaire d'une fluctuation de l'offre, la firme Biopure a eu l'idée, en apparence lumineuse, de prélever du sang de bœuf, d'en extraire l'hémoglobine, de la polymériser pour diminuer son affinité pour l'oxygène et de l'injecter aux malades. D'après Andy Plessier, porte-parole de Biopure, il s'agirait d'un polymère d'hémoglobine bovine, c'est-à-dire une longue chaîne dont chaque maillon identique est une hémoglobine complète.

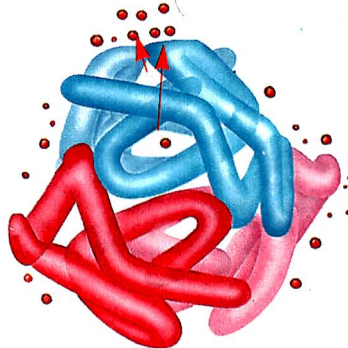
COPIER LA RESPIRATION : DIFFICILE

L'hémoglobine ne capte (forme oxy, à gauche) et ne relâche l'oxygène (forme déoxy, à droite) que dans son globule rouge. Pour y parvenir, elle déploie les bras protéiques de ses chaînes alpha (bleues) et bêta (roses), créant les vallées où passent les atomes du gaz vital (petites boules rouges). Mais ce subtil mécanisme ne fonctionne que tant que l'hémoglobine est à l'intérieur du globule rouge; à l'extérieur, elle capte bien l'oxygène... mais refuse de le relâcher. D'où la principale difficulté de mettre au point une hémoglobine artificielle, injectable isolément, sans globule rouge.

L'oxyhémoglobine capte l'oxygène



La déoxyhémoglobine relâche l'oxygène



L'avantage de cette construction est bien connu des spécialistes : l'hémoglobine ainsi combinée délivre convenablement l'oxygène, même si elle est dissociée des globules rouges et donc de l'effecteur allostérique. Les premiers essais effectués chez des volontaires guatémaltèques furent tout à fait prometteurs.

Là aussi, la victoire fut brève. Au printemps dernier, la firme Upjohn, la grande multinationale propriétaire de Biopure, ordonnait sans autre explication l'arrêt d'expérimentations cliniques similaires, entreprises dans l'Etat du Michigan. Peut-être à cause d'allergies imputables à une protéine animale. Il existe, en effet, chez les nourrissons des intolérances semblables, vis-à-vis des protéines du lait de vache. Quoi qu'il en soit, les volontaires sains ont frôlé la panne de leur système épurateur rénal et se sont retrouvés à deux doigts de la dialyse par rein artificiel, faute, pour les chercheurs, d'avoir résolu le

Le même ancêtre pour toutes les hémoglobines

En automne 1959, Max Perutz et ses collègues de l'université américaine de Cambridge "voient" pour la première fois sur un écran la forme en

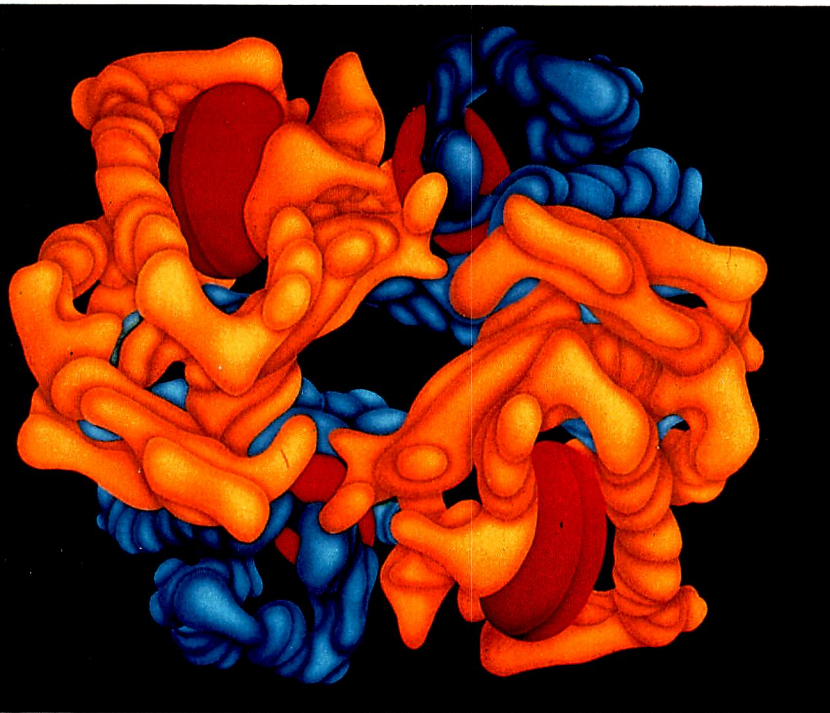
trois dimensions de l'hémoglobine de cheval (ci-dessous). Ils sont immédiatement frappés par la ressemblance entre le motif protéique de base, la glo-

bine enroulée autour de son noyau hème, et une autre protéine dont la forme vient elle aussi d'être révélée par des chercheurs du même laboratoire,

l'équipe de Kendrew, selon la même méthode de résolution aux rayons X.

Cette deuxième protéine est la myoglobine de cachalot, présente en très grande quantité dans les muscles de ce mammifère marin où elle joue le rôle de transporteur d'oxygène entre l'hémoglobine du sang et la cellule musculaire. Ce mécanisme est capital pour la survie des animaux plongeurs ayant de longues périodes d'apnée entre deux respirations. Il leur faut en effet un transporteur d'oxygène qui aille jusque dans l'intimité des tissus.

Ce qui frappe le plus les chercheurs dans cette molécule de myoglobine, c'est la simplicité de sa forme dans l'espace: une simple boîte carrée enfermant le noyau hème porteur de fer, ficelée dans les huit motifs mis bout à bout d'une hélice alpha. L'hélice alpha des protéines — de toutes les protéines — tourne toujours à droite, commence par le premier acide aminé de la chaîne qui participe à une liaison carbone oxygène et se termine par le dernier acide aminé qui



problème de la scission de la molécule en deux.

Comme l'explique le Dr Robert Beal, patron des liges de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge à Genève, malgré les millions de dollars investis, les tentatives se soldent toutes par des échecs.

Mais ces déceptions ne refroidissent pas l'enthousiasme des chercheurs. En France, l'institut Mérieux a un projet d'hémoglobine humaine polymérisée en cours d'évaluation. *Science & Vie* a décrit (n° 890) comment cet institut s'est organisé pour se procurer des placentas humains et pour en tirer de l'albumine humaine, autre protéine sanguine, très utile au traitement des brûlés et des pertes massives de liquides corporels. Il conviendrait maintenant de polymériser l'hémoglobine d'origine placentaire. C'est pourquoi, avec le laboratoire de chimie-physique macromoléculaire du CNRS de Nancy, Mérieux a testé de nombreux polymères de la famille du dextrane, pour servir de squelette à une hémoglobine humaine. C'est un dextrane porteur de radicaux chimiques benzène-polycarboxylates qui donne le

meilleur résultat. Il permet en effet de ramener à une juste mesure l'affinité de l'hémoglobine pour l'oxygène, ce qui est fondamental pour la distribution de ce gaz vital aux muscles et aux cellules.

Les chercheurs du CNRS ont même découvert, dans la chaîne de purification des placentas de l'usine Mérieux de Marcy-l'Etoile, la raison pour laquelle l'hémoglobine perdait aussi vite ses propriétés natives. C'est à cause d'une enzyme qui en dégrade l'une des sous-unités. Le palliatif, c'est un inhibiteur de l'enzyme. Ces travaux ont été publiés lors d'un récent congrès, à Montréal.

Autre collaboration franco-française, celle de Mérieux, du CNRS de Nancy et du Laboratoire de génie chimique de Toulouse. Il s'agit cette fois d'un problème d'industrialisation. Parmi les deux formes sous lesquelles se présente la molécule d'hémoglobine, la forme oxydée et la forme réduite, seule la seconde est fonctionnelle. Or, dans les chaînes de traitement du sang humain, (voir S&V n°890, pp. 90-91) l'hémoglobine est surtout obtenue sous forme oxydée, dite mé-

participe à une liaison azote hydrogène.

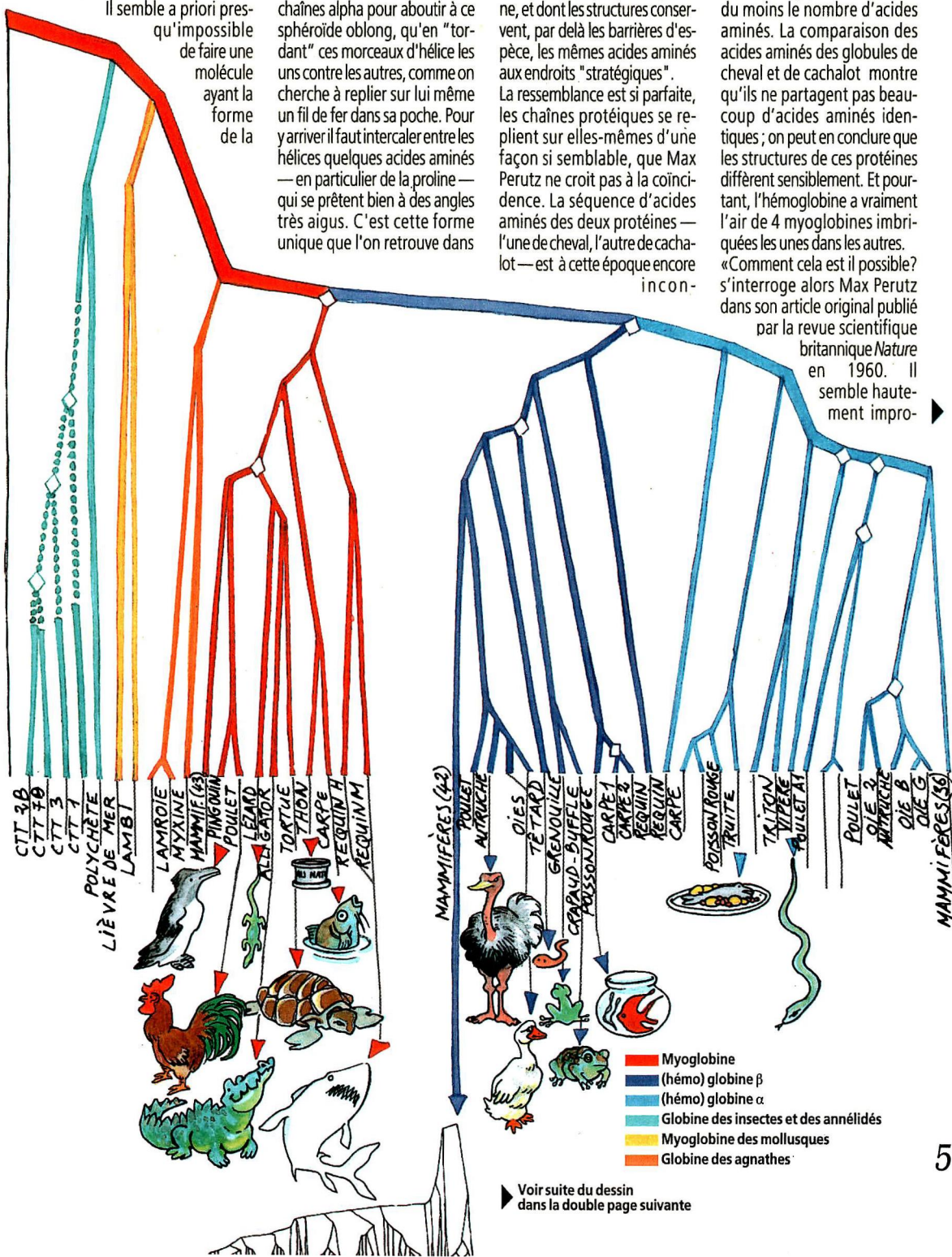
Il semble a priori presque impossible de faire une molécule ayant la forme de la

myoglobine: on ne peut en effet assembler des morceaux de chaînes alpha pour aboutir à ce sphéroïde oblong, qu'en "tordant" ces morceaux d'hélice les uns contre les autres, comme on cherche à replier sur lui-même un fil de fer dans sa poche. Pour y arriver il faut intercaler entre les hélices quelques acides aminés — en particulier de la proline — qui se prêtent bien à des angles très aigus. C'est cette forme unique que l'on retrouve dans

toutes les hémoglobines, la myoglobine, la leghémoglobine, et dont les structures conservent, par delà les barrières d'espèce, les mêmes acides aminés aux endroits "stratégiques". La ressemblance est si parfaite, les chaînes protéiques se relient sur elles-mêmes d'une façon si semblable, que Max Perutz ne croit pas à la coïncidence. La séquence d'acides aminés des deux protéines — l'une de cheval, l'autre de cachalot — est à cette époque encore inconnue.

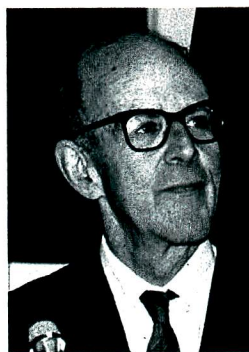
Mais si on ne sait pas l'ordre d'assemblage, on connaît tout du moins le nombre d'acides aminés. La comparaison des acides aminés des globules de cheval et de cachalot montre qu'ils ne partagent pas beaucoup d'acides aminés identiques; on peut en conclure que les structures de ces protéines diffèrent sensiblement. Et pourtant, l'hémoglobine a vraiment l'air de 4 myoglobines imbriquées les unes dans les autres.

«Comment cela est-il possible? s'interroge alors Max Perutz dans son article original publié par la revue scientifique britannique *Nature* en 1960. Il semble hautement impro-



► Voir suite du dessin dans la double page suivante

Malgré des différences hiérarchiques, l'hémoglobine



Max Perutz



Richard Dickerson



John Kendrew

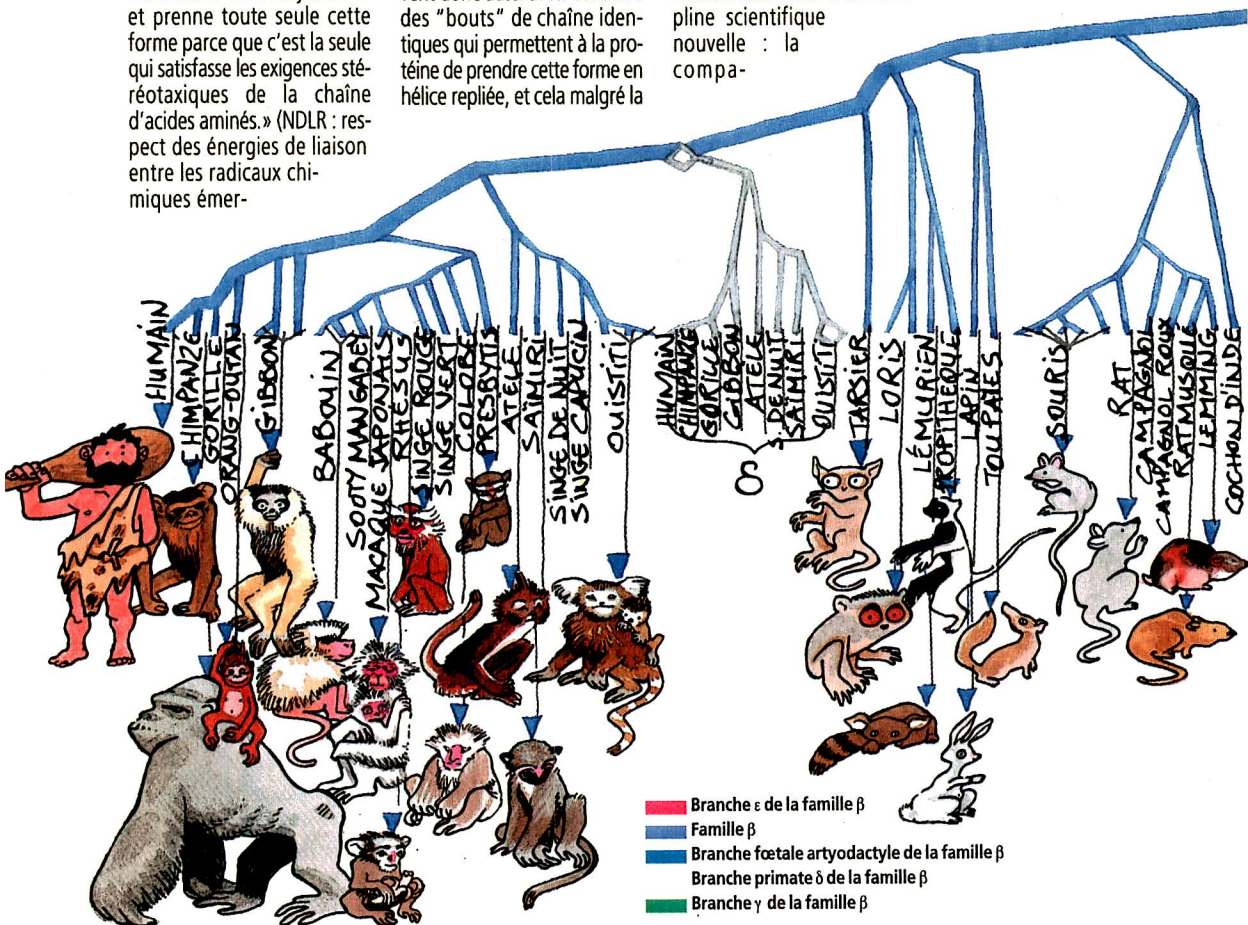
bable, écrit-il, que quelque moule tridimensionnel unique ait forcé les deux chaînes (de myoglobine ou de globine) à prendre cette forme identique. Il est beaucoup plus probable qu'une fois synthétisée, chaque protéine s'enroule naturellement autour d'un noyau hème et prenne toute seule cette forme parce que c'est la seule qui satisfasse les exigences stéréotaxiques de la chaîne d'acides aminés.» (NDLR : respect des énergies de liaison entre les radicaux chimiques émer-

geant de la protéine, respect des angles maximaux des atomes de carbone du squelette de la chaîne, etc.). Pour Perutz, le doute n'est plus permis. Ces deux protéines ont toutes deux la même fonction (le transport d'oxygène) et la même forme; elles doivent donc aussi avoir conservé des "bouts" de chaîne identiques qui permettent à la protéine de prendre cette forme en hélice repliée, et cela malgré la

divergence des espèces, malgré la dérive génétique, malgré les mutations. Même leur troublante similitude de forme est suggestive : il se pourrait bien qu'elles aient toutes deux un ancêtre génétique commun. Cet article va susciter d'un coup d'un seul la création d'une discipline scientifique nouvelle : la compa-

raison des espèces, molécule par molécule, et la hiérarchisation, dans des arbres évolutifs, des ancêtres moléculaires des protéines actuelles.

Dans les années 1960 et 1970, on assiste à la détermination de la séquence de 60 familles différentes de chaînes α chez des vertébrés (requin, carpe, vipère, homme), de 66 séquences différentes de familles de chaînes β , de 60 myoglobines et de 11 globines simples, depuis la lamproie et les coquillages jusqu'aux arénicoles, en passant par le soja, le haricot et le lupin. Aucune autre famille de molécules n'a fasciné à ce point les spécialistes de l'évolution moléculaire. Ni déclenché autant de controverses sur le mode de sélection génétique des molécules, les



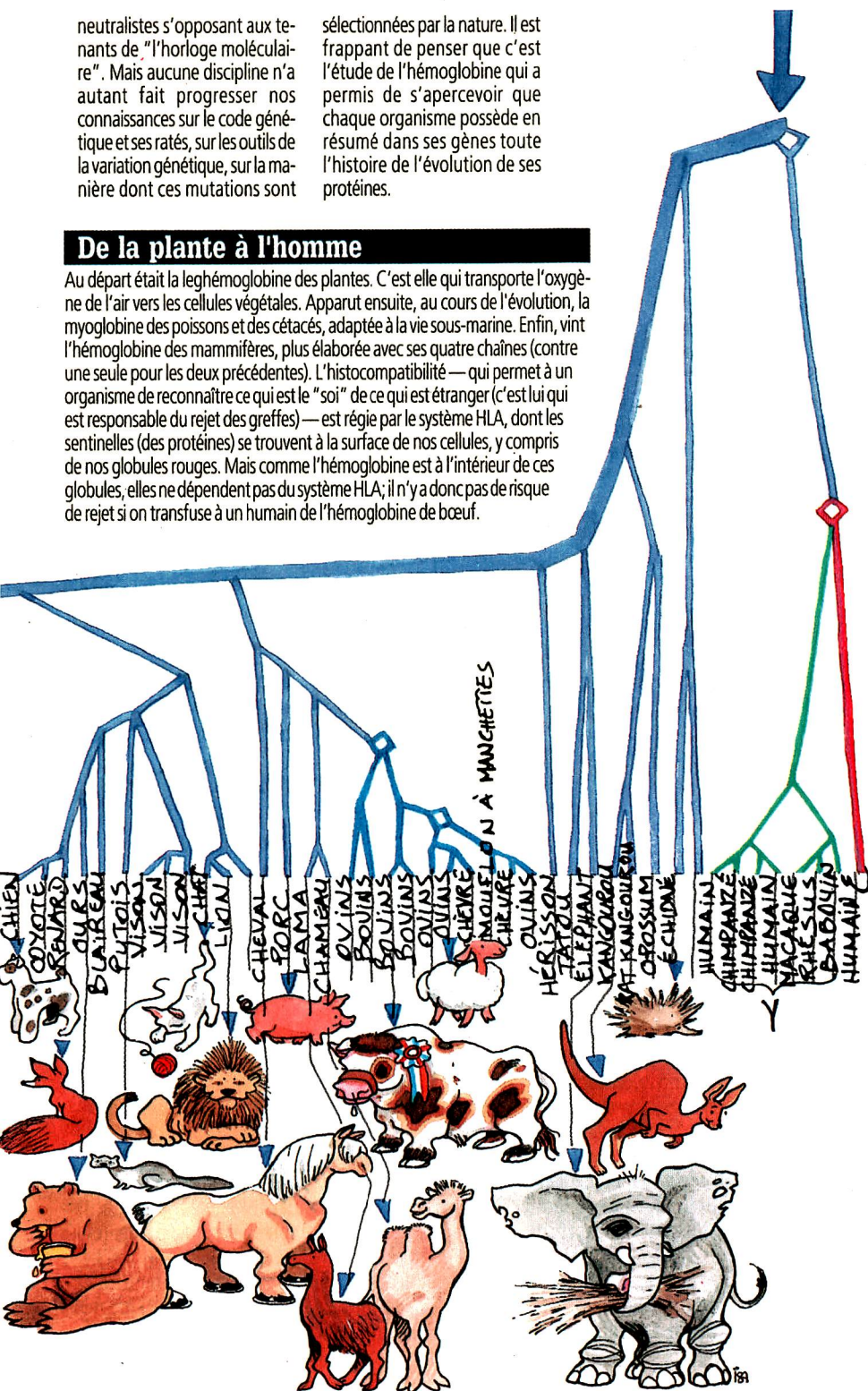
est la même pour tous

neutralistes s'opposant aux tenants de "l'horloge moléculaire". Mais aucune discipline n'a autant fait progresser nos connaissances sur le code génétique et ses ratés, sur les outils de la variation génétique, sur la manière dont ces mutations sont

sélectionnées par la nature. Il est frappant de penser que c'est l'étude de l'hémoglobine qui a permis de s'apercevoir que chaque organisme possède en résumé dans ses gènes toute l'histoire de l'évolution de ses protéines.

De la plante à l'homme

Au départ était la leghémoglobine des plantes. C'est elle qui transporte l'oxygène de l'air vers les cellules végétales. Apparut ensuite, au cours de l'évolution, la myoglobine des poissons et des cétacés, adaptée à la vie sous-marine. Enfin, vint l'hémoglobine des mammifères, plus élaborée avec ses quatre chaînes (contre une seule pour les deux précédentes). L'histocompatibilité — qui permet à un organisme de reconnaître ce qui est le "soi" de ce qui est étranger (c'est lui qui est responsable du rejet des greffes) — est régie par le système HLA, dont les sentinelles (des protéines) se trouvent à la surface de nos cellules, y compris de nos globules rouges. Mais comme l'hémoglobine est à l'intérieur de ces globules, elles ne dépendent pas du système HLA; il n'y a donc pas de risque de rejet si on transfuse à un humain de l'hémoglobine de bœuf.



thémoglobine. Pour être rentable, le processus de réduction doit porter au moins sur 100 litres par jour, ce qui représente une valeur nominale de 10 millions de francs par an. Le processus utilisé par les chercheurs mème ce qui se passe naturellement à l'intérieur du globule rouge, c'est-à-dire une réduction électrochimique indirecte. Une électrode plongeant dans la cuve réduit une première molécule flavinique (FMN), qui circule ensuite dans le milieu sous forme FMNH₂. Sous l'effet d'une enzyme dismutase, FMNH₂ devient FMN[•] (un état intermédiaire instable), et c'est FMN[•] qui réduit enfin la méthémoglobine en hémoglobine. Il reste maintenant à construire un réacteur industriel de grande taille, sur le modèle du réacteur pilote qui fonctionne à Toulouse.

Le génie génétique pourrait également être prometteur dans la recherche d'un sang artificiel qui se limiterait à l'hémoglobine. A cet égard, la firme DNX a

fait les gros titres de la presse nord-américaine en annonçant, en juin de cette année, avoir "fabriqué" trois porcs transgéniques dont 15% des globules rouges produisent de l'hémoglobine humaine qui pourrait être récupérée pour des transfusions. Malheureusement, la technique du génie génétique permettant la fabrication de tels animaux est très lourde. Il faut

avoir de nombreuses copies des gènes des deux types de chaîne (α et β) constituant l'hémoglobine, introduire des copies des deux gènes dans les ovules de truie fertilisés in vitro, réinjecter les œufs transgéniques à une mère porteuse, enfin attendre la naissance des pourceaux... pour s'apercevoir au bout de tout ce chemin que moins de 0,5% des œufs transgéniques donnent des porcs transgéniques "humanisés", dont les gènes humains accepteront de fabriquer de l'hémoglobine humaine normale.

Autre gros danger: avec cette méthode, on risque de diffuser la thalassémie lors des transfusions. Il s'agit d'une affection liée à l'absence ou à la mauvaise expression d'un des deux gènes de l'hémoglobine. En effet, pour qu'une hémoglobine soit fonctionnelle il faut que la cellule qui la fabrique produise une quantité égale de chaînes α et β . Si le gène β s'exprime seul, l'hémoglobine produite possède quatre chaînes β au lieu de deux chaînes α et de deux chaînes β . Cette hémoglobine anormale n'a pas beaucoup d'affinité pour l'oxygène, elle coopère mal et elle se casse

facilement. C'est l'hémoglobine des enfants atteints de thalassémie.

La firme DNX est parvenue à contourner cet écueil. Bravo pour ce bel exploit transgénique, applaudissent les concurrents, mais pourquoi, ironisent-ils, avoir choisi la difficulté ? Car pour prélever cette hémoglobine humaine, il faudra saigner les animaux. Il faudra ensuite la séparer de l'hémoglobine naturelle du porc. Cette opération s'effectue dans une colonne de chromatographie, et elle est difficile à réussir car le poids moléculaire et la structure spatiale des deux hémoglobines sont très voisines.

En toute hypothèse, poursuivent les critiques, on n'évitera pas les deux difficultés majeures liées à l'injection dans le sang d'une hémoglobine dissociée du globule rouge : le dérèglement de son comportement vis-à-vis de l'oxygène et sa tendance à la scission, avec des conséquences désastreuses pour le rein.

«Pas du tout» répond à tout cela John Logan, l'un des patrons de DNX au quotidien financier américain *Wall Street Journal*. «Malgré la similitude à 85% des deux hémoglobines, explique-t-il, nous avons mis au point une chromatographie par échange d'anions qui sépare parfaitement les deux. Et puis, ce n'est qu'un premier pas; nous avons maintenant l'intention d'insérer des gènes mutants d'hémoglobine humaine à des porcs transgéniques, pour leur faire produire des hémoglobines mutantes ayant une affinité naturelle moindre pour l'oxygène, ce qui résoudra peut-être le problème de son utilisation directe dans le sang.»

Commentaire d'une chercheuse française : le choix du porc comme animal transgénique n'est probablement pas le meilleur sur le plan commercial car des millions de musulmans et de juifs orthodoxes refuseront cette hémoglobine "impure".

Mais il existe encore bien d'autres sources possibles de sang artificiel. Michael Wagenbach, chercheur dans une petite firme du Colorado, Somatogen, a publié en janvier 1991 les résultats de ses essais de production d'hémoglobine humaine normale... dans des levures. Il a réussi à insérer une copie des 2 gènes α et β de l'hémoglobine dans des mini-chromosomes (des plasmides) artificiels, vecteurs habituels du génie génétique, à le faire accepter par la levure *Saccharomyces cerevisiae*, et surtout — c'est une première — à obtenir la production par ces levures de molécules d'hémoglobine humaine complète, avec ses deux unités α et β en double exemplaire chacune. Les chaînes se replient parfaitement autour du noyau hème produit naturellement par ces levures, s'imbriquent exactement les unes dans les autres. La structure protéique des chaînes est absolument identique à celle de l'hémo-

L'hémoglobine artificielle capte bien l'oxygène, mais elle refuse de le relâcher

LES GRANDES DATES DE L'HISTOIRE DE L'HÉMOGLOBINE

L'hémoglobine, qui permet à tout le règne animal d'utiliser l'oxygène nécessaire à la vie, est certainement, après l'ADN, la molécule la plus intéressante du monde vivant. Et ce n'est pas Richard Dickerson, le biochimiste de la University of California Los Angeles (UCLA), qui a contribué à en élucider la structure, qui dira le contraire. Voici, en quelques dates, l'histoire de la découverte de cette molécule protéique.

En 1864, le savant mathématicien et physicien George Stokes découvre que l'hémoglobine peut se lier de façon réversible à l'oxygène : elle l'absorbe pour le relâcher ensuite.

En 1849, c'est la première cristallisation de la molécule par K.B. Reichert. Ce chercheur parvient miraculeusement à faire "pousser" un cristal d'hémoglobine. C'est l'une des toutes premières fois que l'on réussit cet exploit.

Les protéines sont en général préparées en solution aqueuse parce que les molécules ne s'y dégradent pas trop vite, étant agitées par le mouvement et le

désordre brownien régnant dans les gaz et les liquides. La seule façon d'ordonner des protéines, de les positionner une fois pour toutes et de leur donner l'orientation désirée, c'est de les cristalliser. Car un cristal, c'est la répétition, dans les trois dimensions de l'espace, d'un même motif régulièrement empilé. Si un cristal est dur, c'est parce que les liaisons chimiques qui se forment entre chacun des motifs stabilisent l'ensemble de la structure cristalline, un peu comme un assemblage Meccano est rigide alors qu'il est fait de plaques et de baguettes métalliques souples.

Mais pourquoi faire un cristal de protéines, alors que c'est un processus long, difficile et sujet à échec, et qu'il nécessite une solution de protéines ultra-pure, des conditions thermiques extrêmement stables, un agent de cristallisation, etc ?

Parce que, dans un cristal pur, si la répétition des motifs est parfaite, la lumière passant dans le cristal est diffractée uniformément par tous les motifs du cristal. Les angles et les caractéristiques des rayons issus du cristal éclairé donnent sur la structure atomique du motif des renseignements que l'on ne pourrait obtenir par aucune autre méthode. C'est par cette méthode que l'on s'aperceva de la similitude entre les chaînes de myoglobine et d'hémoglobine (**voir encadré p. 56**)

En 1904, Christian Bohr, le père du prix Nobel de physique Niels Bohr, découvre que la quantité d'oxygène délivrée par l'hémoglobine dans les tissus

dépend de la concentration de gaz carbonique. C'est "l'effet Bohr"

En 1909, E. T. Reichert, associé à A. P. Brown, compare les formes des cristaux d'hémoglobine de différentes espèces animales pour essayer de découvrir des relations phylogéniques. Sans succès. Il faut dire qu'à l'époque on ne connaissait pas la structure des protéines, faites d'enchaînements d'acides aminés en longs chapelets repliés sur eux-mêmes. La comparaison des séquences de ces acides aminés dans les différentes chaînes d'hémoglobine et surtout la comparaison des séquences d'ADN nécessaires à la fabrication de ces protéines ont seules pu, depuis, nous apprendre les relations évolutives — au niveau moléculaire — des espèces préhistoriques et des espèces contemporaines.

1930, l'hémoglobine est purifiée. C'est une des premières protéines à être ainsi isolée, marquant un tournant dans l'histoire de la biochimie. Jusque-là, en effet, on croyait que les protéines étaient des mélanges, de poids variable et de structure imprécise, de chaînes de polymères en solution colloïdale. Avec cette nouvelle purification, le préjugé tombe : on s'aperçoit qu'une protéine donnée a toujours le même poids moléculaire, un nombre fixe d'acides aminés et la même proportion des 20 acides aminés de la matière vivante.

Un dimanche de 1957, John Kendrew, Max Perutz et Richard Dickerson soumettent un cristal protéique à des rayons X. Le

rayonnement diffracté par le cristal produit un diagramme de diffraction et, sur l'écran, s'inscrit la forme de l'objet, en trois dimensions. C'est la première fois que l'on a "vu" une molécule protéique.

1959, on a "vu" l'hémoglobine elle-même pour la première fois ; c'était de l'hémoglobine de cheval.

1970, l'hémoglobine humaine est observée directement à son tour. C'est un tétramère fait de quatre chaînes protéiques, deux globines α et deux globines β . L'hémoglobine "normale" la plus fréquente est une $\alpha_2\beta_2$ (**voir dessin p. 55**)

Enfin, en 1980, T. Maniatis isole dans l'ADN humain les plans génétiques de fabrication de l'hémoglobine : les gènes des deux globines α_1 et α_2 , situés sur le chromosome 11, et les gènes de la "famille" des globines β sur le chromosome 16. On peut enfin, grâce au génie génétique, "inventer" de nouvelles hémoglobines pour améliorer leur affinité pour l'oxygène ou pour essayer de les rendre plus stables.

Sir George Stokes



Christian Bohr



globine de n'importe quel être humain, ce qui n'était pas le cas dans des essais antérieurs effectués chez la bactérie. On peut cultiver la levure *Saccharomyces* dans des fermenteurs industriels pour qu'elle s'y reproduise et qu'elle secrète la protéine humaine en grande quantité. Celle-ci sera facile à récupérer, par

purification, dans le milieu de culture.

Wagenbach et ses collègues ont même fait mieux. Ils disposent de copies d'ADN mutant produisant des hémoglobines mutantes qui présentent l'avantage d'une plus faible affinité pour l'oxygène. Ils sont également parvenus à en faire produire par la levure

(suite du texte page 160)

PAR DIDIER DUBRANA

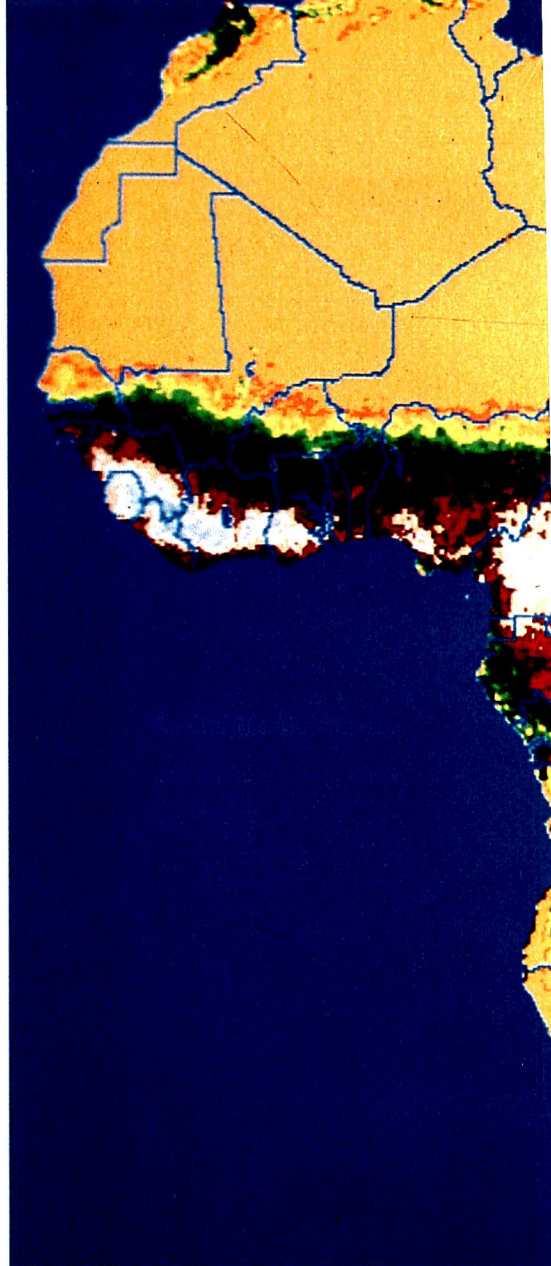
LE SATELLITE QUI VOIT LES MOUCHES



20 000 Africains meurent chaque année de la maladie du sommeil transmise par la mouche tsé-tsé. Impossible, dans des pays désorganisés, de surveiller la prolifération saisonnière de la mouche mortelle. Mais un satellite de la NOAA peut, de 900 km d'altitude, reconnaître, à l'état de la végétation, le moment et l'endroit où les mouches prolifèrent.

Depuis dix ans, l'Afrique est victime d'une recrudescence de trypanosomiase humaine ou maladie du sommeil. En effet, la désorganisation politico-économique des pays africains se traduit par un démantèlement de leurs systèmes sanitaires qui encourage l'émergence d'anciens foyers infectieux qu'on croyait à jamais éteints. Des épidémies éclatent en Ouganda, au Congo et au Zaïre. Pourtant, dans les années 1960, seuls quelques cas isolés de trypanosomiase étaient recensés par le Service de santé des armées françaises. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) (1) avance aujourd'hui le chiffre de 20 000 morts par an tout en précisant que «50 millions d'Africains sont exposés au danger de contamination en vivant dans la zone infestée».

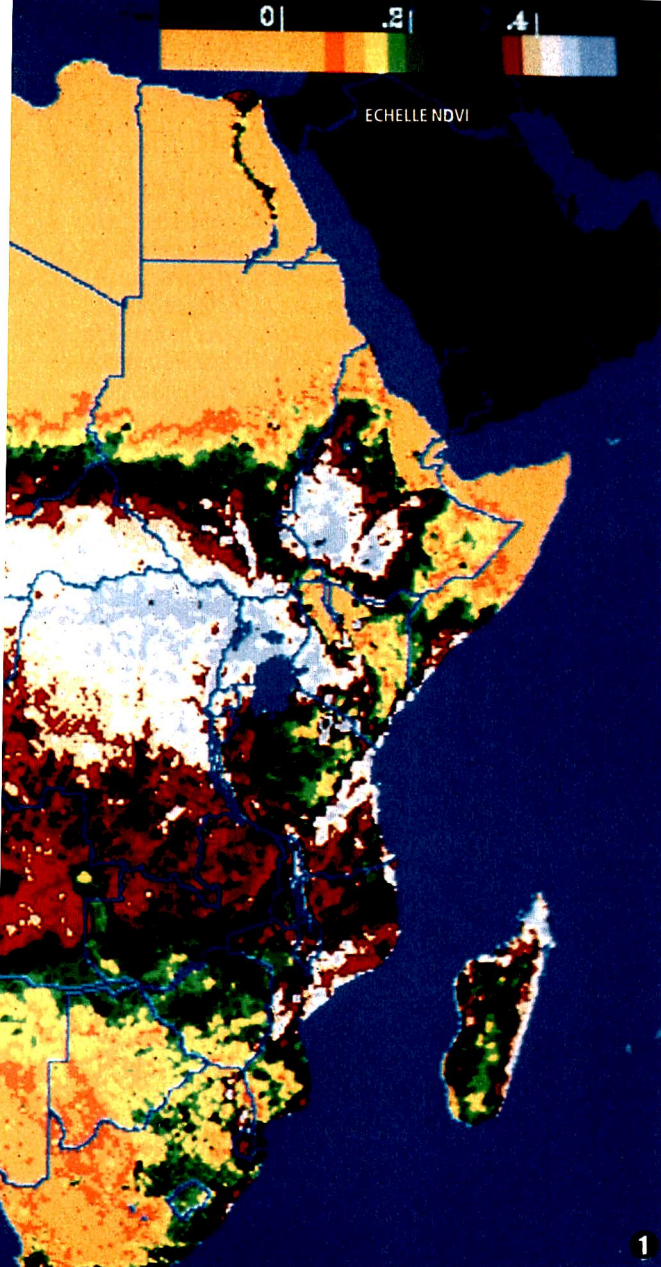
La mouche vecteur de la maladie, la glossine ou tsé-tsé, se nourrit de sang qu'elle aspire en piquant les hommes ou les animaux. En échange de ce "repas sanguin" (un tous les trois jours), elle injecte dans la circulation le parasite mortel - le trypanosome - qu'elle héberge dans ses glandes salivaires. A l'inver-



se, les mouches saines s'infectent en pompant le sang d'hommes ou d'animaux déjà malades.

Si le malade n'est pas soigné, il mourra à plus ou moins brève échéance... tout dépend des personnes : certains "porteurs sains" hébergent le trypanosome pendant plusieurs années sans manifester le moindre symptôme. Toutefois, lorsque la trypanosomiase se dévoile, elle provoque, parmi de nombreux autres symptômes, des troubles du sommeil (insomnie nocturne ou somnolence diurne) qui évoluent vers un coma plus ou moins continu dont l'issue est fatale.

Du Sénégal à la Somalie, la mouche du sommeil colonise trente-six pays de l'Afrique sub-saharienne.

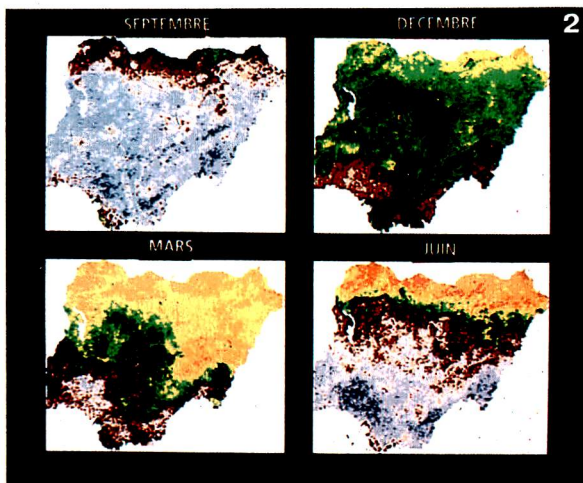


Par delà les frontières, l'insecte vit toujours dans les mêmes types d'habitat : les forêts galeries poussant sur les berges des rivières, la forêt dense humide et les savanes arborées. Ces trois formations offrent les meilleures conditions climatiques pour l'accomplissement du cycle biologique des glossines (croissance, fécondation et reproduction). La température y avoisine le plus souvent 25°C et l'humidité de l'air varie de 50 à 85 % suivant les précipitations (saison sèche ou saison des pluies). Cependant, une légère variation climatique (température ou humidité) modifie immédiatement la biologie des glossines ; ainsi la durée du stade

Le climat commande la reproduction des mouches tsé-tsé

L'imagerie satellite fait apparaître – en fausses couleurs – les variations de l'activité photosynthétique (NDVI) du couvert végétal, sur l'ensemble de l'Afrique (1). Ainsi, les régions forestières (le bassin de la rivière du Zaïre, par exemple) – en mauve –, au NDVI élevé, sont des foyers à glossine ; alors que les régions du Sahel – en jaune – sont saines. Au delà de cette répartition géographique, le régime des pluies modifie, tout au long de l'année, la valeur du NDVI, et rend donc la démographie locale de la mouche fonction des saisons. Ces variations du NDVI apparaissent sur les clichés du Nigeria (2) : en septembre, pendant la saison des pluies, les tsé-tsé sont nombreuses, tandis qu'en mars, les conditions climatiques s'opposent à leur développement.

1



pupal peut descendre à vingt-deux jours ou passer à quatre-vingts jours suivant que la température a augmenté ou diminué de 5°C. Une baisse de la température freine ainsi la croissance de la population des diptères. En revanche, les pointes d'humidité atmosphérique enregistrées pendant la saison des pluies provoquent de véritables explosions démographiques chez les tsé-tsé.

Si la météo règle le cycle de reproduction des mouches, c'est d'elle aussi que dépend la luxuriance de leur biotope –



La meilleure arme est toujours le piège à mouches

Dans les zones infestées par la maladie du sommeil, un quadrillage minutieux de pièges à phéromones (substances chimiques émises par les mâles pour attirer les femelles), imbibés d'insecticides, permet d'éliminer 95% des tsé-tsé en 3 mois.

puisque la lumière et l'eau participent à la photosynthèse. Ce qui n'a pas manqué d'attirer l'attention de deux chercheurs de l'université d'Oxford, D. J. Rogers et S. E. Randolph, qui proposent d'utiliser l'imagerie spatiale de la couverture végétale de l'Afrique pour prévoir l'évolution des populations de tsé-tsé. Cette méthode permettra d'identifier l'ensemble des foyers à risque du continent africain, alors qu'actuellement, précisent-ils dans leur article publié dans la revue *Nature* (2) : «Compte tenu du nombre d'entomologistes présents sur le terrain, chacun d'entre eux doit couvrir 50 000 km² à la recherche des gîtes à mouche... ce qui en dit long sur les difficultés d'appréhension de la distribution des populations de cet insecte en Afrique.»

C'est à l'aide des données recueillies par les radiomètres à balayage (AVHRR, Advanced Very High Resolution Radiometer) embarqués à bord des satellites météorologiques de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) que les Anglais ont confirmé la corrélation entre l'activité photosynthétique du couvert végétal et le cycle de reproduction des glossines. Ces capteurs enregistrent, en effet, les variations de réflectance du feuillage sur deux canaux : l'un dans le spectre du visible et l'autre dans le proche infrarouge. Or l'accroissement de l'activité photosynthétique durant la saison des pluies s'accompagne de l'augmentation de l'absorption, par les feuilles, de la lumière uniquement dans le visible (donc de la diminution de la réflectance correspon-

dante) ; dans le proche infrarouge, elle est au contraire fortement réfléchie. Résultat : la différence entre les réflectances enregistrées par les deux canaux (réflectance enregistrée dans l'infrarouge moins celle enregistrée dans le visible) définit le niveau d'activité photosynthétique de la végétation ou NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Chaque mois la "carte" du NDVI de toute l'Afrique reflète de façon précise, non seulement les pluies qui ont traversé le continent, mais aussi l'importance de la croissance végétale. Les Anglais affirment donc que la démographie des insectes est assujettie aux variations du NDVI : plus il est fort et plus les mouches pullulent. Mais Rogers et Randolph soutiennent également que le taux de survie des glossines ainsi que la taille des mâles ou des femelles sont aussi liés au niveau de l'activité pho-

tosynthétique – toutefois certains scientifiques français soupçonnent les deux chercheurs d'avoir péché par optimisme dans la publication de leurs résultats afin d'obtenir un financement par la CEE d'un projet d'étude la trypanosomiase présenté par le Natural Research Institute britannique...

A l'avenir, ces données vont surtout permettre d'établir chaque mois une cartographie des foyers à risque de transmission de la maladie. Ceci servira à ajuster les stratégies de lutte sur le terrain, qui reposent sur l'épandage d'insecticide et la pose de pièges. Cette dernière technique est très efficace, comme le souligne J.-L. Frézil, directeur de recherche à l'ORS-TOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération) : «Dans toute les zones à glossine d'Afrique de l'Ouest par exemple, le piégeage permet d'éliminer 95% des mouches en moins de trois mois.» Quand on sait qu'en moyenne, une mouche sur mille est infectée par le trypanosome, le dépistage régulier des foyers infectieux aussi bien que la détermination précise des épisodes saisonniers d'explosion démographique des diptères, seront autant de nouveaux atouts pour lutter contre le fléau... Encore faut-il que les pays infectés aient les moyens de se payer de telles infrastructures... ce qui n'est pas le cas.

Didier Dubrana

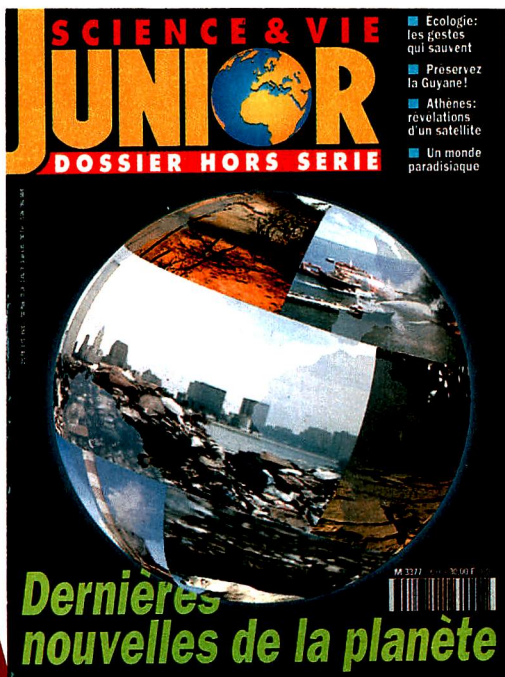
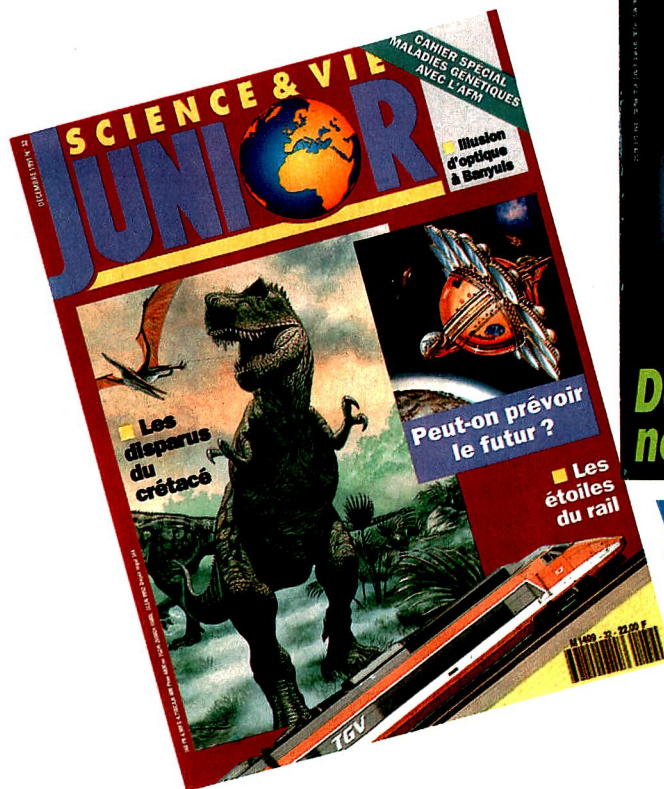
(1) *La trypanosomiase africaine: épidémiologie et lutte*, rapport d'un comité d'experts de l'OMS. Série de rapports techniques 739.
(2) "Mortality rates and population density of tse-tse flies correlated with satellite imagery", *Nature*, volume 351, p. 739-741.

POUR CEUX QUI VONT REFAIRE LE MONDE...

ABONNEZ VOTRE ENFANT A

**SCIENCE & VIE
JUNIOR**

ET ECONOMISEZ JUSQU'A 75 F.



Vous avez un "junior"? Alors, vous devez connaître SCIENCE & VIE JUNIOR, le magazine de toutes les découvertes. Son ambition: expliquer aux enfants les dernières avancées des sciences et des techniques, leur faire vivre en couleur la grande aventure scientifique et ses exploits les plus ahurissants. Offrir S&V JUNIOR chaque mois, c'est une façon intelligente de faire plaisir. Pour aller plus loin, S&V JUNIOR publie des HORS SERIE trimestriels qui approfondissent un grand sujet.

BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner avec votre règlement à SCIENCE & VIE JUNIOR 1, rue du Colonel Pierre Avia 75 503 PARIS CEDEX 15

OUI

CAEB

je souscris un abonnement d'un an à
SCIENCE & VIE JUNIOR (11 numéros)
200 F seulement au lieu de 245 F*

OUI

CAEE

je souscris un abonnement d'un an à
**SCIENCE & VIE JUNIOR (11 numéros + 4 HORS
SERIE) 289 F seulement au lieu de 365 F***

* Prix de vente en kiosque

. Ci-joint mon règlement par chèque à l'ordre de SCIENCE & VIE JUNIOR-BRED

NOM _____

PRENOM _____

ADRESSE _____

CODE POSTAL _____ VILLE _____

DATE DE NAISSANCE DE L'ENFANT _____

OFFRE VALABLE JUSQU'A FIN 1992 ET RESERVEE A LA FRANCE METROPOLITAINE
RC PARIS B 572 134 773 S&V 892

L'AGOUTI, SAUVEUR DES FORÊTS

On n'a vu en lui qu'un ragoût. Pourtant deux zoologistes qui l'ont observé dans son habitat américain le portent au pinacle : sans lui, les forêts tropicales ne se reproduiraient pas. C'est lui l'écologiste en chef !

Agouti : petit mammifère rongeur des Antilles et de l'Amérique du Sud, de la taille d'un lièvre (*Petit Robert*). Si l'agouti se mange également en civet, là s'arrête la comparaison avec le lièvre. D'ailleurs, ils n'habitent pas du tout le même quartier : c'est dans les forêts tropicales d'Amérique qu'on débussque les agoutis, inmanquablement en couple – deux petites boules rousses qui détalent au premier regard...

On a longtemps postulé de l'"inutilité écologique" du lascar. Voire ! Reprenons l'énigme des cimetières de graines qu'organisent les agoutis au cœur du massif amazonien. L'agouti, rongeur diurne granivore, sauve la vie des graines qu'il enterre. Il serait donc un sauveur des forêts par ce chapardage obsessionnel des graines charnues. Certes, à observer les quelques spécimens qui grignotent tranquillement leur bout de carotte dans la petite fosse de la ménagerie du Jardin des plantes, on ne s'en douterait guère. C'est sur place qu'il faut voir l'individu.

L'agouti gratte, fouine, creuse. Cachez-moi cette graine que je ne saurais manger, dans l'immédiat tout au moins. Rien ne sert de se repaître, il faut enterrer à point. Et notre rongeur de multiplier ses caches après la fructification de ses arbres préférés. Car l'agouti est gourmet. Il choisit les grosses graines et celles des palmiers sont parmi ses favorites. Mais faute de grives, on mange des merles, et lorsque le choix se restreint, il se contente d'autres espèces,

sans oublier toujours d'en enterrer une partie. Contrairement aux écureuils des régions tempérées, l'agouti n'amasse pas sa provende à l'intérieur d'une seule cassette : il fractionne ses trésors sur l'ensemble de son domaine, chaque graine étant soigneusement enterrée, isolément, le plus souvent près de repères visuels comme des troncs couchés au sol ou des palmiers. Car, en dispersant ainsi ses garde-manger, il multiplie ses chances de casser une graine au coin des bois. Imaginez un appartement pourvu de multiples réfrigérateurs : plus besoin d'aller jusqu'à la cuisine. Un petit creux et il n'est qu'à tendre la patte.

Or, graines enterrées, vies sauvées. Tout ce qui est rare est cher et ce qui est cher doit être protégé. Il serait faux de penser que l'agouti enterre des graines lorsqu'il y a pléthore, en pleine saison de fructification ; à ces périodes-là, il ne pense qu'à manger. Et d'ailleurs, pourquoi économiser lorsque les ressources semblent inépuisables ? En revanche, si la quantité de graines disponible au sol décroît, l'agouti "stresse" et se soucie de constituer des réserves : ce qui se raréfie aujourd'hui risque de manquer dramatiquement demain. Et c'est alors que l'agouti cache... à perte de vue.

Mange-t-il tout ? Non, et c'est là que s'effondre l'hypothèse méprisante de l'inutilité de l'agouti. Car imaginons la catastrophe : qu'arriverait-il si les graines demeuraient à l'air, au pied de l'arbre ? Elles se déshydrateraient et ne germèrent pas, ou bien seraient inmanquablement infestées par des hordes de parasites et des armadas de larves, détruites par des colonnes de fourmis ou de nombreux autres pré-





Le rongeur planteur d'arbres

dateurs. Ainsi, sous la couronne de l'arbre-mère, l'ombre tomberait sur ces embryons mort-nés qui ne verrait jamais le jour de la canopée. Ce serait leur mort, puis celle des arbres,

puis des celle des agoutis. A moins que l'un d'entre eux ne veille. La graine, alors transportée au loin et enterrée, sera protégée. Son enracinement sera favorisé et elle pourra alors se métamorphoser en robuste plantule. En éloignant ainsi les semis, l'agouti augmente leurs chances de survie car on peut difficilement croître et atteindre l'âge de maturité sexuelle à l'ombre trop imposante de ses parents ! Il faut s'en éloigner pour vivre sa vie au soleil.

Mais quel avantage pour l'agouti ? Certes, en assurant des réserves, l'animal assure sa subsistance future lorsque la nourriture sera rare, à la façon des écureuils en hiver. Mais aussi, en favorisant une germination paisible des graines dans les caches, il en facilite la redécouverte. Car, outre l'odorat, la vue des jeunes tiges feuillues est un indice précieux pour localiser les caches garnies.

L'utilisation des réserves "s'étalera" alors dans le temps, des jours suivants à quelques semaines, et même jusqu'à un an selon les délais variables de ger-

Sans l'agouti et sa prudente manie d'ensevelir dans de nombreuses cachettes les graines de ses futurs repas, bien des arbres de la forêt tropicale ne verraient jamais le jour. Et pourtant, ce petit animal débonnaire finit souvent – et bien injustement – sa vie sous forme de...civet.

mination des graines. L'agouti fait ainsi des placements à court et moyen terme, voire à très long terme, et donc échelonne les profits et les rendements. Bien sûr, toutes les graines cachées ne seront pas retrouvées. L'agouti laisse ainsi sa chance à la graine enfouie, alors qu'elle n'en aurait eu aucune si elle était demeurée visible.

Un mutualisme à bénéfice réciproque est alors établi : les arbres assurent la survie de l'agouti. En retour, en dispersant leurs graines, l'agouti assure la régénération de la forêt et par là-même, la survie d'une communauté très éclectique d'animaux frugivores. Menacer l'un, c'est menacer l'autre et les autres. Il s'agit donc de protéger ces divers éléments d'un écosystème très fragile. L'absence d'une seule pièce suffirait à dérégler le jeu... Le message est clair. On a toujours besoin d'un agouti dans ses bois, véritable assurance-vie, dans les forêts tropicales d'Amérique, d'un grand nombre d'espèces végétales et animales.

**Dr Pierre-Michel Forget
et Dr Cristina Poletto-Forget**

LA DISSONANCE COGNITIVE: POURQUOI ON DIT CE QU'ON NE PENSE PAS

Des messieurs BCBG affirment se délecter de sauterelles frites. Des jeunes gens attelés à une tâche atrocement fastidieuse jurent y trouver un intérêt palpitant. Une secte d'illuminés prédit la fin du monde à dates fixes et plus le temps lui donne tort, plus elle proclame que ses prophéties sont justes. Les psychologues expliquent ces comportements déroutants par une théorie qui remet profondément en question notre bon vieux sens logique.



Que conclure des étranges résultats d'une expérience menée par l'université américaine de Yale? Après une intervention musclée de la police sur le campus, intervention à laquelle les étudiants avaient très mal réagi, on demanda à ceux-ci s'il se trouvait des volontaires pour rédiger, moyennant rémunération, une apologie de cette action policière. Prétexte de l'exercice : une prétendue enquête conduite par un institut de relations humaines concernant l'opinion de la communauté estudiantine sur la police ; tous les témoignages recueillis jusque-là étant censés avoir été défavorables à celle-ci, on souhaitait un autre son de cloche. La rémunération proposée variait, selon les candidats, entre dix dollars et 50 cents. Une fois la copie remise, l'étudiant devait remplir un questionnaire où il donnait son sentiment véritable, non commandé cette fois, sur l'intervention policière à l'université.

Solde de l'expérience : les sujets les plus bienveillants à l'égard des policiers et de leur action furent ceux qu'on avait le moins payés pour témoigner dans ce sens. Paradoxe en apparence étonnant. Pourtant, les expérimentateurs, en se fondant sur la théorie de la dissonance cognitive (1), avaient très exactement anticipé cette réaction chez les étudiants. Pourquoi? Aucun des étudiants testés n'a pu se réfugier derrière l'excuse de la contrainte, puisque chacun était libre de participer ou non. Ceux qui ont touché le cachet intéressant de dix dollars ont pu néanmoins trouver dans cette somme la justification de leur acte. En revanche, ceux qui ont reçu seulement un dollar, voire 50 cents, ont ressenti un important décalage entre leurs idées et leur acte, sans possibilité de fournir une explication raisonnable. La seule solution était d'accorder leurs convictions personnelles avec l'opinion qu'ils avaient exprimée dans leur rédaction.

Le principe de la dissonance cognitive a été élaboré dans les années 1950 par l'Américain Leon Festinger, spécialiste des phénomènes de groupe, un des hommes qui a le plus influencé la psychologie sociale contemporaine. Lui-même résume ainsi sa thèse : « L'existence simultanée d'éléments de connaissance qui, d'une manière ou d'une autre, ne s'accordent pas (dissonance) entraîne de la part de l'individu un effort pour les faire, d'une façon ou d'une autre, mieux s'accorder (réduction de la dissonance) ». Une analogie physiologique nous aide à comprendre ce phénomène : quelqu'un qui éprouve les tiraillements de la faim va faire tout son possible



pour diminuer cette sensation ou l'éliminer complètement. De même quelqu'un qui, dans une situation donnée, ressent un état de dissonance – le manque de cohérence entre plusieurs éléments de sa connaissance – va tenter de réduire ses contradictions psychiques pour retrouver à tout prix une harmonie intérieure. La dissonance est d'autant plus forte que les éléments de connaissance en cause sont importants et nombreux. Plus la dissonance est forte, plus le sujet tentera de la réduire ou de l'annuler. Il s'agit, bien sûr, d'un effort inconscient.

Pour réduire la dissonance, nous disposons de plusieurs moyens : modifier notre comportement, changer nos opinions, ou encore incorporer des informations nouvelles à notre stock de connaissances. Chaque fois que nous prenons une décision, que nous effectuons un choix, nous déclenchons une dissonance cognitive plus ou moins importante, puisque nous sommes alors amenés à rejeter les éléments positifs d'un des termes de l'alternative, et à consacrer les éléments négatifs de l'autre. L'esprit de l'homme est toujours en guerre avec lui-même, mais il existe des mécanismes pour rétablir l'équilibre intérieur.

Si, pour se plier à une force extérieure hostile, l'individu agit à l'encontre de ses propres opinions, mais qu'il arrive néanmoins à justifier à ses propres yeux cette "trahison" par des raisons "objectives" (2) – avan-



tage financier, impossibilité de choisir autrement, absence de conséquences fâcheuses –, la dissonance pourra être faible, voire pratiquement nulle. Mais si le sujet n'arrive pas à défendre son comportement vis-à-vis de sa propre logique, alors il est fortement "dissonant" et son psychisme devra recourir d'urgence aux moyens que nous citons plus haut.

Dès lors, l'expérience montée par l'université américaine autour de l'intervention policière prend tout son sens. De nombreuses autres études ont confirmé que plus une récompense est faible pour faire accomplir à quelqu'un une action qu'il désapprouve, plus son jugement sur cette action est susceptible d'être modifié.

L'affaire des sauterelles grillées offertes en repas à des Américains éclaire davantage encore cet aspect du psychisme humain. Au tout début de l'expérience, on demande à tous les participants de s'exprimer sur leur degré d'attrait pour la friture d'orthoptères. Puis, avant le repas, l'expérimentateur se présente au premier groupe sous les traits d'un personnage sympathique et chaleureux, au second sous un jour désagréable et hargneux ; quant au groupe témoin, il reçoit simplement un accueil neutre. On présente ensuite à tous une assiettée de sauterelles frites ; la moitié environ des participants de chaque groupe acceptent d'en manger. Après la dégustation, ils sont priés de donner à nouveau leur avis.

Dans le groupe témoin, l'écart d'appréciation entre la première opinion et la seconde est de + 10 % : au goût, la sauterelle frite a vaincu quelques préjugés et gagné des adeptes. Mais le plus remarquable est l'attitude des sujets qui ont accepté de croquer des sauterelles sous la houlette d'un expérimentateur antipathique : le changement positif d'appréciation est de 55 %.

Ces personnes se sont trouvées dans une situation de dissonance maximum ; la seule façon de justifier vis-à-vis d'elles-mêmes l'obéissance à un type détestable qui les pousse à consommer un mets répugnant, c'est de se convaincre que les sauterelles sont, en fait, une friandise qu'on ignorait. Unique moyen de réduire une dissonance aussi forte. Cette conclusion est d'ailleurs confirmée par son contraire : chez

les sujets placés devant un expérimentateur sympathique – donc dans une situation qu'on pourrait croire la plus favorable à une adhésion gustative aux sauterelles –, l'opinion positive n'augmente que de 7 % après l'épreuve, moins que dans le groupe témoin.

Les expériences citées, et bien d'autres encore, démontrent à quel point la dissonance cognitive offre un terrain accessible à l'influence et à la manipulation extérieures ; on peut utiliser ce phénomène mental pour agir sur le comportement et l'opinion des gens : faire apprécier la friture de sauterelles à des occidentaux, amener des étudiants contestataires à penser des amabilités sur la police. On réussit à persuader des sujets qu'ils font un travail passionnant alors que leur besogne est mortellement ennuyeuse, ou à faire affirmer par un groupe de collégiens, d'une seule voix et en toute bonne foi, qu'ils détestent les activités de loisirs comme le cinéma et le sport. Le besoin organique que chacun éprouve à réduire, et si possible à éliminer, la dissonance cognitive conduit à des compromis étranges qu'exploitent les chercheurs en milieu expérimental. Derrière ces exercices de laboratoire se posent bien sûr des problèmes d'éthique qui impliquent la liberté et la dignité de l'individu.

Leon Festinger et Elliot Aronson, autre grand spécialiste américain en la matière, ont bien étudié le processus d'autojustification lié à la dissonance, dans le cadre d'une prise de décision par l'individu. La logique psychologique traditionnelle considère qu'une personne confrontée à un choix est soumise à un stress tant que le choix n'a pas été fait, mais qu'une fois la décision prise la tension est relâchée. Au contraire, la théorie de la dissonance cognitive affirme qu'à ce moment une source secondaire de malaise apparaît. Un désaccord interne provient à la fois des aspects positifs de l'option refusée et des aspects négatifs de l'option retenue. Autrement dit, quand nous choisissons entre deux possibilités – une situation quotidienne de la vie –, nous sommes à chaque fois obligés de sacrifier les côtés positifs de la solution que nous rejetons, et d'accepter les côtés négatifs de celle que nous retenons. Encore une dissonance que l'individu doit résoudre en la réduisant par le biais d'une autojustification. Dans son subconscient, il se persuade que l'option retenue est plus avantageuse et l'option rejetée moins profitable qu'elles ne le sont objectivement.

(1) Appartient au domaine "cognitif" tout ce qui touche à nos connaissances soit de nous-même, soit du monde environnant.

(2) Le dramaturge Henrik Ibsen a dit que les hommes, pour se justifier, se donnent deux types de raisons : les "bonnes" et les "vraies".



Une dissonance intervient aussi quand l'individu est sollicité par une tentation qu'il perçoit comme coupable. Un homme qui a commis un acte répréhensible à ses propres yeux est sujet à une dissonance cognitive pénible. Il la réduit en adoptant une attitude plus indulgente qu'il n'avait auparavant vis-à-vis du comportement incriminé. Il s'arrange ainsi pour mieux se pardonner. A l'inverse, quelqu'un qui a résisté à une tentation honteuse est beaucoup plus sévère à l'égard de l'acte qu'il n'a pas commis, une façon de réduire la dissonance causée par la frustration de n'avoir pas goûté au plaisir défendu.

On retrouve le même phénomène dans de nombreuses circonstances de la vie, celles qui sont liées à un effort, par exemple. L'individu qui se donne beaucoup de mal, mais en vain, pour atteindre un but, éprouve une dissonance. Pour la réduire, son appareil cognitif échafaudera tout un système de justifications qui vont des "raisins trop verts" de la fable à l'invention de côtés valorisants de son échec.

Une dissonance frappe aussi l'homme déçu par un environnement social dont il attendait beaucoup. S'il s'est fortement investi pour participer à la vie d'un groupe et qu'il constate que ce dernier n'est pas aussi intéressant qu'il l'espérait, il aura deux façons de réagir à la dissonance provoquée par sa déconvenue : soit sous-estimer ses espoirs primitifs – « je n'escomptais finalement pas grand-chose de cette expérience » –, soit exagérer la valeur du groupe. Une tradition aussi désuète et stérile que le bizutage, qui continue d'être pratiquée par des individus d'un quotient intellectuel officiellement supérieur à celui de la moyenne de la nation, s'apparente en quelque sorte aux rites initiatiques de certaines tribus : plus l'épreuve d'affiliation est dure, plus l'attachement futur au groupe sera fort. Les aînés qui bizutent les bleus appliquent sans le savoir la théorie de la dissonance cognitive.

L'interaction de groupe constitue pour ses membres un procédé très efficace de réduction de la dissonance. Le cas d'école le plus souvent cité par les psychosociologues est celui d'une secte religieuse américaine spécialisée dans les prophéties de fin du monde. La communauté avait plusieurs fois annoncé le jugement dernier pour une date précise, la dernière – les précédentes n'ayant rien apporté en matière de cataclysme – étant fixée au 21 décembre 1954, jour où la Terre devait être assurément anéantie sous le déluge, les membres de la secte étant préalablement secourus par une soucoupe volante. A la date prévue pour le sauvetage, c'est-à-dire quelques jours avant le 21 décembre, l'engin salvateur posa un lapin, les dirigeants expliquèrent que ce contre-



temps était dû à une panne du moteur spatial, et qu'il avait été décidé par le Tout Puissant pour éprouver leur foi, mais qu'un envoyé extraterrestre était attendu le 20 décembre pour conduire les fidèles à la soucoupe réparée. Mais la créature de l'au-delà ne fut pas au rendez-vous. La secte en conclut logiquement que sa foi avait été assez forte pour repousser le déluge, et en effet, sa prédiction se révélant exacte, la Terre ne connut aucune catastrophe générale le jour fatidique du 21 décembre. La foi des croyants fut solidement retrempée par ces événements.

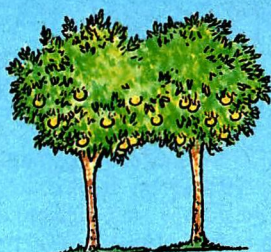
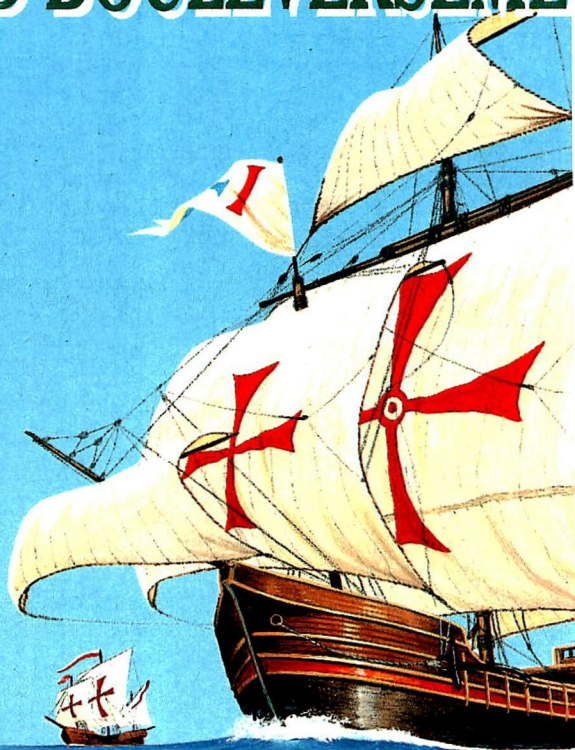
Avant cette date, Festinger et deux autres chercheurs, H. W. Riecken et S. Schachter, avaient proposé une analyse de la future dissonance causée par l'attente collective déçue. Pour eux, cette dissonance pouvait se résoudre d'une part grâce à un puissant soutien idéologique des membres de la communauté entre eux, en se persuadant mutuel-

(suite du texte page 158)

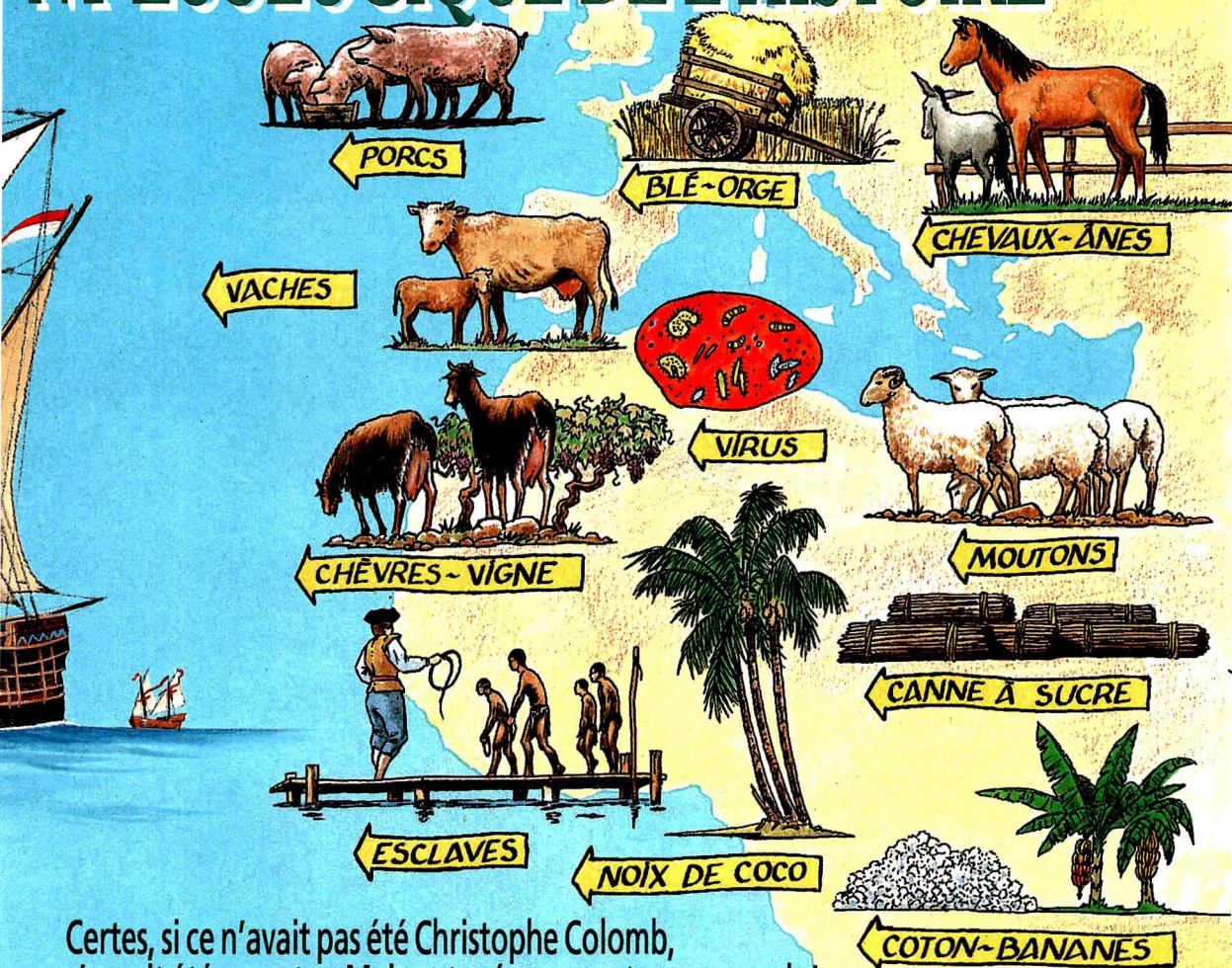


PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

LE PLUS GRAND BOULEVERSEME

**POMMES DE TERRE****PATATES DOUCES****PAMPLEMOUSSES****DINDONS****MAÏS****CACAO****TOMATES****ARACHIDES-MANIOC****SYPHILIS**

NT ÉCOLOGIQUE DE L'HISTOIRE



Certes, si ce n'avait pas été Christophe Colomb, ç'aurait été un autre. Mais notre époque est aux remords ! C'est ainsi que le National Museum of Natural History, à Washington, ouvre ses portes à une exposition qui est un véritable réquisitoire contre le "découvreur" européen : après son passage, des civilisations admirables ont été anéanties, des populations entières massacrées (davantage encore, d'ailleurs, par la variole que par les armes). Juste retour : en même temps que les tomates, les pommes de terre et le maïs, qui devaient modifier profondément les mœurs européennes, les conquérants rapportèrent aussi la syphilis ! Sans parler d'autres chaînes d'événements catastrophiques ou bénéfiques, imprévisibles dans la conscience de l'époque.

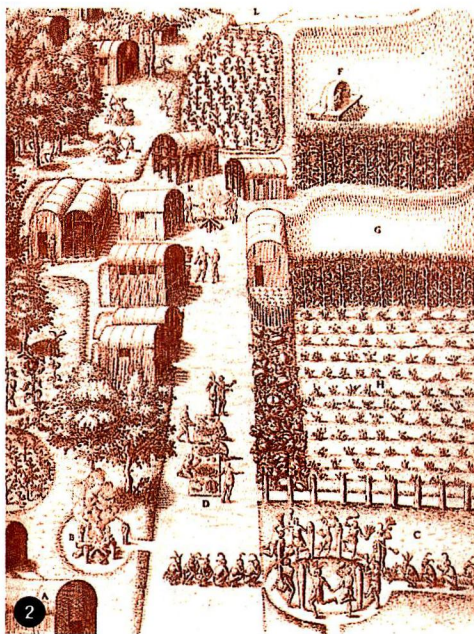


Les Aztèques, une magnifique civilisation exterminée...

on, Christophe Colomb n'a pas découvert le Nouveau Monde.» Cette surprenante affirmation se répète aujourd'hui parmi les descendants des indigènes et leurs nombreux sympathisants, qui ont décidé de refaire l'histoire en rectifiant les préjugés "ethnocentristes" des Européens.

Lorsqu'il a débarqué sur l'île de San Salvador, le 12 octobre 1492, l'Amérique était tout aussi ancienne que le Vieux Continent. Elle avait autant à offrir que l'Europe. Elle avait ses langages raffinés, ses arts, ses institutions, ses mœurs, ses religions spécifiques. Maintes espèces originales d'animaux, de plantes, de microorganismes s'étaient développées dans son immense biotope.

En réalité, Colomb a fait naître le Nouveau Monde. Celui dans lequel nous vivons aujourd'hui, et qui résulte de la synthèse entre les deux mondes antérieurs. Le processus dure depuis cinq siècles. A force d'habitude, nous n'en sommes plus conscients. Nous avons peine à imaginer une Italie sans sauce tomate, une Suisse sans chocolat, une Belgique sans pommes de terre frites, etc. Ou les Indiens privés de



chevaux. Mais ce sont en fait tous les aspects de toute la planète qui ont été plus ou moins profondément modifiés par la rencontre de deux mondes séparés depuis des millénaires.

Ce point de vue, assez surprenant pour les Européens, n'est pas seulement défendu chez les partisans de la "cause indienne", qui réclament justice et réparation pour les "vrais Américains" de l'époque colombienne. Il est à la base de réflexions, d'études, de manifestations, de propositions qui se multiplient dans les hautes institutions académiques. Par exemple, l'ensemble de travaux et de publications que le National Museum of Natural History, de la Smithsonian Institution, a organisé autour de son importante exposition en cours à Washington, Columbus Quincentenary⁽¹⁾.

Sans doute, les Américains du Nord et du Sud sont davantage intéressés et émotionnellement touchés que les Européens par l'épopée de Christophe Colomb. D'autant qu'elle sert de prétexte à des exploitations politiques variées. Cependant, la pléiade de

scientifiques, historiens, moralistes réunis par la Smithsonian ne manque pas d'arguments pour dire au reste du monde : vous êtes tous concernés. L'exposition présente plus de quatre cents objets, tout en se concentrant sur cinq thèmes principaux dont l'impact écologique a transformé les deux mondes : le sucre, le maïs, la maladie, le cheval, la pomme de terre.

C'est suffisant, souligne le Pr Herman Viola, historien à la Smithsonian et organisateur principal de l'exposition, pour en tirer les leçons vitales pour le présent et l'avenir de l'humanité, «maintenant que les décisions ont un prolongement immédiat autour du globe». En effet, la rencontre par ailleurs si fructueuse entre les deux mondes entraîna d'innombrables souffrances et destructions, de fatales conséquences en chaîne, même à cette époque où la terre était bien moins "globale" et solidaire qu'aujourd'hui.

Cela, parce que les découvreurs commirent deux péchés mortels contre la morale de l'écologie : «les Européens considérèrent les peuples d'Amérique comme une espèce de faune à domestiquer et à exploiter, et non comme des êtres humains détenteurs d'une histoire aussi riche et ancienne que la leur.» Et surtout, «ils ne comprirent pas la fragilité de [...] l'environnement américain. Ce que la nature avait mis

(1) Les principales études ont été publiées dans un luxueux volume, *Seeds of Change, a quincentennial Commemoration* (les graines du changement, une commémoration du cinquième centenaire) par les directeurs du programme, Herman J. Viola et Carolyn Margolis, The Smithsonian Institution, Washington DC et Londres.

... et l'Europe, un continent qui se pensait inégalable

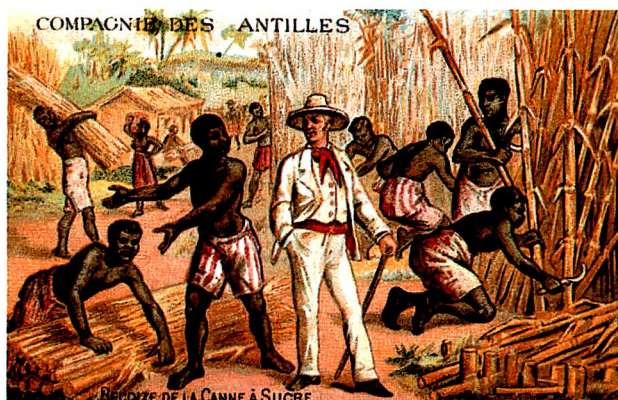


Le monde que Colomb avait découvert était loin d'être peuplé exclusivement d'indigènes "primitifs" comme peut le laisser croire le tableau d'Eugène Deveria représentant le navigateur reçu par ses commanditaires, les Rois catholiques Isabelle et Ferdinand (3). Une reconstitution au National Museum of Natural History à Washington montre la place du marché de Tlatelolco (1), cité aztèque décrite par un compagnon du conquistador Cortès. Un dessin de Théodore de Bry reconstituant un village indien de la côte est des Etats-Unis (2) montre que la vie sociale et l'agriculture pré-colombiennes n'avaient rien à envier à celles de l'Europe.



Trois cadeaux de l'Europe en partie empoisonnés...

Ces "dons" de l'Ancien Monde au Nouveau ont provoqué de profonds bouleversements dans le mode de vie des "Indiens", du nord au sud de l'Amérique. Les chevaux se sont répandus dans les plaines, transformant les autochtones paisibles en guerriers redoutables face aux centaures blancs, les cow-boys et les gauchos. Moutons et bovins, primitivement inconnus en Amérique, y sont devenus les principales sources de viande. La canne à sucre a pris la place des grandes forêts tropicales, et, surtout, donné naissance à l'esclavage.



des milliers de siècles à créer fut largement anéanti en bien moins de cinq», écrit encore Viola.

Une tonne de sucre coûte une vie d'esclave

Le grand chambardement écologique ne commençait pas exactement avec les trois petits navires de 1492. Mais, dès septembre 1493, la seconde expédi-

tion, forte de dix-sept bâtiments, déchargeait sur les plages d'Haïti — nommée par Colomb Hispaniola (petite Espagne) — environ 1 500 hommes, quelques femmes, une véritable arche de Noé : chevaux, vaches, cochons, couvées mais aussi blé, orge et beaucoup d'autres "semences du changement". En particulier, la canne à sucre.

Ce roseau était jusque-là cultivé sporadiquement de la Chine aux Îles Canaries, au sud de l'Espagne. Les plantations prospérèrent si bien sur Hispaniola qu'elles s'étendirent bientôt à Cuba, Porto Rico, la Jamaïque, et à la colonie portugaise du Brésil. Par centaines de milliers d'hectares, la forêt tropicale humide fut défrichée et consacrée à la précieuse canne.

C'est une culture avide de main-d'œuvre. Il faut préparer les sols, planter, désherber, récolter,

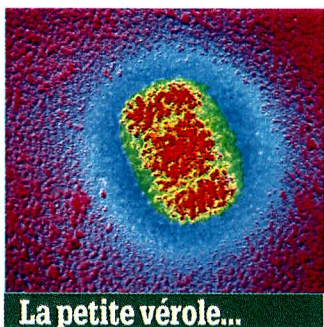
extraire le jus, préparer le sucre cristallisé et les sous-produits — au premier rang desquels le rhum, qui sera pendant quatre siècles la forme la plus commune de l'alcool. Les colons mirent donc les Indiens au travail forcé. Mais ce matériel humain local fut tout de suite détruit, à peut-être 90 %, par les épidémies importées d'Europe : variole, typhus, oreillons, rougeole, etc. On se tourna donc vers les ressources africaines. Dès 1505 débarquait le premier contingent d'esclaves noirs. Il en viendra à peu près 10 millions. Le sucre, jusque là un luxe coûteux, va être popularisé — son



... et trois de l'Amérique qui ont tout changé en Europe.

La pomme de terre, d'origine péruvienne, cultivée par des fermiers andins sur cette reproduction au National Museum of Natural History, est aujourd'hui un aliment consommé dans le monde entier. Ci-contre, la préparation de sauce tomate est une occupation devenue si traditionnelle en Italie qu'on a oublié l'origine américaine du fruit. Quant au maïs, représenté sur ce sifflet maya (550-900 de notre ère) enveloppant une divinité de la terre, il fut lui aussi importé des lointaines contrées d'Amérique.





La petite vérole...

apport énergétique dans l'alimentation des travailleurs sera indéniable — et va devenir une puissante industrie. Au prix d'une vie d'esclave par tonne, estime le Pr Viola, pour qui le sucre était devenu un fléau «nuisible à l'homme autant qu'à l'environnement».

Le même système — asservissement des Indiens puis remplacement par des Noirs — sera appliqué à la culture du coton et du tabac. C'est ainsi que la population originelle des Caraïbes a été complètement remplacée par une immigration forcée africaine. Et cela d'autant plus facilement que le maïs et le manioc américains, transportés et implantés en Afrique, y favorisaient la croissance démographique, laquelle alimentait l'exportation d'esclaves.

Ces transferts de populations — phénomène qui nous préoccupe beaucoup aujourd'hui — sont toujours complexes et présentent souvent des bizarreries. Exemple, l'île de Montserrat, baptisée ainsi en hommage au monastère espagnol où Colomb pria la veille de sa seconde expédition : celui-ci la trouva naturellement couverte de forêts tropicales, biotope auquel les Indiens Arawak étaient parfaitement adaptés. La végétation native fut remplacée par la canne à sucre, et la population éliminée. La force de travail fut alors demandée à une immigration irlandaise, chassée de son pays par les persécutions religieuses du roi d'Angleterre Henry VIII. Il y eut ensuite une arrivée massive d'Africains.

Ce qui fait que les Noirs composant la population principale de Montserrat ont adopté les traditions irlandaises. Ils parlent toujours l'anglais avec le bogue, l'accent typique de l'Irlande. Une ironie de l'histoire serait à ajouter aux analyses du Pr Viola : le pillage des métaux précieux. L'afflux d'or de l'Amérique vers l'Europe durant le XVI^e siècle servit à financer les Guerres de religion - lesquelles provoquè-



rent l'émigration irlandaise à Montserrat et celles de nombreux autres dissidents ou hérétiques. Tels les «Pères pèlerins», arrivés en 1620 en Nouvelle-Angleterre à bord du Mayflower.

La pomme de terre envahit le monde et remplace même le riz en Chine

Avec l'invention, à l'époque napoléonienne, du sucre de betterave, la plupart des plantations sucrières disparurent progressivement. Le Cuba de Fidel Castro n'a pas eu à se féliciter d'avoir fondé, dans la seconde moitié du XX^e siècle, une économie nationale sur le sucre de canne. Toutefois il est peu contestable que le bilan est largement bénéficiaire en ce qui concerne l'ensemble des plantes nourricières qui ont traversé l'Atlantique. Il faut se souvenir que les disettes chroniques, périodiquement aggravées par des famines, étaient la norme sur l'ensemble de la planète avant que l'industrie ne multiplie la production. Même si le développement est inachevé et inégal à travers les pays et les continents, les famines actuelles sont limitées et souvent d'origine politique plus que technique ou économique.

Au capital du Nouveau Monde qu'ils contribuaient inconsciemment à faire naître, les conquistadores versèrent les aliments européens essentiels, le blé, la vigne à vin (*Vitis vinifera*) et de nombreuses plantes savoureuses, melons, oignons, radis, oranges,



2

... contre la grande

Le virus de la variole (1), inconnu en Amérique avant le XV^e siècle, fut importé par un mousse de l'expédition de Colomb. Ce virus fut le plus puissant allié des Espagnols contre les autochtones qui n'avaient pas de défenses immunitaires à lui opposer. Les armes firent le reste. Retour des Amériques, l'équipage du grand découvreur rapporta le spirochète qui répandit la syphilis (2) dans l'Ancien Monde où il devint "le fléau de Dieu".

des Etats-Unis.

En effet, aucune plante facile à faire pousser ne rapporte autant de calories à l'hectare. La production végétale chinoise dépend à 37 % des espèces américaines : pomme de terre, maïs, patate

douce. Au plan mondial, maïs et pomme de terre (788 millions de tonnes en 1986) concurrencent désormais le blé et le riz (1 000 millions de tonnes).

Si le cacao ne constitue pas à proprement parler une nourriture de base, le chocolat est apprécié et consommé partout. Il symbolise bien la profonde transformation des habitudes alimentaires et des goûts traditionnels qu'a suscitée la découverte de l'Amérique, jusque dans les zones géographiquement et culturellement éloignées.

Et ce n'est pas fini, conclut William H. Mc Neill, professeur d'histoire à l'université de Chicago. Des ressources précieuses de la végétation américaine ne se sont pas encore diffusées. Exemple, le quinoa, le pepino, le babacos et plusieurs tubercules qui n'ont sans doute pas d'utilité réelle pour la surabondante production européenne, mais qui rendraient service aux agriculteurs du Tiers Monde.

D'autre part, outre les espèces elles-mêmes, il y a des méthodes de culture qui seraient utiles dans des régions impropres à l'agriculture courante. Ainsi, les "jardins flottants de Tenochtitlan", îlots de culture intensive dans l'ancienne capitale des Aztèques.

La situation est analogue pour cet autre apport de la végétation : les substances médicinales. La pharmacopée européenne adopta vite le quinquina, fébrifuge, stimulateur biliaire, anti-paludéen, abortif à

poires, etc. Ensuite, vinrent d'Afrique les noix de coco, la banane. Mais les Américains ne furent pas en reste, en offrant, outre les variétés de haricots et autres légumes, le manioc, l'arachide, la tomate, la patate douce, et surtout ces nourritures universelles que sont le maïs et la pomme de terre.

Cette dernière, apparue sur les hauts plateaux du Pérou, connut une diffusion relativement lente, compte tenu de son exceptionnel intérêt. Elle atteignit les côtes basques avant la fin du XVI^e siècle, mais ne toucha l'Irlande, pour laquelle cet aliment serait bientôt vital, que vers 1650. Les guerres de Louis XIV l'introduisirent dans l'actuel Benelux à la fin du XVII^e. Mais la méfiance atavique envers les dons reçus de l'ennemi ferait encore courir en Allemagne cent ans plus tard, à la veille de la Révolution française, la rumeur que les pommes de terre causaient le cancer.

Le Nouveau Monde issu de 1492 se caractérise, soulignent les experts de la Smithsonian, par le passage de l'économie "maritime" à l'économie "océanique". Le courant principal des échanges se déplaça graduellement des mers côtières, Méditerranée, Baltique, mer de Chine, etc. vers l'Atlantique — et aussi le Pacifique. Dès le début du XVI^e siècle, la pomme de terre parvenait en Chine. Aujourd'hui, sa récolte dans ce pays est trois fois supérieure à celle

l'occasion, bien avant que son principe actif, la quinine, soit identifié en 1820. Le bois de gaïac, antiseptique pulmonaire et urinaire, fut longtemps le seul traitement actif, avec le mercure, de la terrible syphilis rapportée par les conquistadores. L'importation du gaïac fit la fortune d'une des premières dynasties capitalistes modernes, les Fugger d'Augsbourg.

Là aussi, les ressources de la thérapeutique indigène sont loin d'être convenablement explorées. Négligées au profit de la chimiothérapie, elles bénéficient maintenant de la tendance aux médecines "naturelles" et "douces". Par exemple, le National Cancer Institute aux Etats-Unis a lancé des programmes "ethnobotaniques", prospectant les dernières tribus indiennes où survit de façon précaire l'ancienne culture précolombienne.

Le cheval amène la guerre et les hordes de porcs descendant des huit cochons de Colomb sont responsables de destructions irréversibles du Nord au Sud.

Les termes de l'échange, comme on dit aujourd'hui, sont beaucoup moins équilibrés dans le domaine animal. L'Amérique n'a guère apporté à l'alimentation carnée que le dindon — mot qui, comme "indien", a bizarrement conservé l'erreur, pourtant presque aussitôt dissipée, que les terres découvertes par Colomb appartenaient aux Indes asiatiques. Ni le lama, ni le guanaco, ni le condor ne sont sortis de leur biotope natif.

Au contraire, la faune européenne a envahi les continents Nord et Sud. On se figure difficilement une Amérique sans cow-boys et sans gauchos. Pourtant, le cheval était si inconnu, si inimaginable pour les Indiens qu'il fut d'abord une terrifiante arme secrète. Les Indiens les plus courageux se sentaient sans défense devant ces centaures qui, horreur suprême, se divisaient en deux à la fin des combats.

A noter qu'il est curieux que la reconstruction, d'ailleurs assez hasardeuse, de la ligne *Equus* situe l'ancêtre du cheval dans l'Amérique de l'ère tertiaire. Les descendants plus ou moins directs de ce *Eohippus*, qui avait la taille d'un lièvre, disparurent du continent américain il y a une dizaine de milliers d'années, et l'évolution se poursuivit de l'autre côté



L'Amérique sans Américains

D'énormes bouleversements démographiques et sociaux ont suivi la découverte de l'Amérique. Peu de populations américaines ont conservé leur mode de vie. Exception rare : les Garaounos (1), descendants de pêcheurs que Colomb avait rencontrés à l'embouchure de l'Orénoque, au Venezuela. Leurs villages sur pilotis, évoquant aux conquérants la lagune vénitienne, furent appelés Venezuela. Les autochtones de Haïti, eux, ont entièrement disparu, remplacés par des Noirs (2), descendants d'esclaves. La religion catholique (3) a été répandue, souvent sans douceur, par les colons Espagnols et Portugais.





Tartarin de l'Iowa

Le Colonel William Cody, mieux connu sous le sobriquet de Buffalo Bill, se vantait d'avoir tué 2 000 bisons dans une seule journée. Cela fait trois à la minute !... Au XVIII^e siècle, les millions de bisons noircissaient littéralement les plaines de l'Amérique du nord. Ils représentaient la principale ressource des Indiens des plaines. En quelques décennies, chasseurs, touristes et marchands de peaux réduisirent leur nombre à quelques milliers.

de l'Atlantique.

Le cheval moderne trouva un biotope idéal dans les grandes plaines du Nord et du Sud américains. Les conquérants ne réussirent pas à maintenir leur monopole. Dès le début du XVII^e siècle, "la plus belle conquête de l'homme" avait profondément transformé le mode de vie de maintes ethnies indiennes. D'agriculteurs semi-nomades, les peuples Sioux, Comanches, etc. devinrent des chasseurs de bisons, se déplaçant avec leurs tipis, derrière les migrations des troupeaux. Aux dires de nombreux européens, les Indiens des plaines devinrent les meilleurs cavaliers du monde, et de redoutables guerriers.

Le processus de civilisation développe généralement une attitude conquérante et volontiers destructrice envers la nature, par rapport à la mentalité tribale "primitive", prudente et soumise aux servitudes de l'environnement. Le dindon sauvage, dont Benjamin Franklin souhaitait faire le pacifique emblème des Etats-Unis — les autres chefs de la Révolution américaine préférèrent l'aigle impérial — était pratiquement anéanti en 1851. Le bison faillit dispa-

raître au début du XX^e siècle exterminé par les chasseurs de peaux ou les amateurs de massacre. Buffalo Bill se vantait d'en avoir abattu 2 000 en une seule journée. Cette fanfaronnade exprime l'immense incompréhension des réalités écologiques qui a persisté au long des millénaires de civilisation — et qui commence seulement à s'atténuer dans les nations les plus évoluées de la planète.

Cela dit, notre récente prise de conscience écologique ne nous permet guère de porter, même rétrospectivement, des jugements catégoriques. Les moutons, les ânes, les chèvres, les bovins d'Europe ont multiplié les ressources de l'Amérique, sans éliminer les espèces natives. Mais que penser de la véritable invasion que fut l'acclimatation du porc ? Christophe Colomb en avait apporté huit en 1493. Avec leur redoutable fécondité — deux ou trois portées par an, souvent d'une dizaine de porcelets — et une féroce omnivoracité, des hordes de cochons ne tardèrent pas à choisir la liberté. Se précipitant sur tous les végétaux et animaux mangeables, ils étaient un danger même pour les humains. En moins d'un siècle, des variétés de cochons sauvages avaient colonisé l'Amérique, de la Nouvelle-Ecosse à la Terre de Feu. Juste derrière les hommes, ils sont certainement responsables de détériorations irréversibles. Mais ils ont représenté aussi une source importante de nourriture.

Toutes les transformations que déclencha l'arrivée des conquistadores paraissent mineures et lentes, par rapport aux cataclysmes brutaux et implacables que furent les épidémies. Il est clair que la

conquête espagnole aurait été difficile, impossible peut-être pour des décennies, si le typhus, les oreillons, et surtout la variole n'avaient pas disloqué les "empires" fortement structurés et assez totalitaires qui occupaient l'Amérique centrale et du Sud.

La variole, populairement petite vérole, était endémique en Europe. Avec une mortalité de 10 % au XVIII^e siècle, elle frappait sans exclusive (Louis XV en mourut à l'âge de 64 ans) et couramment les enfants. Cependant, communiquée par les envahisseurs musulmans du VII^e siècle, la contagion avait été assez progressive pour que la population européenne développe une immunité suffisante. Comme on dit, elle faisait avec.

On croit savoir qu'elle fut apportée outre-Atlantique, en 1492, par le mousse Juan Népo-mucène. Toujours est-il que l'épidémie fut foudroyante. «L'épidémie passa d'un Indien à l'autre», écrit le dominicain Bartholomé de Las Casas, premier "évêque des Indes" et défenseur ardent des Indiens. «Comme ils étaient si nombreux, mangeaient et dormaient ensemble, la maladie infecta rapidement tout le pays. En peu d'années, il ne resta que quelques milliers d'indigènes en vie à Hispaniola, de toute cette immensité de gens qui vivaient sur l'île et que nous avons vus de nos propres yeux.» Enfin, des centaines de milliers d'Azèques périrent en 1519 et 1520, ouvrant la voie à la petite armée de Cortès. En 1525, la variole atteignit la région Inca. Lorsque Pizarre, après une première défaite, retourna sur les hauts plateaux du Pérou en 1532, la civilisation inca se relevait à peine d'une épidémie qui avait tué le Grand Inca, décimé son entourage, ravagé la population.

L'expansion du fléau fut telle que, bien loin au nord, les neuf dixièmes des indigènes avaient péri lorsque les Pèlerins fondateurs des futurs Etats-Unis débarquèrent sur les côtes du Massachusetts en 1620. Là encore, le processus n'est pas achevé. Plusieurs épidémies parmi les autochtones ont récemment signalé leur vulnérabilité persistante aux microbes importés d'Europe. En 1952, une épidémie de rougeole tua environ 7 % de la population à Ungawa Bay, au nord du Québec. Deux ans plus tard, une autre épidémie emportait un dixième des Indiens installés dans le parc national brésilien de Xingu.

Mais la rétorsion américaine — tout aussi involontaire et sans compensation militaire, celle-ci — fut terrible. Appelée vérole à cause de ressemblances superficielles des symptômes, la syphilis fut bientôt "la grande". Car si elle ne provoqua pas la fin d'une civilisation, comme "la petite" en Amérique centrale, elle eut néanmoins des conséquences culturelles spectaculaires.

La syphilis a laissé depuis l'Antiquité quelques traces localisées dans l'ensemble euro-afro-asiatique. Mais l'origine américaine de la souche virulente est indéniable. On a suivi sa propagation précise, depuis la remontée triomphale du Guadalquivir, en mars 1493, par la première expédition, aux cris de «Arriba Cristobal Colon». Les guerres d'Italie la répandirent en quelques années à travers toute l'Europe occidentale. Le roi de France Charles VIII en mourut en 1498, à 28 ans.

Dès l'Edit de Worms, promulgué en 1495 par l'empereur Maximilien I^{er}, le mal dit "français", "espagnol", "italien", etc. selon les susceptibilités nationales, était classé "fléau de Dieu". Jusqu'alors, la relation entre le péché et la punition divine était de nature morale, métaphysique. Soudain, elle devenait tangible. La luxure couvrait les corps de pustules hideuses. Les fautes des parents ne se bornaient plus à peser sur le destin futur des enfants ; elles les tuaient. «La maladie», écrit cyniquement l'historien allemand de la médecine H. S. Glasscheib, «réussit là où la prédication religieuse avait échoué.» Le corps fut frappé de malédiction. Les bains, institution conviviale qui avait survécu mille ans à la chute de l'Empire romain, furent proscrits. L'opposition entre la chair vile et l'esprit pur marqua la pensée et la sensibilité européennes. Le climat d'inquisition, de guerres religieuses, de prophétisme, de persécutions fit prospérer, comme dit l'historien an-

Le chocolat americano-europeo-africain

Cette image de la Compagnie française du chocolat montre un enfant blanc se préparant à ouvrir une caisse de chocolat, préparé à partir du sucre planté au Caraïbes par les Européens, récolté et élaboré par des esclaves noirs, et du cacao, d'origine américaine. L'enfant Noir, emplumé comme un Indien, symbolise cette multiple origine d'une friandise aujourd'hui appréciée dans le monde entier.





Le porc conquistador

Sur cette gravure, représentant quelques arbres, animaux et poissons des Caraïbes, on reconnaît des espèces indigènes comme l'agouti (voir notre article p 66), le tatou, le crocodile, l'opossum. Quant au porc, lui, il fut importé d'Europe et se répandit sur tout le continent américain, détruisant ainsi d'innombrables espèces vivantes.

glais Norman Cohn, "les démons intérieurs de l'Europe". Notre culture en reste profondément affectée.

Certes, les facultés adaptatives de l'organisme biologique et de la société apprivoisèrent dans une certaine mesure le fléau venu des Amériques. La syphilis a cependant «torturé l'Europe, puis le monde que celle-ci a dominé, durant près de cinq siècles». Il est possible qu'elle ait directement favorisé l'esprit et les techniques de domination. On a souvent soutenu qu'un des effets secondaires de la maladie est une période de surexcitation neuro-cérébrale. Effectivement, une forte proportion des créateurs scientifiques, artistiques, technologiques, des hommes de guerre et d'Etat, des leaders révolutionnaires ont été syphilitiques. On voit ici combien les processus écologiques pèsent sur l'histoire, sur la destinée humaine — bien au-delà de leur champ spécifique.

Les erreurs involontaires de Colomb : une leçon pour la conquête des planètes

La rencontre de deux mondes qui ont évolué séparément pendant des centaines de milliers d'années est un événement unique dans l'Histoire. Généralement, les contacts entre sociétés différentes sont étalés dans le temps et dans l'espace. Ils n'ont pas le caractère brutal, total et explosif de la collision culturelle euro-américaine de 1492. Il convient donc, insistent les experts de la Smithsonian, d'en tirer toutes les leçons.

Dans certains domaines, c'est fait. La recherche médicale a porté une attention extrême à la diffusion des maladies. Avant d'envoyer des sondes et des véhicules habités sur les autres planètes, la NASA les désinfecte scrupuleusement — pour le cas improbable où quelque chose, quelque'un pour-

rait être contaminé.

Mais, soulignent les experts de la Smithsonian, nous n'avons pas les mêmes soucis, les mêmes scrupules dans d'autres secteurs d'activités. Nous continuons aujourd'hui, concluent Steven King et Liliana Campos Dudley, qui ont contribué à l'exposition, l'œuvre prédatrice et destructrice des conquistadores. «Maintes "semences de changement" en agriculture et en médecine nous ont été données, nous l'avons vu, par les peuples qui habitaient le Nouveau Monde avant l'arrivée des Européens. Que leur avons-nous donné en retour ? La destruction de leur corps, de leur âme, de leur culture. Aujourd'hui, les survivants subissent la destruction de leur environnement

naturel par la main des Occidentaux...»

C'est, pour dire le moins, une présentation fortement idéologique du passé comme du présent. Il est certainement indispensable au développement équilibré de la planète que s'éveille la conscience écologique, mais elle ne le fera pas, ou elle le fera mal, si la science des cycles naturels devient une sorte de religion avec cultes et cérémonies pénitentielles. **«Au lever du soleil, le 12 octobre 1992», poursuivent les auteurs «un groupe d'écologistes se réunira sur la plage des Bahamas où l'on pense que débarqua Colomb. Ils conduiront une cérémonie funèbre à la mémoire de l'environnement naturel de l'hémisphère américain. Ils pleureront la destruction de l'héritage naturel et l'éradication de peuples entiers des Caraïbes. L'avenir de la Nature, tel que le prévoit ce groupe, est sinistre...»**

Une fois achevée la liturgie, que feront concrètement ces croyants ? Ils proposent que la "mentalité de conquête" qui a animé Colomb soit abandonnée, tout en soulignant que les besoins économiques, la croissance démographique, la mauvaise utilisation des terres et le nationalisme abusif continuent à dévaster la nature dans le Nouveau Monde, particulièrement dans les Andes et dans les forêts tropicales. Le développement, disent-ils, doit pouvoir être continu, sans dégrader l'environnement. Il doit tenir compte des connaissances et de l'expérience indigènes, et mener une action socio-politique efficace au bénéfice de l'environnement.

Et, de fait, la conscience rationnelle et active de l'écologie doit certainement devenir un impératif politique, une stratégie économique, une constante de l'éducation.

Alexandre Dorozynski

ECHOS DE LA RECHERCHE

ÉTHIQUE

Le cerveau humain est sous brevet !

La formidable bagarre en cours aux Etats-Unis sur les droits de breveter les gènes du cerveau humain ne semble pas retenir l'attention des médias européens. Et pourtant, elle intéresse l'Europe autant que les Etats-Unis.

La concurrence autorisée par les lois du marché sévit avec beaucoup plus de force outre-Atlantique que dans le Vieux Continent: en effet, de ce côté-ci de l'Atlantique, les structures administratives ne permettent pas autant de liberté aux capitalistes de la science. Mais il n'en demeure pas moins que nous pourrions, en France comme dans les autres pays de la CEE, être contraints un jour de payer le prix fort pour avoir utilisé des séquences génétiques de l'être humain aux fins d'en tirer des médicaments ou des traitements. L'affaire est donc d'intérêt universel.

L'affaire a commencé de façon bizarre: au cours de l'été 1991, le biologiste américain Craig Venter, du National Institute of Health, organisme fédéral, annonçait que le NIH se proposait de publier toutes les séquences de tous les gènes qui interviennent dans le fonctionnement du cerveau, au total une trentaine de milliers. Ces séquences ont été établies par un vaste plan du NIH et sous contrôle fédéral, appelé Human Genome Project. De plus, et c'est ce qui fit l'effet d'une bombe, Venter annonça, mine de rien, que les NIH se proposaient de breveter un millier de ces séquences par mois. Toute application tirée

d'une seule des séquences brevetées par le NIH se verrait appliquer une demande de royalties de 30 000 à 50 000 dollars, soit de 180 000 à 300 000 F. Entendez par là qu'aucun chercheur dans le monde n'aurait le droit d'utiliser les séquences génétiques publiées par le NIH sans payer une redevance à celui-ci. Ce qui est absolument "hénaurme", aussi absurde que si une maison de disques se proposait de breveter non l'enregistrement, mais le chant même des rossignols.

Tollé donc. Au Congrès, où l'on discutait de l'affaire, un membre de la commission responsable déclara qu'il faillit en tomber de sa chaise. Le plus paradoxal est que le généticien James Watson, qui dirige le Human Genome Project, a publiquement qualifié de *lunacy*, faribole, la tentative d'appropriation du NIH. Tollé également au département américain de l'énergie, qui finance en partie les travaux, et à Londres aussi.

Ce projet est jugé à la fois inepte et immoral. Inepte, parce qu'il y a d'autres savants dans le monde qui ont également établi les séquences en question et que la comparaison entre les séquences dont les Américains revendiquent la propriété et celles que d'autres savants ont

établies prendrait longtemps. Par exemple, si le projet américain avait abouti, les chercheurs de l'université de Kyoto, au Japon, qui viennent d'isoler un gène commandant la fabrication d'un récepteur de protéine mise en jeu dans la mémoire ne pourraient pas poursuivre leurs recherches.

Ce projet est également inepte parce qu'il paralyserait la recherche génétique internationale, qui se trouverait ainsi soumise à la dictature d'un organisme américain. Personne ne voudrait plus investir dans cette recherche, parce qu'elle deviendrait trop coûteuse, comme le relèvent d'ailleurs les critiques américains eux-mêmes.

Ce projet est immoral surtout parce que personne ne peut prétendre revendiquer la propriété de séquences génétiques humaines, ni animales ou végétales. Il serait tout aussi aberrant que l'appât du lucre fit que tel organisme ou tel autre prétendissent "posséder" des "brevets" de bactéries, de mouches, de souris ou de grenouilles utiles à la science et que nous n'aurions même pas le droit de copier.

Un tel projet doit être dénoncé, non seulement par les communautés scientifiques, qui ne sont plus seules maîtresses en la

matière, mais par la totalité des opinions publiques.

C'est un scandale qui, s'il aboutissait dans le sens souhaité par le NIH, ajouterait un chapitre à l'histoire déjà longue de l'infamie.

G.M

● **Un cancer auto-destructeur en guise de vaccin**: le professeur américain Steven A. Rosenberg a inoculé, en octobre dernier, à un malade un vaccin à base de cellules cancéreuses manipulées. Ces cellules, prélevées sur la tumeur même, afin qu'il n'y ait pas d'incompatibilité, sont ensuite modifiées en laboratoire de façon à ce qu'elles produisent une substance dite TNF (Tumor Necrosis Factor), qui détruit justement les cellules cancéreuses en même temps qu'elle attire vers le cancer les lymphocytes qui poursuivent l'action destructrice entreprise.

● **Le paludisme gagne du terrain**, on en a enregistré des cas dans des zones urbaines américaines (San Diego, New Jersey) chez des travailleurs immigrés. La recherche piétine et la maladie fait beaucoup plus de morts que le sida, un million d'humains par an.

NEUROLOGIE

L'odorat est bien lié à la sexualité

Un rapport entre le sexe et l'odorat a souvent été évoqué, mais il n'a jamais été avéré. L'étude d'une maladie peu connue indique toutefois qu'il pourrait être tout à fait réel.

La maladie est le syndrome de Kallmann, qui touche un homme sur 10 000 et seulement une femme sur 50 000 à 70 000. Il se caractérise par un défaut d'odorat, total ou partiel, associé à une absence de développement des organes sexuels à la puberté, ainsi qu'à de légers problèmes mentaux. Ces symptômes ne semblent pas reliés ; toutefois, ils sont causés par une même anomalie génétique, comme l'ont démontré simultanément un groupe de chercheurs de l'Institut Pasteur et un autre, d'Italiens et d'Américains (1). Le gène mis en cause est situé sur le chromosome X. Chez les "kallmanniens", il est soit absent, soit incomplet.

L'analyse de la protéine dont ce gène dirige la fabrication est intéressante : elle indique que le gène joue un rôle dans la migration des neurones au cours du développement.

Les neurones olfactifs et ceux qui produisent une hormone liée au développement sexuel, la CtRH, ont la même origine dans l'embryon, la région épaisse de la muqueuse ou placode olfactive à l'intérieur du nez. Les premiers restent dans le nez et envoient leurs axones jusqu'au cerveau, cependant que les seconds migrent jusqu'à l'hypothalamus quand le fœtus se développe. C'est un cas unique jusqu'ici de neurones du cerveau dont l'origine se trouve ailleurs que dans celui-ci.

Dans le syndrome de Kallmann,

tout le processus de communication est bloqué : les neurones olfactifs sont bien présents, mais leurs axones n'atteignent pas le cerveau, ils n'envoient pas d'informations à celui-ci et la personne ne sent donc pas d'odeurs.

Quant aux neurones à CtRH, ils existent aussi, mais ils sont restés dans le nez au lieu de migrer vers le cerveau et ils ne servent à rien. Ils ne fabriquent donc pas d'hormones.

La découverte de ce gène doit faciliter la compréhension de la mise en place du système nerveux chez le fœtus, mais aussi, d'un point de vue pratique, elle devrait permettre de diagnostiquer la maladie et de pallier plus tôt le déficit sexuel par injection d'hormones sexuelles, au lieu d'attendre la puberté.

On peut imaginer que d'un troisième point de vue, celui de la physiologie, elle devrait permettre de mieux comprendre les liens qui existent entre odorat et sexualité

F.B.

(1) Cell, 18 octobre 1991 ; Nature, 10 octobre 1991.

● **Harcèlement sexuel: les hommes aussi** en sont victimes, rappelle le sexologue Gilbert Tordjmann dans "le Quotidien du Médecin". Et il ajoute que le comportement en question, qui semble être devenu une nouvelle "cause sacrée" aux Etats-Unis, n'est pas le produit d'un désir, mais d'un sentiment de supériorité.

GÉNÉTIQUE

L'aube des vaccins génétiques se lève

Un type nouveau de vaccination a fait ses preuves sur l'animal : une équipe de l'université de l'Ohio, dirigée par Thomas E. Wagner, a en effet réussi à immuniser des souris contre un type de leucémie qui leur est propre, la leucémie murine, en empêchant le rétrovirus responsable de se répliquer dans les cellules que ce virus attaque, les lymphocytes.

Les rétrovirus sont des virus qui ont la particularité d'avoir un génome constitué, non d'ADN à double brin en hélice, mais d'ARN, qui est un simple brin relativement court. Lorsque cet ARN infecte une cellule, une enzyme, la transcriptase reverse, le transforme en ADN double. C'est sous cette forme qu'il s'intègre dans l'ADN de la cellule infectée. A ce stade, le

BIOLOGIE

Une première à l'École vétérinaire

L'Ecole nationale vétérinaire de Maisons-Alfort inaugure le remplacement de l'expérimentation animale par d'autres méthodes dans l'enseignement, le contrôle pharmaco-toxicologique et la recherche. Elle instaure ainsi une formation diplômante regroupant des enseignements théoriques et pratiques. La formation est intensive, à vocation internationale et se déroule sur quatre semaines réparties dans l'année scolaire, à l'Ecole même et à l'université Pierre et Marie Curie, suivies d'un stage d'une durée équivalente dans un laboratoire pratiquant ces méthodes. Parmi les organismes déléguant des enseignants qui collaboreront, il y a le CNRS, l'INSERM, l'INRA, l'Institut Pasteur, des grandes écoles, les facultés de médecine et de pharmacie, des universités françaises et étrangères. Certains cours seront donnés en anglais par l'université du Maryland, John Hopkins. Il convient de saluer cette première d'un intérêt scientifique considérable, sans parler évidemment de celui qu'elle présente pour les adversaires de l'expérimentation animale. Pour les renseignements et les inscriptions, ainsi que le programme détaillé, on s'adressera au Pr G. Mouthon, à l'Ecole nationale vétérinaire, 7 av. du Général De Gaulle, 94704 Maisons-Alfort Cedex.

Le syndrome de Paris

Il paraît que Paris rend malade, malade mental s'entend. En 1990, le Dr Hiroaki Ota a dû hospitaliser 139 Japonais que leur séjour à Paris avait affectés au point que deux d'entre eux ont tenté de se suicider.

virus intégré s'appelle un provirus; il sert de base à l'infection virale, car une autre enzyme, l'ARN polymérase, en tire plusieurs brins d'ARN; certains d'entre eux-ci ne seront que des répliques du brin original, d'autres seront utilisés selon leur fonction biologique fondamentale, celle des ARN messagers ou ARN m, qui est de servir à la production de protéines virales. Ces protéines une fois produites, il se produit un phénomène important: elles s'assemblent et forment des capsules dans lesquelles s'insérera le génome du virus. C'est ainsi que la réplication est accomplie.

On se dit depuis longtemps que, si l'on modifiait l'ARN m, on pourrait modifier certains mécanismes cellulaires et empêcher ainsi la cellule d'intégrer certains virus dans son ADN. Le moyen de modifier l'ARN m consiste théoriquement à lui greffer un brin complémentaire, synthétique, ARN AS (Anti-Sens), qui s'hybride avec lui.

Ce brin supplémentaire assure bien la production des protéines du virus mais, tel qu'il est après manipulation, il ne permettrait plus à ces protéines de former un virus. En effet, il ne reproduit pas le génome du virus. Ces protéines seraient alors inoffensives, parce que sans génome. Le virus, incapable de se reproduire, serait détruit par le système immunitaire. On peut donc dire que l'ARN AS est une sorte d'antirétrovirus.

L'idée était bonne, mais de réalisation difficile. L'équipe de Wagner y est pourtant parvenue: de l'ARN AS spécifique du rétrovirus de la leucémie des souris, ou murine, a été inséré dans des œufs de souris fécondés. Mais il a été inséré dans un point stratégique, en aval d'un promoteur n'existant que chez des globules blancs, les lymphocytes, car c'est là que s'insère le

virus de la leucémie murine.

Les œufs, réimplantés, se sont développés normalement, produisant une lignée nouvelle, dite une fois de plus transgénique, de 30 individus viables. Quand cette lignée a été infectée expérimentalement avec le virus, aucune souris n'a développé la maladie. Dans un groupe témoin de 30 autres souris ordinaires, 11 individus ont développé la leucémie.

Il est beaucoup trop tôt pour imaginer une extrapolation à l'humain. En effet, on ne sait pas, par exemple, quel serait l'effet des protéines produites, même si elles sont sans génome. Mais on songe quand même au Sida, et cela d'autant plus que trois chercheurs américains (Anderson, Blaese et Culver) ont, il y a quelques mois, tenté une application directe de ce principe à l'homme. Ils ont, en effet, infecté un homme avec un rétrovirus spécifique des lymphocytes porteur d'un gène modifié qui, théoriquement, devrait bloquer la reproduction du virus du Sida.

Par ailleurs, le Pr Steven Rosenberg, cancérologue américain, poursuit actuellement des essais cliniques sur l'homme d'un vaccin contre le mélanome.

On peut dire, en tout cas, que l'aube des vaccins génétiques se lève, et même, rapidement.

G.M. & P.R.

(1) Proceedings of the National Academy of Sciences, 15 mai 1991.

● **Le cerveau - la machine pensée**, tel sera le thème du colloque organisé par le Parvis, centre culturel de Tarbes, les 24 et 25 janvier prochains, avec, entre autres, Edgard Morin. Au programme: construction du cerveau, cerveau et comportement, les enjeux philosophiques. Tél.: (16) 62 90 08 55

C'est le Dr Ota qui a créé le concept ou nosologie de "syndrome de Paris". On serait tenté de penser que le dépaysement est particulièrement pénible aux Japonais. Mais notre confrère britannique *The Sunday Times* (1) rapporte que des résidents britanniques à Paris appellent régulièrement une organisation parisienne de langue anglaise, SOS Help, parce que la vie à Paris compromet leur équilibre mental. Pour un ingénieur informaticien anglais de 39 ans, par exemple, l'accumulation des incidents qui affectent les résidents à Paris peut conduire à la conviction qu'ils sont en butte à un système «implacable et malveillant». Les Allemands, les Scandinaves et les Américains sont également de cet avis.

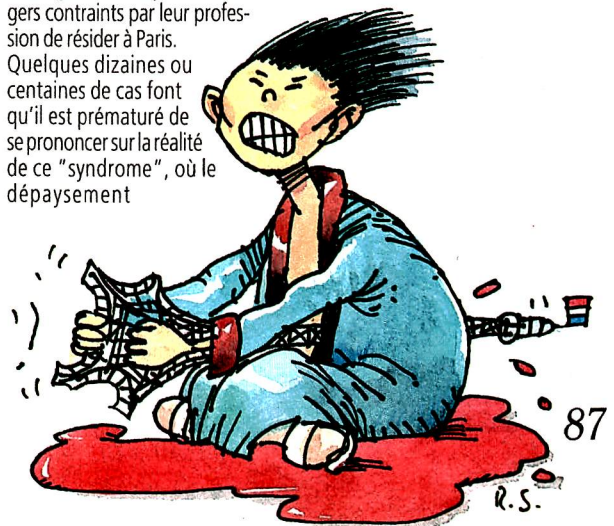
Une autre organisation de langue anglaise de secours moral, Message, installée à St-Germain-en-Laye, rapporte qu'elle reçoit de nombreux messages de désespoir d'étrangers contraints par leur profession de résider à Paris. Quelques dizaines ou centaines de cas font qu'il est prématuré de se prononcer sur la réalité de ce "syndrome", où le dépaysement

et la méconnaissance de la langue française peuvent jouer un rôle considérable. Mais enfin, il est vrai que Paris commence à souffrir de la réputation de ville peu accueillante. Et que, sauf à y remédier - d'une façon évidemment malaisée à définir - il faut craindre que la notion d'un syndrome de Paris finisse par s'implanter à l'étranger.

Reste à vérifier que ce syndrome de Paris ne soit pas une illusion pareille au syndrome de Stendhal, dont nous avons dans ces pages dénoncé l'absurdité (2). Il serait intéressant de savoir si les Français vivant à Tokyo ou à Mexico sans parler les langues locales ne souffrent pas, eux aussi, de certaines difficultés d'adaptation. Il y a toutefois des chances pour qu'ils aient de l'esprit et n'en concluent pas qu'ils souffrent de névrose exotique. G.M.

(1) 3 novembre 1991

(2) *Science & Vie* n°882, p. 52.



PHYSIQUE

Les trous noirs sont sans doute des tunnels

Dans *Alice au pays des merveilles*, l'héroïne tombe dans un puits et se retrouve dans un autre monde beaucoup plus condensé. On pourra y juger de la prescience déjà célébrée de l'auteur, Lewis Carroll, en matière de physique théorique.

En effet, l'on reprend avec un intérêt accru l'hypothèse selon laquelle les trous noirs, ces singuliers puits cosmiques où toute matière voisine s'engloutit à la suite de l'effondrement gravifique d'une étoile, pourraient donner naissance à des "fontaines blanches".

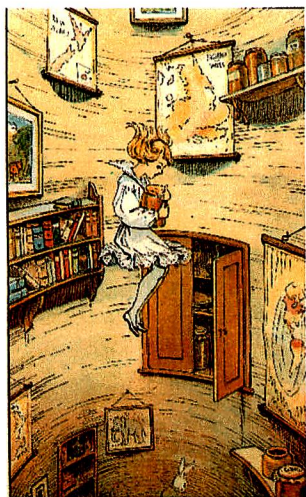
C'est-à-dire, comme le postule le physicien Amos Ori (1), que la matière absorbée par le trou noir n'est pas condensée à l'infini ; elle atteint à un état "plancher" qui se définit par trois paramètres : la masse du trou noir, sa charge électrique et son moment angulaire ; quatre paramètres, dit Ori, si les monopoles magnétiques existent. D'autres physiciens ont repris cette hypothèse, en faisant varier les paramètres et ils en arrivent à peu près à la même hy-

pothèse : les trous noirs produisent des tunnels qui aboutissent à des fontaines blanches desquelles la matière jaillit. Pour certains, toutefois, le tunnel n'est pas stable : il existe pendant un temps limité, durant lequel la matière prisonnière s'échappe soudain. G.M.

(1) Physical Review Letters, 67, pp.779-792, 1991 ; Nature, 24 octobre 1991.

● **La plus vieille mine connue du monde vient d'être découverte à Timna, dans le désert du Néguev, en Israël : d'une superficie de 10 km² et comportant un réseau très complexe de puits, tunnels et chambres souterraines, elle remonte à 1500 avant notre ère. On en extrayait du cuivre à forte teneur en étain. Ces mines semblent avoir été abandonnées environ 2150 ans plus tard.**

● **Epidémie de fièvre hémorragique au Venezuela, depuis fin 1989. Cette fièvre, due au virus Guanarito, un arnavirus, est comparable en gravité à la fièvre de Lassa. Ses symptômes sont toxémie, arthralgies, diarrhée, conjonctivite, troubles sanguins, hémorragies cutanées, maux de tête, œdème de la face, nausées et vomissements, douleurs thoraciques et convulsions.**



Par arrêt du 12 novembre 1991, la COUR d'APPEL DE PARIS (1^{re} Chambre A.) a déclaré les Docteurs BENVENISTE et DAVENAS bien fondés en leur action de diffamation par eux engagée à la suite de la publication dans le numéro 864 de la revue "Science & Vie" d'un article de Pierre ROSSION intitulé "L'affaire BENVENISTE a endommagé l'image des savants français".

MEDECINE

Lueurs sur l'athérome

L'athérosclérose est une des affections les plus répandues au monde, les plus mortelles aussi. Un Français sur cinq est exposé à un risque d'accident cardiovasculaire causé par les athéromes. On a tenté de relier ce risque au mode d'alimentation, mais il semble bien que le cholestérol alimentaire n'ait pas le même effet sur tous.

Depuis plus de trente ans, les hypothèses d'explication se succèdent au fil des travaux. Les deux informations que voici ne sont certes pas les dernières, mais les plus déterminantes, niais elles constituent quand même des progrès dans la connaissance de la maladie.

La première indique que l'un des signes précurseurs de l'athérome est l'apparition sur la paroi interne, ou endothélium, de l'artère d'une molécule qui sert à fixer les graisses ou lipides qui constitueront plus tard l'athérome. Ces molécules fixent sélectivement un certain type de globules blancs, les leucocytes mononucléaires. On ne sait pas comment apparaissent ces molécules, ni pourquoi elles fixent des leucocytes (1).

La seconde information porte sur le type de graisses qui se fixe sur les parois, et elle explique un peu la première. On sait que, dans le cholestérol, on distingue deux types de molécules

ou lipoprotéines : les HDL, qui sont lourdes et qui sont dites "utiles", les LDL, qui sont légères, et qui étaient déjà considérées comme nocives. Or, il apparaît qu'elles sont nocives parce que, lorsqu'elles sont restées fixées quelque temps sur la paroi artérielle, elles s'oxydent et, de ce fait, deviennent toxiques (2).

Normalement, elles devraient alors être éliminées par un type de globules blancs dits macrophages, qui remplit le rôle d'éboueur des tissus ; le macrophage avale ou phagocyte la molécule de LDL oxydée. Toutefois, le captage de LDL comporte fréquemment des avaries ; en effet, une fois qu'il a avalé le LDL, le macrophage n'est plus aussi mobile. Il a donc tendance à rester sur la paroi artérielle, où il s'enfonce, devenant ainsi un élément de plus dans la formation de l'athérome, car il n'a pas digéré la molécule de cholestérol qu'il a avalée ou ne l'a digérée qu'à moitié.

Hypothèse : l'appel aux leucocytes décrit dans la première information pourrait être causé par un mécanisme inflammatoire éventuellement causé lui-même par la fixation des premières LDL.

G.M.

(1) Science, 15 février 1991

(2) Tribune des donneurs de sang, n° 231.



ARCHÉOLOGIE

Une autre énigme du Sphinx

Quel est donc l'âge du Sphinx de Guizeh, près du Caire, cette majestueuse ruine dont la tradition disait qu'il avait été construit vers 2550 avant notre ère par le pharaon Chéphren, celui-là même qui se fit construire la deuxième des trois grandes pyramides voisines ?

Au défi de toutes les évidences et traditions, un égyptologue américain, Robert M. Schoch, avance que cette monumentale statue à corps de lion et à buste humain aurait été construite bien avant, entre 7 000 et 5 000 avant notre ère. Selon lui, Chéphren n'aurait fait que remodeler la tête, dont il semble établi qu'elle est un portrait de ce quatrième roi de la IV^e dynastie. Schoch se fonde sur le fait que les études géologiques du roc sous-jacent démontrent, en effet, une érosion bien plus ancienne que la date attribuée à la construction du monument. L'étude comparative entre l'érosion de la surface de la statue, qui est relativement récente, et celle du bloc de pierre sous-jacent, qui semble dater d'une dizaine de millénaires avant notre ère,

semble bien donner raison à Schoch. Si c'est le cas, la construction du sphinx devrait donc être attribuée aux civilisations prédynastiques égyptiennes, dont on ne sait presque rien. En somme, le Sphinx serait donc beaucoup plus vieux qu'on l'a cru.

L'hypothèse de Schoch, communiquée à une réunion de la Geological Society of America à San Diego, a déclenché un feu nourri de critiques d'égyptologues. Mais il faut rappeler qu'il n'est pas aisé de déranger des idées reçues.

Il semble pourtant qu'il faille évoquer ici une hypothèse d'archéologues égyptiens, publiée il y a plusieurs années : c'est que le bloc sous-jacent à la statue serait, en effet, bien plus ancien que son couvert. C'aurait d'abord été un rocher auquel

les érosions du sable et de l'eau auraient prêté une forme évocatrice d'un lion à buste d'homme. Il aurait déjà frappé l'imagination des civilisations prédynastiques, c'est-à-dire néolithiques, qui occupaient la vallée du Nil, à l'époque où elle était beaucoup plus humide qu'aujourd'hui. Et les sculpteurs prédynastiques auraient accentué une première fois son apparence anthropozoïque.

Puis Chéphren aurait, comme c'était fréquent à l'époque — les pharaons ne s'embarrassant pas de scrupules pour rebâtir leur image des monuments existants —, remodelé et "rafraîchi" la statue, lui prêtant ses propres traits. C'est-à-dire qu'à la fois Schoch et ses adversaires auraient raison : le Sphinx tel que nous le connaissons a bien été bâti par Chéphren, mais sur

un substrat qui serait beaucoup plus ancien.

Il fallut en tout cas bien des siècles pour que le symbole mythologique du sphinx prît corps, puisque ce ne fut qu'en 1500 avant notre ère qu'il fut repris par l'Asie et le monde grec.

G.M.

● Le delta du Nil est en cours de désertification

L'une des régions les plus fertiles d'Égypte n'est pas seulement rongée par la mer, mais encore ses lacs amers se réduisent et les dunes gagnent du terrain. Il y a un lien entre la disparition progressive des lacs, tels que celui d'Aboukir, qui n'existe plus, et l'avancée des dunes, c'est l'irrigation intensive pratiquée dans les terres agricoles.

ÉTHIQUE

Haro sur les gènes du candidat

D'ici à la fin du siècle, on aura presque achevé le formidable dictionnaire des gènes humains, dont l'inventaire est en cours, le Human Genome Project, commandé par le gouvernement des Etats-Unis. Comme l'organe crée aussi la fonction, en complément du principe inverse darwinien, on va s'en servir. Et pas seulement à des fins médicales.

En effet, en plus de la détection des gènes de la Maladie d'Alzheimer, de tel ou tel cancer, de l'athérosclérose, de l'obésité ou de toute autre maladie d'origine génétique (et leur liste s'allonge sans cesse), on entrevoit de s'en servir aussi à des fins juridiques, par exemple. Un cheveu, une trace de sang sur la scène d'un meurtre, et l'on confirmera que tel suspect est bien le coupable ou, au contraire, qu'il est innocent.

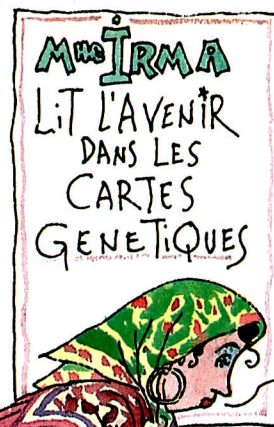
Bravo, si cela doit éviter des erreurs judiciaires. Mais voilà, les employeurs, gouvernements compris, de même que les compagnies d'assurances vont se jeter sur cet outil incomparable de contrôle de la destinée d'un individu. N'importe quel candidat à un poste ou à une assurance devra fournir quelques cellules de son organisme, qui seront immédiatement adressées à un service compétent de déchiffrement de son génome. Il sera aisé de repérer le ou les gènes qui présentent une anomalie. «Désolé, Monsieur (ou Mademoiselle), mais votre génome indique que vous êtes prédisposé à l'alcoolisme, au cancer de l'estomac, à la maladie coronarienne, à la névrose obsessionnelle et à l'obésité. Vous ne faites pas l'affaire.» Les sottises en cours sur le recrutement par trait "morphopsy-

chique" ou "graphologique" ou encore "astrologique" feront en regard figure d'aimables coquecigrues. Jamais la vie privée n'aura été une fiction plus creuse qu'à ce moment-là. Le secret intime de la vie sera étalé aux yeux de bureaucrates omnipotents (à moins qu'on ait découvert d'ici là le gène de la tendance à l'omnipotence).

Les employeurs invoqueront, comme prétexte à la nouvelle forme de discrimination, les risques de coûts élevés de santé pour l'entreprise, ce terme désignant d'ailleurs l'Etat lui-même aussi bien que les firmes privées.

Cette discrimination n'est pas du tout un épouvantail qu'agiteraient des esprits anxieux et frileux. La preuve en est qu'elle s'effectue déjà, aux Etats-Unis, à l'égard des travailleurs qui souffrent d'anémie falciforme, de déficience en glucose-6-phosphate, ou en alpha-1-antitrypsine. Le dictionnaire génétique général ne ferait qu'étendre la liste des causes d'exclusion.

La menace est d'ores et déjà assez précise pour avoir inquiété de nombreux organismes américains. En témoigne un récent éditorial du *Journal of the American Medical Association*, signé par le conseil de cette association sur les affaires



LA, JE LIS QUE CE N'EST PAS DEMAIN LA VEILLE QUE VOUS SEREZ EMBauché!



éthiques et judiciaires (!). La simple indignation morale étant généralement de peu de poids, ce conseil émet des objections plus conséquentes.

La première est que ce genre de discrimination ne fera pas l'affaire de la société. Elle ne fera, en effet, qu'accroître le chômage, ce qui n'est certes pas dans l'intérêt de la communauté. Il est bien difficile de trouver quelqu'un dont le génome ne présente pas une prédisposition à une maladie ou à une autre, car il faut bien mourir un jour et, sauf à mourir tous dans des accidents de la route, nous mourons le plus souvent de maladies.

La deuxième observation est que cette discrimination serait inique, car rien ne dit qu'en observant une hygiène de vie particulière, un malade ne tiendra pas en respect sa tendance au diabète, à la maladie coronarienne ou à l'importance qu'il d'autre. On ne peut condamner quelqu'un au chômage ou à des emplois inférieurs sous prétexte que son destin est gravé une fois pour toutes dans son génome.

La troisième observation est que les discriminations qui se faisaient déjà ne sont pas toujours justifiées. Le conseil du JAMA relève ainsi que l'exclu-

sion de l'industrie chimique des travailleurs souffrant d'anémie falciforme, par exemple, n'est basée sur quasiment rien.

La quatrième observation est que les progrès de la médecine permettent d'espérer qu'on guérisse justement les maladies d'origine génétique aussi bien que les autres.

Le conseil du JAMA recommande donc que les génomes individuels ne soient communiqués aux employeurs que lorsque les maladies décelées risquent de se déclarer très rapidement, d'être irréversibles et de devenir gravement invalidantes, et, surtout, que chaque candidat ait le droit de refuser qu'on établisse son génome sans que cela compromette ses chances d'embauche.

On veut espérer que les autorités françaises et européennes entérineront ce point de vue, et que ce vœu n'est pas seulement pieux quand on sait ce qu'il en est de certains fichiers.

G.M.
(1) "Use of genetic screening by employers", 2 octobre 1991.

● Les articles de cette rubrique ont été réalisés par François Boissier, Didier Dubrana, Pierre Rossion et Gerald Messadié.

● **Pas de bière pour les femmes allaitant**, pas plus que d'autres boissons alcoolisées : l'alcool augmente fortement l'odeur du lait et, corrélation ou conséquence, les nourrissons têtent moins.

● **Nessina, cousine de Nessie**, le monstre du Loch Ness ? Le biologiste russe Nikolai Gladikh, qui travaille en Yakoutie, en Russie orientale, a rapporté avoir observé à trois occasions dans le lac Khayyr une créature « à petite tête, à long cou reptilien, au corps bleu-noir avec un aileron dorsal le long de l'échine. » Il y a cinquante ans, déjà, deux pilotes soviétiques survolant le lac rapportèrent y avoir observé deux animaux semblables. Tritons géants, gros silures ? Ou visions nyctémérales ?...

● **Scandale aux Etats-Unis** : on vient d'établir que des valvules cardiaques artificielles fabriquées par la firme Pfizer étaient implantées sur des malades bien qu'on les sût défectueuses. Comportant des failles qui exigeaient leur rejet absolu, puisqu'exposant le porteur à une défaillance grave, elles étaient néanmoins "maquillées" de telle façon que la fissure passât inaperçue. Les valvules défectueuses, qui ont causé quelque 450 accidents et 300 décès (sur 86 000 implantées), étaient prétendument remises à un réparateur qui se contentait de les repolir. La falsification a été dénoncée par le "Wall Street Journal".

● **418 403 cas de sida** signalés à l'OMS par 163 pays. Estimations pour la France : entre 85 000 et 200 000. Estimations "réalistes" pour l'ensemble du monde : 1,5 million de cas.

RÉCOMPENSES

Voici les prix IgNobel

Le *Journal of the Irreproducible Results (JIR)*, mensuel satirique dirigé par une équipe de scientifiques de haut niveau, a procédé en décembre dernier, sous le patronage du célèbre Massachusetts Institute of Technology, à la première remise officielle d'un prix de son invention, baptisé "IgNobel".

Bien que sa fondation soit factieusement attribuée à un certain Ignatius Nobel, inventeur supposé d'un soda et parent jusqu'ici ignoré du célèbre Alfred Nobel, fondateur du vrai prix, le prix IgNobel est fondé sur un calembour, comme le remarqueront même ceux qui ne parlent pas l'anglais ; en français, cela donne le "prix Ignoble". Il est décerné à des gens qui, selon le compte-rendu de la cérémo-

nie publié par *Scientific American*, journal peu porté à l'invective, se sont distingués par les réalisations les plus "ignominieuses" de l'année.

Cette parodie est à prendre plus au sérieux qu'il n'y paraît, car cinq prix Nobel authentiques figuraient dans le jury : Glashow, Herschbach, Chivian, Kendall et Friedman.

Le prix IgNobel de chimie 1991 a été attribué à Jacques Benveniste, de l'INSERM, « prosélyte prolifique et correspondant fervent de *Nature*, pour sa découverte persistante que l'eau (H₂O) est un liquide intelligent et pour avoir démontré, à sa satisfaction, que l'eau est capable de se rappeler des événements longtemps après que toute trace de ces événements a disparu ».

Le prix de littérature a échu à

Erich von Däniken, auteur du *Chariot des dieux* et d'autres ouvrages qui racontent d'un ton sérieux que des extraterrestres ont autrefois visité la Terre (sans doute les grands-parents des Ummites dont nous parlions dans notre numéro de novembre dernier). Le prix de physique est allé, lui, à un authentique farceur, le physicien Thomas M. Kyle, du Massachusetts Institute of Technology et collaborateur du *JIR*, pour un inénarrable papier sur l'élément le plus lourd du monde : "l'administratium", qui comprend, selon son découvreur, un neutron, 8 neutrons-assistants, 35 vice-neutrons et 256 vice-neutrons-assistants...

C'est une bien belle invention que ce prix-là. Attendons la version 1992.

G.M.

ASTRONOMIE

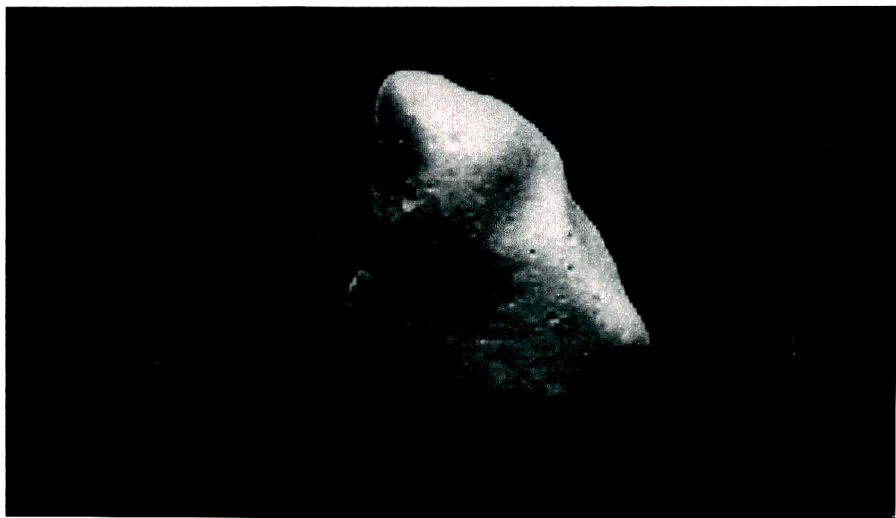
L'astéroïde qui nous menaçait

C'est à seulement 16 200 km de distance que l'engin de reconnaissance *Galileo* a photographié l'astéroïde que voilà, Gaspra. Celui-ci avait causé quelques frissons à la Terre en

raison de sa relative proximité (400 millions de km) et de sa taille (20 X 13 km). Pour les astronomes, ce bloc errant a déjà subi d'autres collisions, il y a de 300 à 500 millions d'années.

On admirera que *Galileo* ait réussi à prendre cette photo, son antenne principale, celle qui était destinée à photographier les satellites de Jupiter, ne s'étant pas dépliée.

G.M. ●



PAR GERMAIN CHAMBOST

L'HELICE RETRACTABLE

Il sort l'hélice pour décoller tout seul, sans être tributaire d'une voiture ou d'un avion à moteur pour le remorquer. Arrivé dans les airs, l'hélice disparaît dans le nez de l'appareil. C'est le premier motoplaneur de ce type au monde.

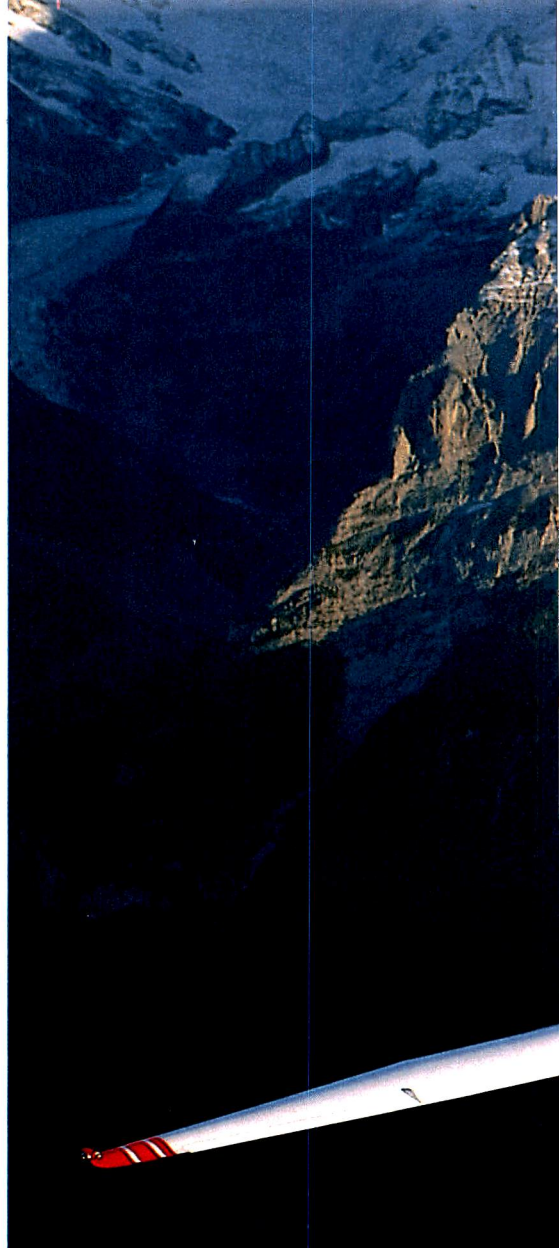


Par définition, les planeurs sont dépourvus de moyen de propulsion propre. Ils ne peuvent décoller ni s'élever seuls. Ils sont donc généralement remorqués par un avion à hélice, quelquefois par une voiture, qui les largue ensuite à bonne hauteur (arrivé là, le planeur décroche le câble, qui est treuillé par le véhicule tracteur), là où ils trouveront des ascendances atmosphériques qui leur permettront ensuite de gagner de l'altitude. Dotés d'une aile d'une très grande envergure, ils planent alors comme des oiseaux. Mais la nécessité de devoir faire appel à un remorqueur constitue un handicap évident pour les pratiquants de ce sport.

D'où l'idée du motoplaneur. Celui-ci conserve une aile de très grande dimension, mais il est doté d'un

petit moteur qui lui permet de prendre son envol de manière autonome. Libre ensuite au pilote de couper le moteur en vol, pour devenir vélivole à l'état pur. Pas tout à fait, cependant. Car la présence d'une hélice, ou d'un capotage moteur produit une trainée qui nuit aux performances de l'appareil, lequel plane beaucoup moins bien. Il faut savoir en effet que les performances du planeur sont dépendantes de ce qu'on appelle la finesse, rapport entre la portance et la trainée. Si la finesse est par exemple de 50, un planeur largué à 1 km d'altitude pourra parcourir cinquante kilomètres en vol plané avant d'atterrir. Avec une hélice et un capotage moteur, la finesse se trouve obligatoirement dégradée.

Sauf si cette hélice est rétractable en vol, et si le





moteur est complètement noyé dans le fuselage, sans rien, ou presque (les pipes d'échappement), qui dépasse à l'extérieur. Telle est l'idée qui a donné naissance au S10, motoplaneur conçu et réalisé par la firme allemande Stemme. Le moteur est placé en arrière de la cabine biplace, l'hélice, en avant, avec un arbre de transmission entre les deux. En configuration planeur, l'hélice est repliée à l'intérieur du nez de l'appareil. En configuration motoplaneur, le cône du nez s'avance, permettant à l'hélice de se déployer avant la mise en route du moteur. Ce moteur est un quatre-cylindres essence de 69 ch, qui consomme une quinzaine de litres à l'heure. En version standard, le réservoir contient 120 litres de carburant, mais il existe des versions avec un réservoir de 200

litres. En utilisation motoplaneur, le S10 peut alors parcourir 2 600 km, à une vitesse qui avoisine 200 km/h. Ajoutons qu'avec son hélice repliée et son cône de nez refermé, le planeur a une finesse de 50. De quoi faire rêver bien des vélivoles.

Mais pas seulement eux. Car la firme Stemme propose maintenant un modèle, le S10 VC, équipé d'une plate-forme d'observation aérienne unique. Il est en effet possible d'installer sous les ailes du planeur deux "pods" auxquels s'arriment deux conteneurs de forme ovoïde, pouvant emporter plus de 300 kg de charge utile, dont 100 kg dans les pods eux-mêmes. Dans ce cas, la finesse tombe à 40.

Les pods reçoivent des senseurs en fonction de la mission demandée: appareils photographiques, ca-

méras de télévision, capteurs atmosphériques, avec éventuellement des systèmes d'enregistrement, voire de retransmission vers le sol.

Le planeur lui-même peut être doté d'un système de navigation de précision pour le recueil des coordonnées géographiques sur les lieux d'observation. Un moniteur vidéo peut être installé dans la cabine biplace, qui peut recevoir, en plus du pilote, un observateur ou un scientifique.

Invisible aux radars. Photographie aérienne, surveillance d'installations sensibles (oléoducs, champs pétroliers), recherche et sauvetage figurent parmi les missions plus "spéciales", à caractère militaire par exemple, pour lesquelles la discrétion est de rigueur. Dans ce cas, le motoplaneur peut s'approcher de la zone à observer et, soit la survoler au moteur, dont le niveau de bruit est très faible, soit couper le moteur et replier l'hélice pour devenir absolument silencieux. Dans ce dernier cas, son autonomie est limitée par sa

capacité à planer. Mais point n'est besoin de survoler longtemps un point sensible pour le photographe. Outre son silence, le S10 VC, fabriqué en matériaux composites, est d'une furtivité quasi parfaite: il est indétectable au radar.

A la portée des scientifiques. Pour des scientifiques qui ont besoin d'effectuer des observations aériennes ou des prélèvements dans l'atmosphère, et dont les moyens financiers, on s'en doute,

sont très souvent limités, le S10 représente un intérêt supplémentaire inestimable: un prix d'achat modéré pour un appareil doté de telles performances, et un faible coût d'utilisation. Autant de raisons qui ont poussé les scientifiques suisses impliqués dans le programme d'étude de la pollution baptisé Pollumet à faire appel à un S10 VC durant la campagne d'observations estivales de 1991.

Pollumet a démarré en 1989, sous contrat de l'Office fédéral de la protection de l'air, et réunit une cinquantaine de scientifiques de plusieurs disciplines issus de certaines universités helvétiques et de l'Ecole polytechnique de Zürich. Cet été, le programme avait pour but de tenter d'établir la relation, si elle existe, entre les fortes concentrations d'ozone observées au-dessus du plateau helvétique situé au nord des Alpes en période estivale et les conditions atmosphériques générales sur cette région fortement peuplée, donc source d'une pollution importante industrielle ou urbaine.

Pour cela, Pollumet recueille les observations effectuées par des stations météorologiques terrestres

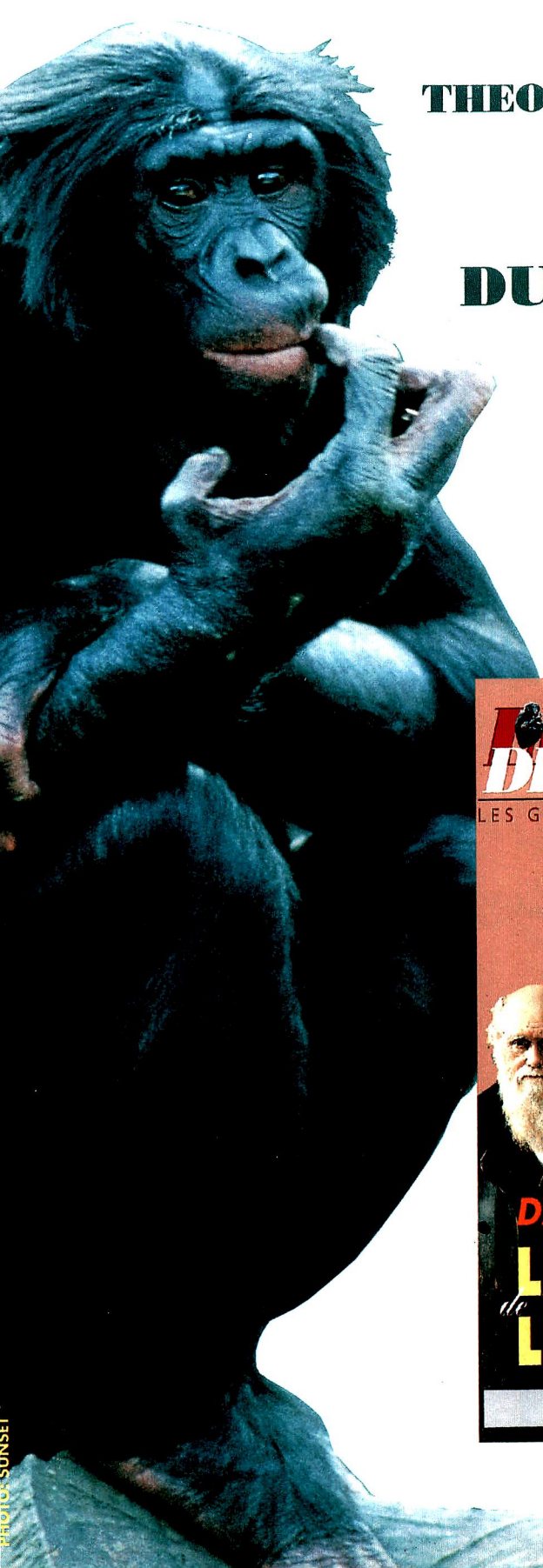
situées dans la zone considérée, par des ballons captifs porteurs de senseurs, par des ballons-sondes (jusqu'à 30 km d'altitude), par des radars ou des satellites, et enfin par un S10 VC mis en œuvre par une association créée à cet effet, METAIR. Avec ses deux pods sous les ailes, le motoplaneur avoisine 250 000 francs suisses à l'achat (200 000 francs suisses sans les pods). Et l'heure de vol moteur tournant revient à environ 200 francs suisses, (1FS = 4 FF environ). Ce qui est peu comparé à un avion classique à moteur ou à un hélicoptère (plusieurs milliers de francs français l'heure de vol).

Une plate-forme aérienne capable de se déplacer sur un trajet déterminé, à différentes altitudes précises pour y effectuer des prélèvements est en effet indispensable dans ce genre d'étude. Elle seule permet de compléter et recouper les observations réalisées depuis des stations terrestres par définition immobiles, tout comme les ballons captifs, ou par des ballons-sondes qui montent en altitude et dérivent au gré des vents. Durant l'été 1991, l'association suisse METAIR a pu ainsi établir des profils verticaux de concentration d'ozone, ou des relevés sur des itinéraires déterminés, à partir de l'aérodrome de Berne, où le motoplaneur était basé. Equipé d'un GPS (Global Positioning System, système de localisation par satellites qui fournit, à 10 m près, les coordonnées et l'altitude du véhicule qui en est doté), le S10 VC effectuait des vols de trois heures, limite imposée non par l'avion lui-même mais par la capacité des capteurs et des moyens d'enregistrement à bord. «Mais cela suffit amplement, estime Bruno Neininger, physicien et lui-même instructeur de vol à voile, qui occupait le poste d'observateur à côté de Willy Fuchs, le pilote. Au-delà, les conditions varient trop pour que nos observations soient cohérentes (...).»

Le S10 VC volait bien entendu au moteur. Pour des mesures qui portent sur les concentrations de polluants en altitude (ozone, oxydes d'azote, vapeur d'eau), on peut se demander si les gaz d'échappement du moteur ne risquent pas de fausser les mesures. Non, répond Bruno Neininger, car les pipes d'échappement sont situées très en arrière des pods qui portent les capteurs. Et les pods se trouvent eux-mêmes à deux mètres et demi de part et d'autre du fuselage. D'ailleurs, des vols comparatifs (moteur tournant et moteur coupé) effectués au-dessus de points déterminés ont fourni des mesures identiques. Le S10 VC confirmait bien ainsi ses qualités de plate-forme d'observation aérienne. Et si METAIR est la première association à l'utiliser dans cette version-là, nul doute que d'autres ne tarderont pas à en faire autant.

Germain Chambost

**Une plate-forme
discrète
et peu coûteuse
pour observer
la terre
et analyser
l'atmosphère**



THEORIE DE L'EVOLUTION: LE GRAND SCANDALE DU XIX^{ème} SIECLE

La théorie de l'évolution a deux parents. Jean-Baptiste Lamarck et Charles Darwin. Séparés par soixante-cinq années, ils ne se sont jamais rencontrés. Alors que leurs idées se ressemblaient beaucoup, le premier affronta l'échec, le second trouva le succès. Pourquoi, dans le remue-ménage des idées de la fin du XIX^{ème} siècle, leurs héritiers s'affrontèrent-ils si violemment ?
LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE retracent les controverses inouïes déclenchées par la question de l'évolution.

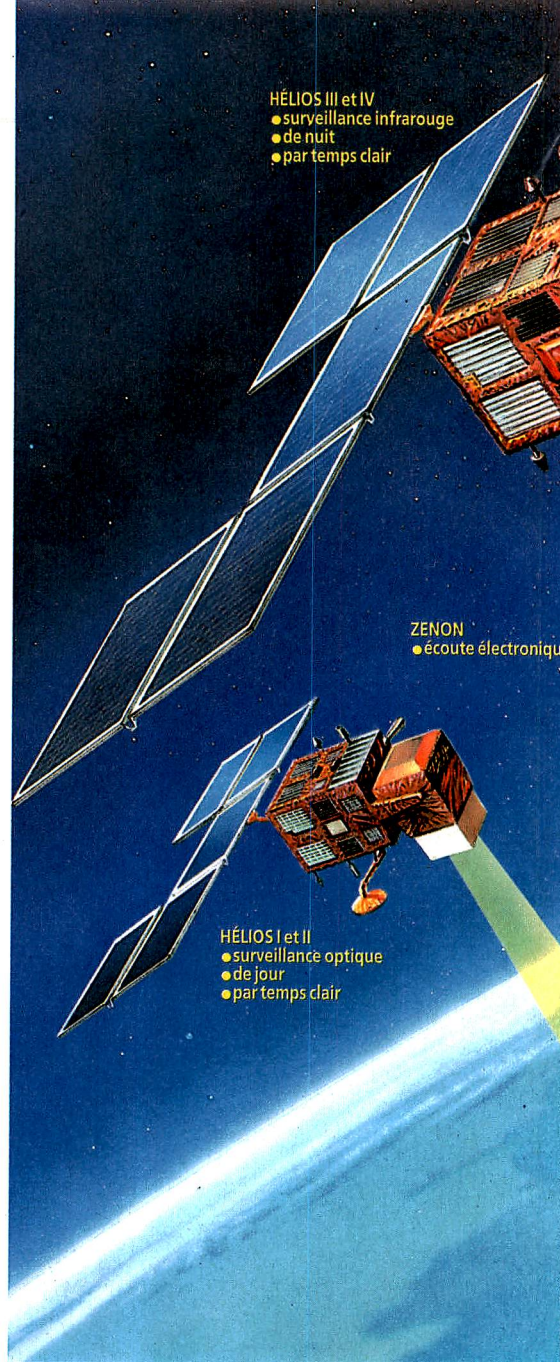


EN VENTE PARTOUT

PAR SERGE BROSSSELIN

L'ENNEMI MODERNE: AUSSI DIFFICILE A REPERER QU'UN MOUSTIQUE

La dissuasion nucléaire n'est plus adaptée à la guerre moderne. C'est le pavé de l'ours : on ne peut pas imaginer de détruire la moitié d'un pays parce qu'un opposant illuminé a envoyé un missile poussif sur Marseille. Ce qui devient nécessaire, c'est de détecter, à tout instant, ce genre d'ennemi minuscule et mobile. Voilà ce que nous a appris la guerre du Golfe. Et voici le programme très ambitieux de détection que les militaires français ont conçu.



Début janvier 1991, dans le bureau du président de la République, un émissaire de George Bush, le président des Etats-Unis, présente au chef de l'Etat un jeu de photographies provenant de satellites militaires. Elles montrent, à l'appui des arguments américains, ce qui va devenir le théâtre des opérations de la guerre du Golfe. La qualité et la précision des détails qu'elles permettent d'identifier sont impressionnants. Le président français, étonné, demande s'il peut conserver ces photographies. L'homme oppose un refus poli mais ferme,



OSIRIS
 ● surveillance radar
 ● jour-nuit
 ● par tout temps
 ● + observation météo

SYRACUSE II et III
 ● télécommunications militaires

illustrant un fait: la supériorité militaire a désormais changé de nature. Hier on refusait de communiquer les détails technologiques qui conduiraient à la maîtrise nucléaire, aujourd'hui on refuse les détails des techniques de renseignement militaire.

En ce début d'année, la guerre du Golfe allait ainsi jeter à la face des responsables politiques et militaires cette évidence nouvelle:

- les armes les plus redoutables, massives ou chirurgicales, ne servent à rien,
- sans les moyens les plus perfectionnés du rensei-

gnement militaire stratégique et tactique,

- et sans les techniques les plus fines de la guerre électronique.

La menace n'est plus ce qu'elle était. Jusqu'ici, la dissuasion nucléaire était l'arme absolue et suffisante de la France. Schématiquement, un ennemi ne peut se risquer à nous attaquer, sachant qu'il exposerait tout son territoire à des représailles nucléaires massives. Le message était destiné essentiellement aux forces de l'ex-pacte de Varsovie. Mais peut-on imaginer aujourd'hui supprimer la moitié de la Libye

parce qu'un responsable illuminé de ce pays — voire un opposant — aura envoyé un missile poussif semer la terreur dans la banlieue de Marseille? La dissuasion nucléaire, donc, n'est plus tout à fait adaptée. Et il est indispensable que les stratèges et les politiques français — comme les autres, notamment les européens — entreprennent une sorte d'état des lieux de la menace. Car de nouveaux dangers existent bel et bien.

● La stabilité du Moyen-Orient est loin d'être acquise, même si on commence à entrevoir des dispositions nouvelles de dialogue entre des ennemis hier enore irréductibles.

● Certes, en Europe de l'Est, la nouvelle donne semble avoir signé la fin de la guerre froide entre les deux Grands. Mais l'émiettement en cours de l'empire soviétique, avec les multiples tensions qui se font jour entre anciens membres de l'union, a fait apparaître un risque nouveau, celui d'une dissémination d'armes extrêmement dangereuses, voire d'armes nucléaires. Tel est d'ailleurs le sens de la hâte, à l'Est comme à l'Ouest, que les politiques mettent à vouloir diminuer les moyens nucléaires tactiques (armes dites du champ de bataille). Les nouvelles républiques indépendantes seront-elles tentées un jour de vendre leur technologie militaire au plus offrant, voire à des régimes aventuristes? Ou de les utiliser comme moyen de chantage politique?

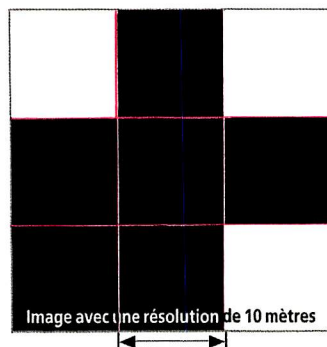
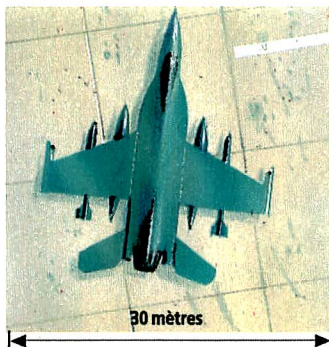
● Et que dire de la mise en place évoquée de véritables mafias militaires dans les ruines de l'économie soviétique?

our abattre un moustique, d'abord le repérer et l'identifier. Réveillé en pleine nuit par ses piqûres ou des bourdonnements caractéristiques près de votre oreille, vous vous levez, vous allumez et vous commencez à scruter l'air de la pièce. Vous apercevez un insecte volant ou posé, et vous l'abattez. Si votre vue n'est pas très bonne, votre moustique court toujours, et vous vous êtes très certainement acharné sur un moucheron, voire sur une petite saleté sur le mur de votre chambre. Aujourd'hui, les cibles sont de plus en plus mobiles, surtout les rampes de lancement de missiles, menace immédiate et très difficile à repérer: entre deux tirs, ces rampes autotractées peuvent parcourir de grandes distances et à grande vitesse. On les a vues tourner un temps en bourrique les importants

moyens aériens alliés mobilisés pour en venir à bout lors de la guerre du Golfe. Les engins mobiles les plus redoutés, ce sont, justement, les missiles de moyenne portée, tels les "Al Abbas", version irakienne de la première génération du Scud soviétique, de 900 km de portée, et plus généralement les missiles de 50 à 1600 km de portée, qui peuvent faire peser sur l'Europe entière la menace chimique, voire nucléaire sous la forme de "pseudo-bombes", efficaces surtout par la dissémination de déchets nucléaires après une explosion mal contrôlée.

Il est également de la plus haute importance — même si la menace est plus différée que celle des missiles — de repérer et de suivre un mouvement de troupes ou de blindés, ou d'identifier le quartier général d'un front, dont la destruction reviendrait à paralyser et désorganiser un pan entier de la stratégie d'attaque ou de défense ennemie.

Le repérage, l'identification et la surveillance en temps réel de telles cibles sont des opérations vrai-



ment complexes, et les moyens français actuels n'y suffisent pas, puisqu'ils se limitent pour l'heure à l'utilisation militaire d'un satellite conçu à des fins civiles, SPOT. Le seul avantage militaire de SPOT est la fourniture d'images stéréoscopiques qui permettent la mise au point de cartes de navigation en relief, très utiles pour les vols à très basse altitude d'avions d'attaque ou de missiles de croisière. Mais la résolution photographique est absolument insuffisante: 10 mètres. Or pour repérer une rampe de lancement il faut une résolution de l'ordre de 1 mètre (voir dessin ci-dessus). A ce degré de finesse, l'image permet de voir qu'il s'agit d'une rampe de lancement. Quand à identifier le lanceur en reconnaissant sa forme et sa taille, et différencier par exemple un Scud d'un Patriot, un missile offensif d'une rampe de missiles de protection d'une base aérienne ou d'une ville, la résolution nécessaire est de l'ordre de 10 centimètres.

Et SPOT ne voit le sol que de jour et par temps clair. Or l'observation photographique ne se limite

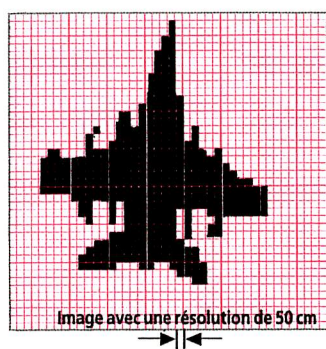
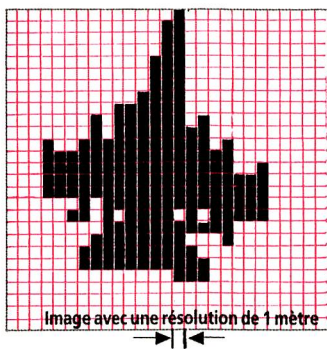
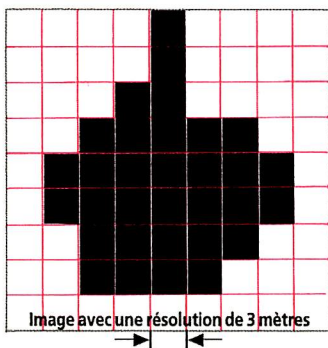
pas à l'observation dans le spectre visible. La vision de nuit et au travers des nuages requiert des satellites dont les caméras opèrent en infrarouge et en ondes radar.

Cela dit, les satellites ont une autre limite: le long temps qui s'écoule entre deux passages au-dessus de la zone à surveiller. En 48 heures, temps que mettent les satellites à défilement (les satellites géostationnaires sont trop hauts pour être utiles en observation militaire) pour boucler un tour de la Terre, bien des choses auront changé sur un front en période d'opérations.

De ce fait, les engins spatiaux d'observation sont actuellement considérés comme les moyens privilégiés de "temps de paix", avant une situation de guerre: recueil et établissement de documentation sur les sites d'opérations les plus probables, cartographie et étude des objectifs stratégiques. Dans une phase intermédiaire, en alerte pré-stratégique, ils permettront de rafraîchir les bases de données ainsi consti-

lios (Hélios 1 et 2), dont le premier sera mis à poste en mai 1994, l'autre restant en réserve au sol. Mais, limitée à l'observation de jour, la première génération d'Hélios ne semble pas devoir donner à la France une réelle indépendance en matière d'observation spatiale militaire. Leur pouvoir de résolution n'est pas non plus au niveau de ce que souhaitent nombre d'experts militaires: il est inférieur à 1 mètre quand, nous l'avons vu, il faut une résolution décimétrique. Hélios n'en sera pas moins sensiblement au même niveau de performance que les meilleurs satellites américains de la génération précédente: les Big Bird KH9, remplacés depuis par les KH11 et KH12 à vision nocturne.

Pour doter la France d'une capacité de détection tout-temps, Matra — maître d'œuvre industriel du satellite Hélios et de sa composante au sol (centre de commandement des fonctions du satellite en orbite et traitement des images reçues) — propose le lancement d'un programme Hélios de seconde généra-



tuées, et surtout de détecter les niveaux d'activités anormales. Lorsque la décision d'intervenir est prise, viennent alors les moyens du renseignement tactique, par exemple des avions de reconnaissance photographique — comme les SR-71 Blackbird américains ou leurs successeurs, ou encore les Mirage F1CR —, qui interviendront juste avant les missions, pour confirmer l'opportunité de celles-ci et affiner au maximum la précision des données sur les cibles à attendre.

L'observation de "temps de paix". La France vient de décider un ambitieux programme de satellites militaires. Pour commencer, elle poursuit dans ce domaine un programme de mise au point de satellites de surveillance optique et électronique. Il s'agit du programme SAMRO (satellite militaire de recherche et d'observation), rebaptisé en mai 1981 Hélios, du nom du dieu grec du Soleil. Le plan de programmation militaire spatial français (PPMS) prévoit la construction de deux exemplaires identiques d'Hé-

lios. Il s'agirait de développer deux satellites mixtes, Hélios 3 et 4, à capacité de détection optique et infrarouge, ainsi que d'écoute électronique. Ils pourraient être lancés en 1997 et 1998.

Une première mesure va peut-être consister en la mise sur orbite dès sa livraison, en 1995, d'Hélios 2. Outre que l'on évitera ainsi de se retrouver dans le black-out total si l'un des deux satellites venait à tomber en panne, le fonctionnement permanent de deux satellites réduirait à moins de 24 heures le temps d'accès à tous les sites observables.

En plus de leurs dispositifs d'observation, il est envisagé de placer d'autres "passagers" sur ces satellites:

- un système de télécommunications, pour augmenter le nombre de canaux disponibles pour les communications militaires, qui n'ont pas de priorité particulière sur les satellites civils existants;
- un système permettant la localisation des véhicules, qui permettra, en plus d'une image des objets

Sans quitter le sol, les pilotes survolent "vraiment" le ter

Avant une mission. Les données fournies par les satellites et avions de reconnaissance (1) sont corrélées avec d'autres, relevées sur des cartes géographiques (2), et intégrées sous forme de cartes numériques mémorisées dans un petit ordinateur à écran couleur (3). Pour chaque mission, l'équipage dispose ainsi d'une succession de vues du paysage qu'il aura à survoler, avec sa géographie, son relief, ses cours d'eau,

sa végétation, ses agglomérations, mais aussi les zones couvertes par les radars et les batteries de missiles ennemies (4 — flèche rouge, photo page ci-contre).

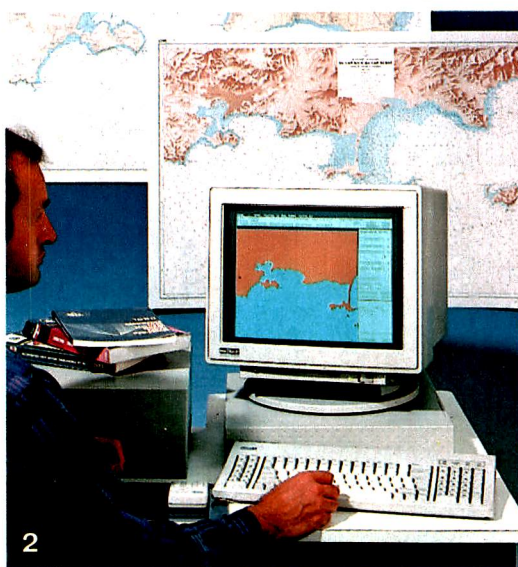
Ayant reçu mission d'attaquer et de détruire un objectif, le pilote s'installe devant son clavier, à la base aérienne, et pianote ses ordres. Il fait ainsi apparaître sur l'écran la carte numérisée de son parcours jusqu'à la cible qui lui a été assignée, à l'échelle choisie

par lui : au 1/500 000^e pour la navigation, par exemple, au 1/100 000^e pour la phase finale de l'attaque, lorsqu'il aura besoin de naviguer avec une extrême précision et donc de disposer de repères plus détaillés. Il peut faire varier les angles de vue en déplaçant la carte, "zoomer" (5, page ci-contre) sur telle ou telle partie, pour étudier un point particulier du trajet, faire apparaître une carte en relief (4 — flèche bleue, page ci-contre) qui lui présentera le "paysage" qu'il devra survoler plus tard, ou les zones couvertes par les radars ou les batteries de missiles ennemis, afin de les éviter ou de profiter précisément du relief pour se dissimuler.

Ayant défini son itinéraire et la

vitesse à laquelle il volera, le pilote choisit, au clavier sur une représentation à l'écran de son avion (4 — flèche jaune), le chargement nécessaire à sa mission : munitions, réservoir supplémentaires de carburant si nécessaire. L'ordinateur effectue tous les calculs et fournit au pilote ce que l'on appelle le log (le journal) de navigation, avec les coordonnées des points de repère, les temps de vol entre chacun d'eux, les consommations de carburant, les altitudes à prendre. Mais la production du système de préparation de mission va encore beaucoup plus loin.

Dans l'avion, en mission. Les avions de combat modernes sont équipés d'un "système de



au sol, de donner leurs coordonnées précises;

- des transmissions intersatellites (en utilisant les relais des satellites de télécommunications Syracuse, voir plus loin) pour réduire le temps d'accès aux informations. Il faut savoir, en effet, que sur une heure de fonctionnement, un satellite consacre 54 minutes (90% du temps) à envoyer les informations concernant 6 minutes de prises de vues.

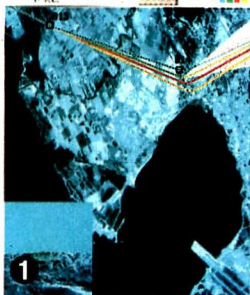
Ces satellites Hélios en projet ne sont pas, pour l'heure, dotés d'un système de conformation d'orbite, comme le sont les KH11 et 12. Ce système permet de commander au satellite de descendre temporairement sur une orbite beaucoup plus basse pour lui permettre des inspections rapprochées, et donc avec un pouvoir de résolution amélioré, sur certaines zones sensibles. Et, en cas de conflit, de passer plus souvent à la verticale du champ surveillé (puisqu'un satellite plus bas tourne plus vite). Le satellite peut

ensuite être remis sur son orbite nominale sans réduction de sa durée de vie (plus longtemps il reste en orbite basse, plus il s'expose au frottement sur les premières couches de l'atmosphère, qui le ralentiraient et finiraient par le faire décrocher de son orbite et tomber; pour éviter cela, et de toute façon pour remonter à l'orbite nominale, il doit mettre en marche ses moteurs).

Mais ce dispositif de changement d'orbite, très vorace en énergie, augmenterait très substantiellement le poids des satellites: sur un satellite de 16 tonnes environ, le carburant nécessaire représente 40% de la masse totale. Il en résulte un satellite trop gros pour qu'il puisse être lancé par Ariane 4.

La France n'est assurément pas le seul pays confronté à l'évolution récente des menaces militaires. Aussi d'autres pays européens ont-ils été invités à se joindre au programme Hélios. Déjà, les Italiens

itoire ennemi

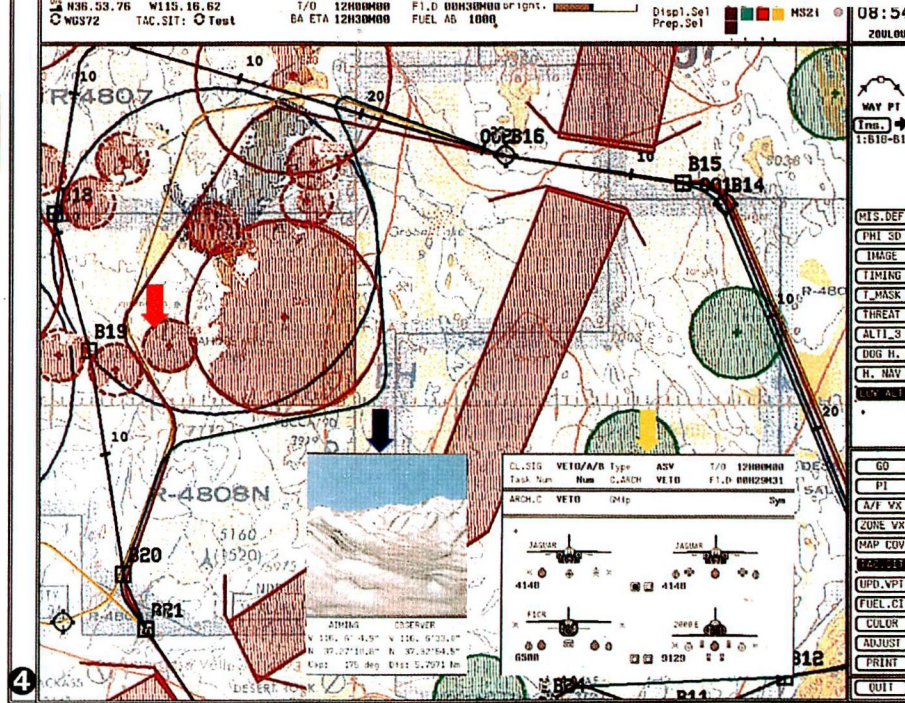


navigation et d'attaque". Celui-ci fonctionne à partir de centrales de navigation à inertie qui, recalées au point de départ en coordonnées géographiques, indiquent à tout moment à l'équipage sa position à quelques dizaines de mètres près seulement. Les centrales à inertie ont cependant un défaut... elles "dérivent" dans le temps, c'est-à-dire que leur précision diminue. Il faut donc les recalculer en vol. Lorsque la météo est dégagée, cela se fait en passant à la verticale de repères définis (un château d'eau, une usine, un lac) dont les coordonnées sont bien connues et permettent de comparer les indications des centrales avec celles du repère du point de recalage. De nuit, ou par temps

et les Espagnols y participent à hauteur, respectivement, de 14 % et 7 %. Et on parle aujourd'hui beaucoup de l'Allemagne et de deux autres partenaires européens possibles.

Avant l'intervention: l'observation tactique.

Quelles que soient les performances du projet Hélios, les moyens d'observation spatiale ne peuvent se limiter à la collecte de renseignement en temps de paix, ni même à la détection d'une évolution militaire significative de la possibilité de crise. D'autant qu'il faut de nombreuses heures pour que les données collectées de cette manière soient utilisables. On l'a notamment vu lors de la guerre du Golfe avec la logistique sophistiquée des missiles Patriot. Car à quoi bon disposer d'armes nucléaires dites pré-stra-



tégiques (les fusées Pluton, Hadès, le missile aéroporté ASMP de 100 à 500 km de portée), de missiles de croisière ultra-précis, ou de toutes sortes d'armes de haute précision dites "intelligentes", si on ne dispose pas au moment nécessaire des coordonnées des cibles, de renseignements sur leurs moyens de défense, et sur l'urgence qu'il y a à les "traiter"?

En France, pas encore de doctrine tactique cohérente. Des approches tactiques — c'est-à-dire concernant les opérations à l'échelle de la région ou du champ de bataille — existent, même si elles sont

Sans quitter le sol ... (suite)

couvert, cette tâche est confiée au radar de bord, qui permet de se recalculer sur des repères invisibles à l'œil du pilote. Le grand avantage de ce système de navigation et d'attaque est, bien entendu, qu'il rend l'avion capable d'effectuer sa mission quelles que soient les conditions exté-

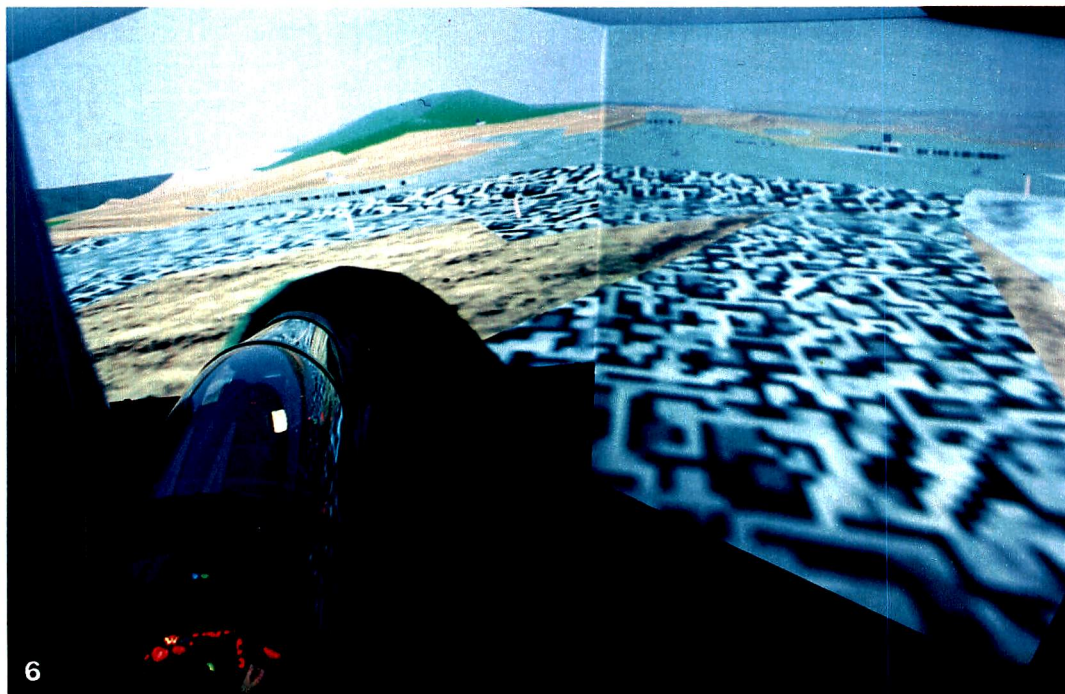
rieures.

C'est le cas du Mirage 2000 N (N pour nucléaire, car il est armé du missile ASMP, air-sol moyenne portée à tête nucléaire) de l'armée de l'air française. Le futur avion de combat Rafale pourrait aussi être équipé d'un missile ASMP, air-sol longue por-

tée. D'ores et déjà, le Mirage 2000 N, le plus moderne des appareils français actuels, est capable d'effectuer des missions dites de pénétration, c'est-à-dire d'attaque à très basse altitude, grâce à son radar de "suivi de terrain".

L'appareil peut voler ainsi de

manière entièrement automatique à 100 m à peine au-dessus du sol, évitant de la sorte d'être repéré par les radars ennemis. Le pilote automatique se réfère en permanence aux indications que lui fournit le radar de bord, lequel se charge de "voir" le terrain en avant de l'avion, pour fai-



partielles. Des satellites américains, désignés DSP, permettent par exemple, de détecter les départs des fusées grâce à la chaleur émise par les gaz de combustion. C'est grâce à eux que les forces alliées ont pu reconstituer les trajectoires des missiles Scud et de les intercepter, tandis que, parallèlement, l'on recherchait leur point de départ approximatif pour détruire les rampes de lancement. Ce système de riposte anti-missiles constitue un véritable traitement en temps réel de la menace. Les autres moyens de la stratégie spatiale militaire (autres satellites optiques, satellites X, satellites radar, etc. — voir plus loin) doivent être conçus en vue de cette utilisation tactique. Le ministre de la Défense Pierre Joxe le reconnaissait récemment, non sans amertume: «Ce sont les Etats-Unis qui nous ont transmis, au moment où ils le voulaient et sous la forme qu'ils désiraient, l'essentiel des informations nécessaires à la

conduite du conflit.» De fait, pour corriger cette carence, un ensemble cohérent de moyens d'observation militaires tactiques semble, en effet, devoir être rapidement mis en place. Plusieurs voies complémentaires (entre elles et avec les satellites de temps de paix) sont ainsi à l'étude. Elles ont été choisies à l'analyse de l'évolution des menaces. (Mais il n'a pas été vraiment mis au point, à ce jour, une doctrine solide — à l'instar de ce qui existe au moins en France pour la dissuasion nucléaire.)

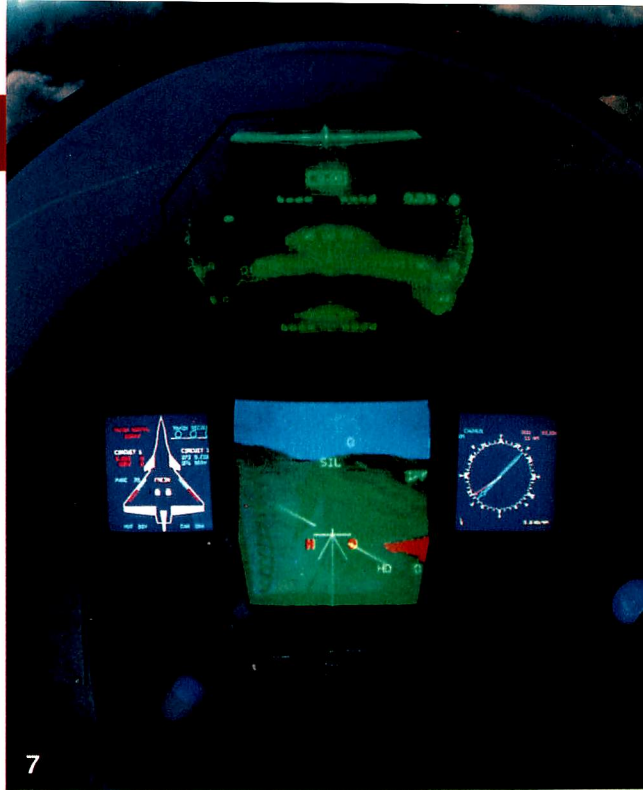
Des satellites d'écoute. La seule reconnaissance photographique — fût-elle infrarouge ou X — ne suffit pas. Le complément naturel à ces moyens souhaitables de reconnaissance à haute résolution, ce sont les satellites et les centres terrestres d'écoute électronique, que l'on désigne sous le nom générique de systèmes SIGINT (pour Signal Intelligence). En plus — ou à défaut — de repérer et d'identifier les cibles

re réagir l'avion en conséquence: monter, descendre, virer.

Il est alors possible de coller littéralement au relief, à cent mètres au-dessus du sol (la tour Eiffel fait 300 m de haut). Et à des vitesses dépassant les 1 000 km/h. A charge pour l'équipage de surveiller en permanence le bon fonctionnement du système de suivi de terrain. Et de suppléer ce dernier s'il tombe en panne. Dans ce cas, l'équipage se réfère à un profil de vol qui donne des hauteurs au-dessus du sol à respecter en fonction de l'itinéraire et du relief survolé. Là encore, c'est le système de préparation de mission qui calcule ce profil. Tout comme il fournit les images radar nécessaires pour effectuer les recalages des centrales de navigation, ainsi qu'il a été indiqué plus haut. Ces images sont calculées à partir des données cartographiques contenues dans la base de données du système lui-même, qui se présente sous la forme de mémoires à bulles magnétiques et MIP (modules d'insertion de paramètres), chargés par l'équipage dans le système de navigation et d'attaque de l'avion. Plusieurs sociétés françaises produisent à l'heure actuelle des

systèmes de préparation de mission, en particulier l'Aerospatiale, Dassault Aviation, Matra (en association avec la SEP au sein de MS 2i) ou la SAGEM. Le système CINNA 3 de MS 2i, notamment, a été utilisé durant la guerre du Golfe pour les missions des Jaguar et des Mirage F1 CR français. Il permettait aux pilotes de "visionner" en temps réel leur mission avant de s'envoler, grâce à des vues en trois dimensions obtenues à partir de données cartographiques numériques ou d'images du satellite Spot. Celles-ci furent d'ailleurs largement utilisées par les pilotes alliés, notamment américains, Matra contrôlant la société américaine Fairchild Space & Defense qui fabrique elle-même des systèmes similaires au CINNA 3.

Le simulateur de mission est le perfectionnement ultime de la préparation de mission décrite ci-dessus. Le système CIRCE, de la SAGEM, en service notamment au Centre d'instruction tactique de l'armée de l'air française implanté sur la base aérienne de Luxeuil, en Haute-Saône, est un bon exemple de ce qui se fait actuellement dans ce pays. Conçu et réalisé par Thomson, il



7

permet aux équipages de Mirage 2000 N, pilote et navigateur (que les militaires ont de plus en plus tendance à appeler officier de système d'armes, pour bien souligner sa spécificité) de répéter, de "rejouer" entièrement leurs vols de pénétration à très basse altitude et à grande vitesse, jusqu'à se familiariser avec les différentes étapes de la mission, avec leur relief, leurs points de repère, l'approche de la cible

et l'attaque finale.

Le simulateur de mission reproduit donc une situation de vol réelle (les écrans et cadrans de bord affichent à chaque instant les paramètres de vol réels, et réagissent en temps réel à chaque action du pilote) comme le font les simulateurs classiques sur lesquels les pilotes civils et militaires s'entraînent. Mais il restitue, en plus, la totalité de l'environnement opérationnel.

ennemies par leurs images, il s'agit là de les localiser et d'en connaître la nature et les intentions en captant leurs émissions électroniques. La programmation militaire française envisage à ce titre un projet techniquement très audacieux: un mini-satellite destiné à mesurer et transmettre les caractéristiques de fonctionnement des radars de défense anti-missiles adverses (radars ABM: *anti-ballistic missile*).

Baptisé Zenon, ce satellite aura une masse comprise entre 200 et 300 kg, mais n'en constituera pas moins une véritable plate-forme d'écoute électronique. Zenon graviterait sur orbite basse, et serait opérationnel dès 1999. D'un poids peu élevé, il pourrait profiter d'un lanceur pour le moins atypique, à l'origine mis au point aux Etats-Unis sur fonds privés: Pegasus. Ce lanceur a la particularité d'être largué d'un avion (un bombardier B-52) à haute altitude. Il accélère durant une courte phase en descente

puis bondit vers l'espace à très haute vitesse pour y satelliser sa charge (voir *Science & Vie* n° 874, p. 96). Moins cher et nécessitant des installations moins lourdes et moins vulnérables, l'ensemble Zenon-Pegasus pourra facilement être lancé à chaque fois qu'il y aura besoin de surveiller ponctuellement un endroit chaud de la planète. Par exemple le conflit en Yougoslavie, ou la crise politique au Zaïre, pour le cas où elle dégénérerait en guerre civile, avec éventuelle intervention d'un pays tiers. Les Américains prétendent ainsi avoir observé par satellite des attaques de stocks d'armes nucléaires de l'Armée soviétique par des intégristes musulmans dans les environs de Bakou, en Azerbaïdjan, en janvier 1990.

Une météo militaire. Deux autres programmes d'observation militaire tactique font actuellement l'objet d'études d'opportunité. Le premier concerne la météorologie militaire. La connotation pourrait

C'est-à-dire, pour le Mirage 2000 N, le vol au ras du sol. La fidélité dans la restitution du paysage et du relief survolés par l'avion est, évidemment, primordiale.

Ayant effectué sa préparation de mission au sol, l'équipage prend place à bord d'une cabine reproduisant celle d'un Mirage 2000 N, face à un écran composé de cinq panneaux juxtaposés (6 — page précédente), les hublots du cockpit, sur lesquels vont se projeter les images créées par cinq batteries de projecteurs. Celles-ci vont fournir une représentation réaliste de paysages réels (voir plus haut). A l'heure actuelle, la base de données du simulateur de Luxeuil couvre 500 000 km², soit l'équivalent de la surface de la France. Mais, bien entendu, rien n'interdit de l'étendre encore. Par exemple, pour les régions où les Mirage 2000 N seraient appelés à effectuer d'éventuelles missions réelles.

Dans le simulateur, pilote et officier de systèmes d'armes vont donc naviguer au-dessus de zones géographiques dont ils ont sous les yeux la représentation cartographique, sur un écran couleur à haute définition de 12 cm x 12 cm placé devant

eux, au milieu du tableau de bord. C'est ce que l'on appelle un écran "tête basse" (7 — flèche rouge, page précédente), par opposition au viseur "tête haute" situé à hauteur des yeux et qui fournit, entre autres, des indications de pilotage (7 — flèche jaune). L'écran tête basse est également utilisé pour projeter les images données par le radar de bord, les deux représentations — cartographique et radar — pouvant être superposées en place arrière, celle du navigateur, puisque c'est lui qui contrôle la conformité des indications fournies par les centrales à inertie avec les points de recalage visuels ou radar. Sur le Mirage 2000 N, la représentation cartographique de l'écran "tête basse" est obtenue à partir d'un chargeur contenant un film photographique de 20 m de long regroupant un millier de vues à différentes échelles sur la région du monde concernée par la mission. Chaque chargeur permet d'emmagasiner 55 m² de cartes. Le chargeur est choisi en fonction de la zone sur laquelle la mission va se dérouler et il peut être changé en vol si nécessaire. A l'heure où les budgets octroyés à la Défense sont en réduction, en

France comme ailleurs, le recours aux simulateurs de mission permet d'économiser sur le coût d'entraînement des équipages, sans que le réalisme de la mission ne soit en rien sacrifié. Les responsables du centre d'entraînement de Luxeuil ont pu ainsi calculer que, sur quinze ans, l'heure de vol en simulateur revenait cinq fois moins cher que l'heure de vol réel en Mirage 2000 N. Certes, à l'achat, un simulateur coûte le double d'un avion, soit quelque 250 millions de francs, un prix qui s'explique notamment par la puissance de calcul nécessaire au simulateur. S'ajoutent au prix d'achat les frais de maintenance, les rechanges, les frais de personnel, etc. Mais au total, le prix de l'heure "avion" atteint 75 000 F, contre 12 400 F l'heure de simulateur. Et celui-ci ne risque pas d'être accidenté et détruit irrémédiablement.

Pour le maintien en condition opérationnelle des équipages, il constitue donc un appoint de choix, au vu des résultats actuels. Même si, bien entendu, le vol réel représente une nécessité absolue, avec ses tensions et ses incertitudes, lorsqu'on file au ras du sol à 300 m/seconde.

Germain Chambost

DMSP. Une "charge" météorologique (2) pourrait cependant trouver sa place sur les satellites Hélios en vue de missions particulières.

Mais ni l'une ni l'autre solution ne satisfera l'ensemble des militaires. Pour eux la prévision météorologique ne sert pas seulement à décider du meilleur moment pour entreprendre une opération. La détermination précise de la force et de la direction du vent est particulièrement importante, car elle permet, par exemple, de prévoir les zones contaminées en cas de dissémination d'agents chimiques ou biologiques, ou de retombées nucléaires. Or aucun des programmes présentés jusqu'ici ne permet de mesurer les paramètres relatifs aux vents de façon régulière et dans l'ensemble de l'atmosphère terrestre, notamment du fait de l'impossibilité, dans l'état actuel de la science, de modéliser les

semblent curieuse, puisque celle-ci est la même pour tous, militaires comme civils. Mais le rôle de la météorologie ne cesse de prendre de l'importance dans le déroulement des opérations, au point de devenir spécifique.

La France pourrait entreprendre un programme original, là aussi basé sur des mini-satellites à défilement (mouvement apparent rapide par rapport au sol). Le système ainsi constitué rendra des services comparables à ceux des Tyros N américains, beaucoup plus lourds et évoluant à 5 000 km d'altitude. Ils pourraient couvrir la totalité du globe, y compris les régions polaires que ne peuvent observer les satellites géostationnaires du type Meteosat (fixes au-dessus de l'équateur).

Mais l'état-major donne actuellement la préférence à une solution plus simple consistant à utiliser les renseignements fournis par le réseau américain

échanges climatiques à l'échelle planétaire.

Des satellites d'alerte avancée, qui détecteraient instantanément tout tir de missile, au départ d'un quelconque point du globe (équivalent des DSP américains). C'est l'objet du second programme d'observation militaire tactique. Malheureusement, ce programme est pour l'instant plus un vœu pieux qu'un réel objet d'études. Car la position française est assez surprenante sur ce point. Un planificateur militaire indique en effet que «des sujets importants comme la surveillance des tirs de missiles balistiques, ou le développement de l'initiative de défense stratégique américaine (la guerre des étoiles) n'ont pas été pris en compte jusqu'à présent pour des raisons conceptuelles et financières. Ils n'en demeurent pas moins l'objet d'études et de suivis effectués au sein des groupes de coordination spatiale militaire».

Autrement dit: trop tôt (pas encore de doctrine tac-

tique), trop cher. Trop cher parce qu'un réseau de satellites de détection de tirs de missiles (par les ondes radar de leurs dispositifs de guidage, par exemple) doit permettre une surveillance tout temps, transmettre ses observations en temps réel (puissance de calcul énorme) et assurer une couverture géographique très étendue (très nombreux satellites). En plus, ils doivent être d'une fiabilité extrême, car une fausse alerte pourrait avoir des conséquences très graves.

Matra, en tous cas, a inclus une proposition concernant un système d'alerte avancée dans son "bouquet de programmes". Un projet de ce type pourrait en fait voir le jour dans le cadre européen de l'UEO (Union de l'Europe occidentale), tant les pays disposant aujourd'hui de missiles se font nombreux dans le monde: en plus des pays de l'Est et du Moyen-Orient, il faut compter notamment la Chine, le Brésil, la Corée du Nord, l'Argentine. L'Italie a fait connaître son intention d'aller dans le sens de l'Europe, elle qui garde vivace le souvenir de l'attaque libyenne d'août 1986 — heureusement ratée — contre l'île de Lampedusa avec (déjà) deux missiles Scud.

Et la menace sous-marine? C'est dans les océans, en effet, que se cachent les plus efficaces des vecteurs nucléaires: les sous-marins, force de frappe cachée et mobile par excellence. Un programme, officiellement civil, est entrepris dans ce domaine en coopération avec les États-Unis. On en sait très peu de chose si ce n'est le nom, Topex Poséidon, ce qu'en dit le ministère de la Défense, à savoir qu'il est «destiné à apporter une contribution non négligeable à l'étude de l'océanographie militaire depuis l'espace» et le fait qu'il permettra de mesurer les courants et l'état de la surface de la mer.

Des radars dans l'espace. Pour la détection des sous-marins, l'un des projets technologiquement les plus ambitieux consiste à extrapoler à l'espace un mode d'observation récemment mis au point sur les avions de reconnaissance: l'imagerie radar. Le radar présente des atouts remarquables comme moyen de détection par satellite: il se joue de la nuit, des nuages et des précipitations. Mais ce ne semble être que le moindre de ses avantages. On savait déjà, par exemple, que le satellite à imagerie radar civil Seasat (tombé en panne après 90 jours de fonctionnement) avait permis de détecter la présence de rivières souterraines dans le désert égyptien, ainsi que le déplacement de bancs de sable à 50 m de profondeur dans la Manche. Une "voix autorisée" avait plus récemment révélé que le satellite radar Lacrosse pouvait "voir" un objet enterré à une profondeur d'au moins 5 mètres sous terre.

Mais c'est un article dans la *Pravda* qui avait le

plus impressionné à ce propos. Il y était affirmé que les militaires soviétiques sont en mesure de détecter les sous-marins stratégiques américains en immersion, grâce au satellite Cosmos 1870 lancé en juillet 1987 (le prototype de la plate-forme Almaz)! Une information pour le moins sensationnelle — elle est de nature à modifier l'équilibre de la dissuasion nucléaire — mais qui peut-être n'avait pas autrement surpris le président américain de l'époque. Mikhaïl Gorbatchev aurait en effet informé Ronald Reagan, à l'occasion d'une réunion au sommet, de l'existence d'un "moyen spatial capable de repérer les submersibles américains en plongée profonde". Certes, le numéro un soviétique n'avait alors fourni aucune preuve de ce qu'il avançait. Mais tout de même, les spécialistes américains n'avaient pas caché leur stupefaction, a-t-il été rapporté, lorsqu'ils s'étaient vu remettre des images proprement étonnantes de la topographie sous-marine de la baie de Puget Sound (qui baigne la ville de Vancouver, au Canada, sur la côte du Pacifique), profonde d'environ 300 mètres.

Comment cela est-il possible, alors que l'eau de mer est conductrice de l'électricité et donc pratiquement opaque aux ondes radioélectriques? En fait, il semblerait que les prouesses de ces radars capables de cartographier des fonds marins par plusieurs dizaines de mètres de fond ne soient pas dues à la pénétration des ondes hyperfréquences dans le milieu océanique, mais à l'interprétation très fine de manifestations en surface dont la cause se situe quelques dizaines de mètres sous la surface.

Il semble bien qu'il sera difficile à l'avenir de se dispenser d'un tel moyen. Aussi le dernier programme envisagé est-il aussi l'un des plus ambitieux sur le plan technologique. Il s'agit du satellite militaire radar Osiris. D'une masse de 2,3 à 2,8 tonnes, il sera placé sur une orbite comprise entre 600 et 800 km. Le radar utilisé est dérivé d'un système mis au point pour la cartographie radar par avions de reconnaissance: il utilise la technique dite de "synthèse d'ouverture". Il n'est pas difficile d'imaginer — mais cela se démontre aussi par le calcul — que plus un radar, toutes choses égales par ailleurs (fréquences, puissances, etc.), doit être précis, plus son antenne doit être grande. Or impossible de dépasser certaines dimensions sur un avion ou un satellite. Pour le radar à synthèse d'ouverture, on profite du mouvement de l'antenne, de dimensions relativement réduites,

**Le satellite
Cosmos 1870
saurait repérer un
submersible en
plongée profonde**

pour simuler une antenne de très grandes dimensions. Il suffit, si l'on ose dire, pour cela d'envoyer les impulsions à des moments soigneusement calculés — c'est-à-dire à un point précis de la trajectoire de l'avion ou du satellite qui transporte le radar — et d'écouter leur écho à d'autres moments et selon des fréquences particulières. Le résultat, après transmission et calcul, est une image très fine, malgré la taille et la puissance limitées de l'équipement.

Le potentiel de ces radars est d'ailleurs tel qu'il est impossible même de transmettre la totalité des informations qu'ils recueillent, en raison du formidable débit que cela représente. Ce débit est bien sûr directement proportionnel au pouvoir de résolution du radar (plus l'image à envoyer est fine, plus elle contient de points élémentaires, ou pixels, qui sont autant de séries de coordonnées, donc d'informations, à convertir en impulsions et à transmettre à

une station de réception terrestre). Pour Osiris, le choix s'est porté sur une résolution au sol comprise entre 3 et 5 mètres, ce qui correspond à un débit de 50 mégabits/seconde. Il semble qu'il s'agisse déjà là d'une limite difficile à dépasser (au-delà de ce débit, les temps de transmission des données enregistrées grèveraient l'efficacité de l'observation). Le satellite Osiris ne fonctionnera ainsi probable-

ment pas plus de 10% du temps (pour les mêmes raisons évoquées plus haut à propos de satellites optiques).

Il existe un autre inconvénient de l'imagerie radar: celui du temps qu'il faut pour interpréter les images recueillies. L'ordinateur ne sait pas le faire, et il faut à un interprète spécialiste de la reconnaissance aérienne environ 15 minutes pour exploiter une image d'un million de pixels. Or l'imagerie numérique haute résolution fournit un millier d'images de ce type à la minute. Imagine-t-on 15 000 photo-interprètes travaillant 24 heures sur 24? Même si l'ordinateur peut aider à analyser de manière accélérée les images en fonction de critères préétablis quant aux formes et aux structures recherchées, il n'est pas raisonnable d'imaginer l'utilisation des satellites radar avec la même rapidité que leurs homologues optiques et infrarouges.

Mais, se jouant des conditions atmosphériques, le radar d'Osiris pourra détecter, en plus des objets mobiles métalliques (camions, chars, rampes de lancement, etc.), des aspérités naturelles ou artificielles

du relief (grands travaux, bâtiments, etc.) et des objets inaccessibles aux satellites optiques: lignes électriques, barrières de fil de fer, infrastructures métalliques diverses. Mieux encore, la superposition des images radar, optiques et infrarouges permettra une plus grande sûreté dans l'interprétation des photographies. De tels satellites seront donc très utiles dans la lutte anti-camouflage: en repérant les objets métalliques, il permettront de vérifier que l'avion ou la rampe de lancement apparaissant sur l'image envoyée par un satellite de surveillance optique est bien une arme réelle et non une baudruche. Il pourrait également, entre autres, donner la vitesse des véhicules se déplaçant au sol.

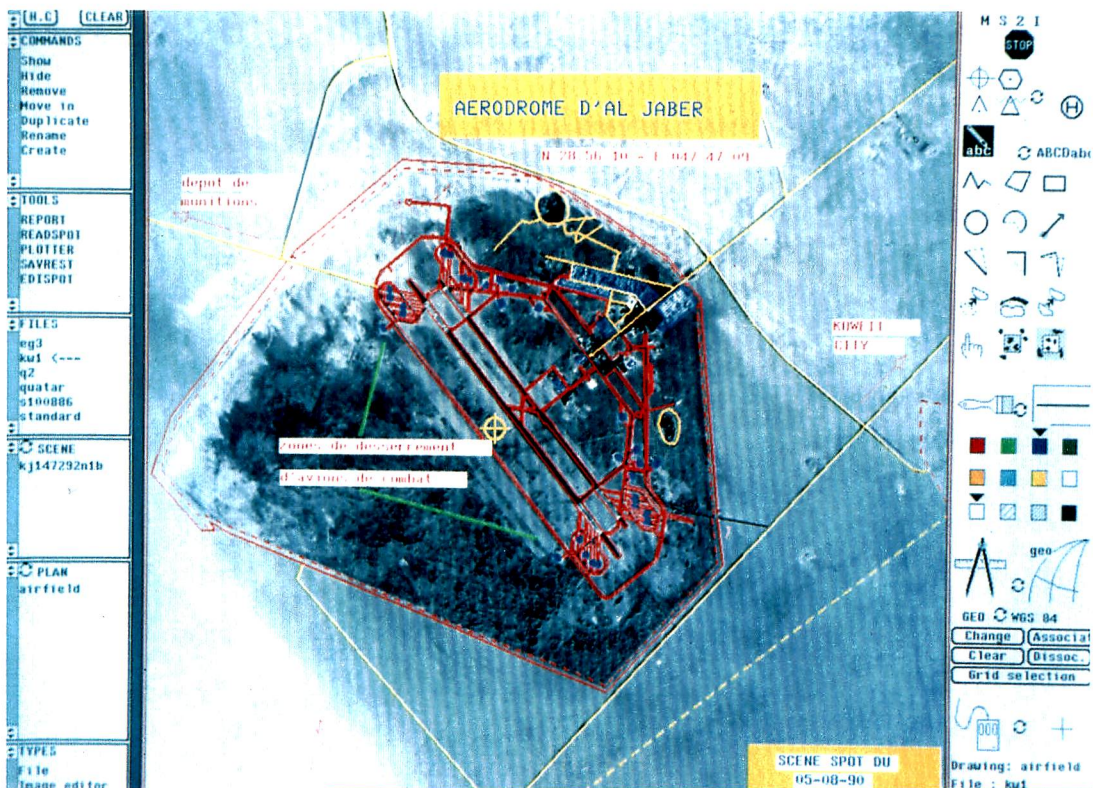
La fréquence radio de travail d'Osiris a déjà été déterminée. Il s'agit de la bande X (longueur d'onde de 3 cm). Ce choix s'explique par la haute résolution des images radar souhaitées et la plus grande maîtrise technologique des électroniciens dans cette bande de fréquences que dans les bandes C (5cm) et L (15 à 30 cm). L'antenne prévue est dite à "synthèse d'ouverture". Dans les radars classiques, c'est l'antenne tout entière qui tourne pour que son faisceau radar balaie l'espace à surveiller. Avec une antenne à synthèse d'ouverture, ce balayage s'effectue par un grand nombre de mini-antennes indépendantes qui rayonnent des ondes légèrement décalées dans le temps; les interférences produites par ce décalage dans l'écho reçu en retour fournissent une image équivalente à une antenne classique de très grandes dimensions. L'ensemble de ces mini-antennes constitue une "antenne synthétique". Cette technique, différente dans son principe de celle évoquée plus haut, permet elle aussi d'éviter les encombrants mécanismes de rotation. De plus, la taille réduite de l'antenne lui permet de tenir aisément dans la coiffe du lanceur européen.

Cette antenne synthétique devrait être disponible à l'horizon 1997-1998. La largeur de la bande d'observation au sol serait de 30 à 50 kilomètres à chaque passage. Dans le domaine radar (comme dans le visuel), la multiplication du nombre de satellites permet de réduire de douze heures à une heure le délai entre deux images successives d'un même site.

Il semble que ce soit d'ici à l'an 2000 seulement que pourra être appliquée une véritable doctrine de défense qui intègre tous ces systèmes (qui seront alors opérationnels) et qui soit complémentaire à la doctrine de la dissuasion nucléaire. Les moyens spatiaux seront alors complétés de leurs composantes terrestres — dont certaines sont évoquées ci-après pour mémoire —, elles aussi à des phases plus ou moins avancées d'étude et de développement.

● Radars transhorizon et codage d'espace. Ces ra-

Zenon pourra être lancé d'avion à tout moment pour surveiller ponctuellement les zones chaudes de la planète



On ne peut rien cacher à un satellite

L'aéroport koweïtien d'Al Jaber, occupé par les Irakiens lors du conflit du Golfe, a été photographié dans le détail par le satellite Spot. Des images comme celle-ci ont permis de préparer avec une extrême précision les missions des avions alliés.

dars terrestres de détection basse altitude sont à l'ordre du jour; ils utilisent la réflexion sur les hautes couches de l'atmosphère pour surveiller le ciel à grande distance, et surtout le RIAS, radar à codage d'espace qui a été longuement décrit dans ces pages (voir *Science & Vie* n° 881, p.84).

- Des moyens de trajectographie, télescopes et radars au sol permettant une observation détaillée des satellites, sont également à l'étude.

- Les télécommunications militaires seront améliorées, grâce au programme des satellites Syracuse. Le premier de la série partage ses fonctions avec le satellite civil Telecom. Un satellite mixte Telecom II/Syracuse II va corriger les limitations constatées du système actuel: puissance plus élevée, zones couvertes plus étendues et plus grande disponibilité sur le théâtre d'opérations (plus de place réservée aux communications militaires). Dans le futur, il est prévu un satellite Syracuse III, exclusivement militaire. Mais on parle déjà de développer ce système en commun avec les Européens (programme Eumilsat-com) ou au moins les Britanniques, qui devront remplacer leur Skynet IV en 2006. Il faudrait alors prolonger jusqu'à cette date les fonctions de Syracuse II.

Dans le domaine des satellites de télécommunications militaires, comme dans les autres programmes abordés dans cet article, la coopération européenne

est à l'ordre du jour: complexité, coût, besoins identiques des partenaires européens, tout semble pousser dans cette voie. L'Union de l'Europe occidentale pourrait constituer le cadre d'une coopération militaire spatiale, d'après le ministre de la Défense français, pour qui «la réalisation et l'exploitation en commun de systèmes spatiaux constituerait une avancée significative dans la construction de l'Europe de la défense». Mais la difficulté qu'il y eut à mettre sur pied des consortiums européens comme Airbus Industrie ou Arianespace donne une faible idée des aléas d'une telle entreprise, pourtant nécessaire.

Serge Brosselin

(1) Pendant la guerre du Golfe, les avions de reconnaissance tactique se sont révélés indispensables pour compléter les informations fournies par les satellites.

(2) Un satellite est un véhicule que l'on charge avec différents types d'instruments selon la mission que l'on veut lui faire accomplir. Certains seront équipés de relais pour transmettre des communications téléphoniques ou des émissions de télévision; d'autres embarqueront des caméras optiques, infrarouges, X pour faire de la télédétection militaire ou civile (état des récoltes, des forêts ou de la pollution, cartographie, détection d'essais nucléaires, etc.); d'autres encore, que l'on appelle des sondes spatiales, seront dotés de télescopes, de détecteurs de toutes sortes (ceux déjà mentionnés, mais aussi de rayons gamma, ultraviolets, etc.), et iront explorer l'espace ou survoler différents corps célestes.

PAR JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR

LES "TCHERNOBYL" SOUS-MARINS



Où vont les sous-marins nucléaires naufragés ? Au fond de la mer comme leurs semblables à moteur Diesel. Seule différence, dans ces tragédies, c'est que les sous-marins nucléaires relâchent dans le milieu marin une source formidable de radioactivité qui vient s'ajouter à celle des bombes et des missiles perdus, sans parler des fûts radioactifs qu'une douzaine de pays, le Royaume-Uni en tête, ont rejetés à l'eau pendant trente-six ans.

Dous ne trahirons pas un secret militaire en révélant que 510 sous-marins nucléaires sillonnent les mers du monde entier. A cette flotte, il faut ajouter 65 navires militaires et 10 bateaux civils à propulsion nucléaire. Ces tout derniers n'ont à leur bord qu'un ou deux réacteurs nucléaires qui servent à leur propulsion, mais les autres, sous-marins compris, transportent généralement des armes nucléaires sous forme de bombes ou de missiles.

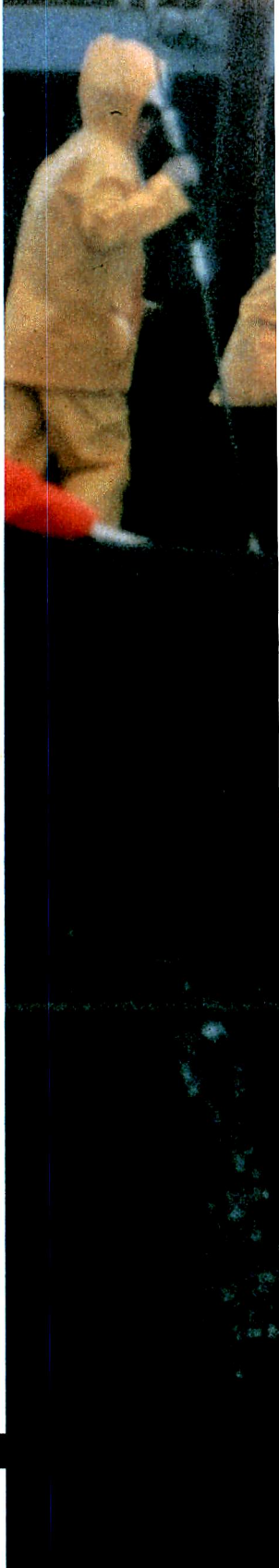
Lorsque le navire coule, avec ou sans sa charge, personne n'en parle. Idem lorsqu'une arme est perdue au cours d'une manœuvre. Les gouvernements nient d'abord les faits, puis, lorsque les preuves s'accumulent, ils finissent par reconnaître, par exemple, qu'un missile "non armé" a bien été tiré. Il n'y a que le grand public qui soit trompé par ces communiqués lénifiants, car les services secrets du monde entier savent, eux, très exactement ce qui s'est passé.

Dans le lot de sous-marins coulés, il n'est pas exclu que certains aient purement et simplement été envoyés à la casse. Une façon peu coûteuse de se débarrasser d'un matériel périmé ! La marine américaine l'avait fortement envisagé pour une centaine de ses bâtiments qui devaient être démantelés entre 1982 et 2012.

Pour la première fois, l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA), à Vienne, a tenté de recenser ces accidents. Ce travail, qui aurait été infaisable sans la détente, était destiné à la Conférence internationale sur la pollution marine qui s'est tenue à Londres du 25 au 29 novembre 1991. L'AIEA a retrouvé la trace de 31 accidents, pas moins, dont 16 ne sont d'ailleurs toujours pas reconnus par les pays

Comment s'en débarrasser ?

Des centaines de milliers de fûts contenant des déchets radioactifs ont été, comme ici au large des côtes normandes, purement et simplement "balancés" par-dessus bord.





La carte mondiale des épaves radioactives

Des déchets radioactifs ont été volontairement déversés dans une cinquantaine de sites marins répertoriés sur cette carte. Mais c'est surtout l'Atlantique nord qui a servi de poubelle aux Etats (voir p. 112 une carte, plus détaillée, des rejets européens).

Nous possédons peu de données sur les accidents en mer impliquant des matières nucléaires, secret militaire oblige. Voici néanmoins la liste de ceux que vient de recenser — pour la première fois — l'AIEA, avec toutes les imprécisions qui subsistent sur les quantités de radioactivité rejetées, la localisation précise et parfois même sur le nom du sous-marin coulé.

1. Mutsu (1^{er} septembre 1974). Fuite de radiations (neutrons), sur ce cargo japonais à propulsion nucléaire, due à des défauts de structure, à 800 km à l'est de Shiri-yazaki.

2. Avion américain B-36 (13 février 1950) équipé d'une arme nucléaire, perdu au large de Puget Sound.

3. Avion américain (10 novembre 1950) perdu, avec des armes nucléaires à bord, quelque part sous la mer en dehors des Etats-Unis.

4. Avion américain B-36 (18 mars 1953) perdu, avec des armes nucléaires à bord, au large de Terre-Neuve.

5. Avion américain B-47 (10 mars 1956) perdu, avec deux

capsules de matières radioactives, en Méditerranée.

6. Avion américain B-47 (5 mars 1958) équipé d'une arme nucléaire, perdu au large de la Géorgie.

7. Avion de chasse américain F 102 (mi 1960) équipé d'un missile nucléaire, perdu dans la baie de Haiphong.

8. Missile intercontinental américain (ICBM Thor Rocket) (4 juin 1962) tombé en mer près de l'île Johnston, lors d'un tir d'essai.

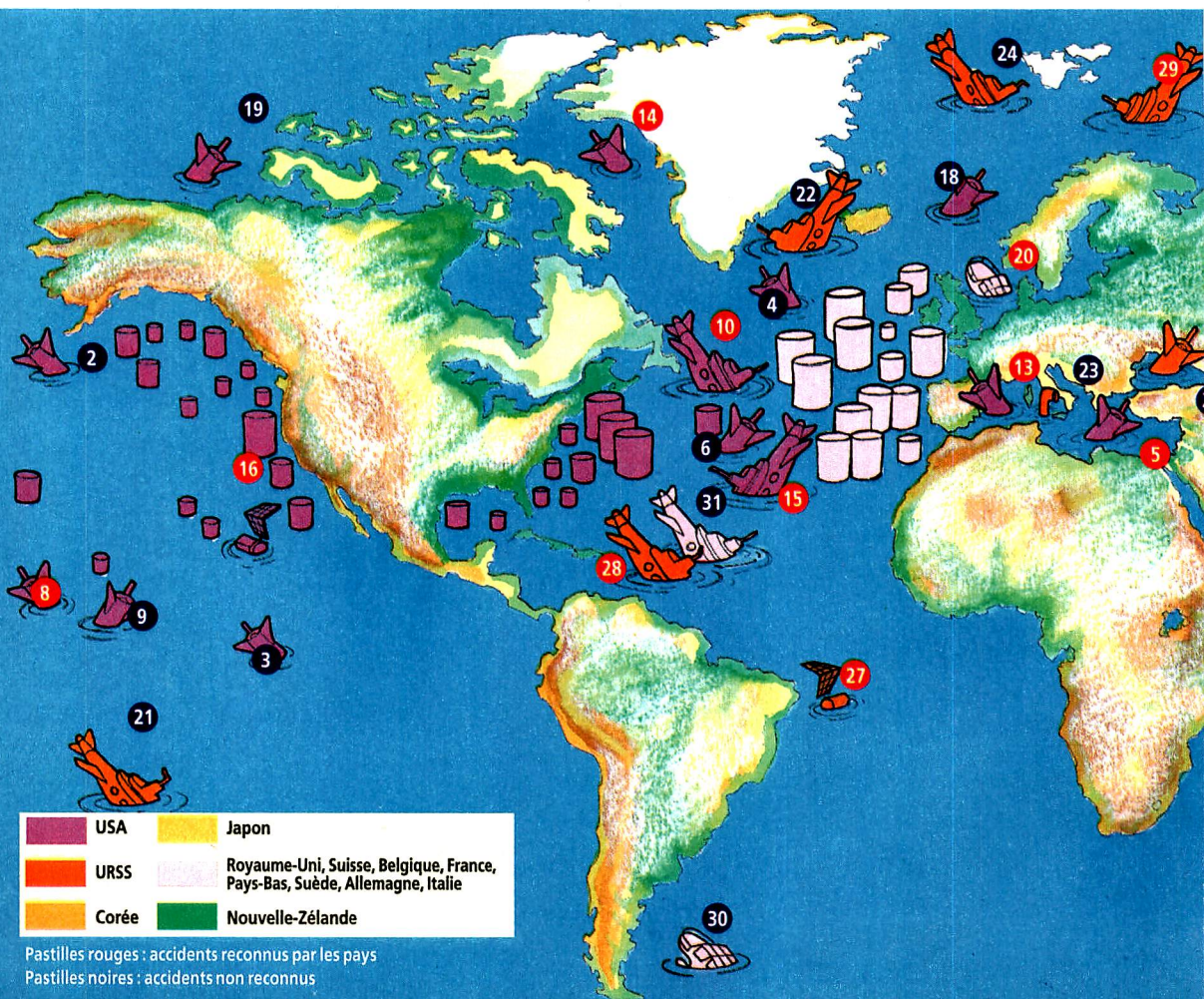
9. Missile intercontinental américain (ICBM Thor Rocket) (20 juin 1962) tombé en mer près de l'île Johnston, lors d'un tir d'essai.

10. Thresher (10 avril 1963),

sous-marin américain SSN-593 coulé à 100 milles à l'est du cap Cod par 2 590 m de profondeur, et qui a éclaté. Son réacteur nucléaire représente une radioactivité de 1 147 000 gigabecquerels.

11. Transit 5 BN-3 (21 avril 1964), satellite américain tombé au nord de Madagascar. Son générateur nucléaire SNAP-9A au plutonium 238 représente une radioactivité de 630 000 gigabecquerels.

12. Avion américain (5 décembre 1965) qui, mal calé, est tombé du pont du porte-avions Ticonderoga à la suite d'un coup de roulis et a coulé à 5 000 m de profondeur au large du Japon. Il était équipé d'une



13. 4 bombes nucléaires (17 janvier 1966) perdues par un avion américain B-52 à 5 miles de Palomares en Espagne, dont une en mer qui a été récupérée par 914 m de fond.

15. Scorpion (entre le 21 et le 27 mai 1968), sous-marin américain SSN-589, perdu à 400 milles (740 km) au sud-ouest des Açores par plus de 3 000 m de profondeur et qui a éclaté. Son réacteur nucléaire représente une activité de 1 295 000

16. Nimbus B-1 (18 mai 1968), satellite américain tombé à 100 m de profondeur, près de Santa-Barbara, avec son générateur nucléaire SNAP-19. A été récupéré.

17. Générateur SNAP-27 (11 avril 1970) contenant 1 650 000 gigabecquerels de plutonium 238 et appartenant à un module de la mission Apollo tombé au sud des îles Fidji, par 6 000 m de profondeur.

18. Missile Phoenix (14 septembre 1976) perdu par un avion de chasse américain F-14 et récupéré à 75 milles des côtes écossaises.

19. Missile de croisière américain (25 février 1986), dans la

20. Mont-Louis (5 août 1984), cargo français transportant 30 containers d'hexafluorure d'uranium, entré en collision avec un car-ferry britannique. La cargaison, représentant environ 6 000 millions de becquerels, fut récupérée deux mois plus tard, par 25 m de profondeur.

21. Sous-marin soviétique (11 avril 1968) perdu avec 5 armes nucléaires, à 750 milles au nord-ouest de l'île Oahu (Hawaï).

22. Sous-marin soviétique (1968) perdu dans le nord-est de l'Atlantique, avec 4 armes nucléaires.

23. Sous-marin soviétique (10

24. Sous-marin soviétique (12 avril 1970) perdu dans le nord-est de l'Atlantique, avec 4 armes nucléaires.

25. Kashin Class (septembre 1974), destroyer soviétique perdu en mer Noire avec des armes nucléaires.

26. Sous-marin soviétique (juin 1983) perdu au large du Kamtchatka, avec 8 armes nucléaires.

27. Cosmos-1402 (7 février 1983), satellite soviétique avec un réacteur nucléaire d'une radioactivité estimée à 1 000 000 de gigabecquerels, tombé à 1 600 km à l'est des côtes brésiliennes.

28. Sous-marin soviétique (4 octobre 1986) équipé d'armes nucléaires, coulé à 1 000 km au nord-est des Bermudes par 5 000 m de fond.

29. Komsomolets (7 avril 1989), sous-marin soviétique avec des armes nucléaires, coulé, à la suite d'un feu à bord, près des côtes norvégiennes, à 180 km au sud-ouest de l'île de Medvezhy, par 1 500 m de fond. Les Soviétiques espèrent le renflouer.

Quant aux deux derniers accidents recensés par l'AIEA, les Britanniques viennent d'affirmer, contrairement à ce qui avait d'abord été annoncé, qu'ils n'avaient pas d'arme nucléaire à bord. Ce sont :

30. HMS Sheffield (10 mai 1982), destroyer britannique coulé par un missile Exocet de la marine argentine, au large des îles Falklands.

31. HMS Resolution (19 mai 1985). Ce sous-marin britannique a perdu un missile Polaris non équipé, d'après les Britanniques, d'une tête nucléaire, au cours d'un essai ou d'une fausse manœuvre, au large de la Floride.

Doit-on croire les Britanniques?





Un sous-marin nucléaire soviétique coulé au large des côtes norvégiennes

Une mission de reconnaissance, effectuée par un navire océanographique soviétique pendant les mois de septembre et octobre derniers, a permis de prendre ces photos du Komsomolets (1), perdu le 7 avril 1989. On peut distinguer le pont du sous-marin (2), ainsi que ce qui ressemble à un silo de lancement (3) et remarquer que le bâtiment était bien équipé d'ogives nucléaires (4). Des analyses réalisées par l'institut norvégien d'étude de la radioactivité sur des échantillons prélevés à ce moment-là ont montré des taux élevés de radioactivité prouvant la présence de fuites.

2



concernés (voir carte p. 110). Mais il y en a peut-être davantage ! Le nombre d'armes nucléaires associées à ces accidents n'est pas toujours connu. On ne sait pas non plus précisément de quelles armes il s'agit. Dans la plupart des cas, ce sont des têtes nucléaires de missiles.

Ce sont les Etats-Unis qui sont responsables de la majorité des pertes (18 sur 31), ce qui semble logique puisqu'ils possèdent le stock d'armes nucléaires le plus important de la planète. Les Soviétiques, moins loquaces encore que les Américains, apparaissent loin derrière : 9 accidents dont 7 de sous-marins.

Mais il n'y a pas que les bateaux. Ainsi, lorsqu'un avion B-52 s'est écrasé, le 21 janvier 1968, sur la banquise non loin de la base de Thulé au Groenland, les quatre bombes qu'il transportait se sont brisées et la matière radioactive, principalement du plutonium, s'est répandue sur 50 km à la ronde contaminant tout le milieu marin. Mais c'est une affaire oubliée.

Parfois c'est un satellite équipé d'un générateur nucléaire qui quitte son orbite et regagne la Terre, c'est-à-dire la plupart du temps la mer puisque la surface des terres émergées est huit fois moindre que celle des océans.

Inutile de dire que ces engins sont rarement récupérés, soit parce qu'on ne les localise pas avec précision, soit parce qu'ils reposent à de trop grandes profondeurs. Les Russes envisagent toutefois de renflouer un de leurs sous-marins, le Komsomolets, abîmé en mer du Nord près de la côte norvégienne, le 7 avril 1989, avec des missiles à bord (voir photos ci-dessus). Le gouvernement norvégien a d'ores et déjà interdit la pêche autour de cette zone, car des inspections ont prouvé que le réacteur fuyait et que la corrosion, plus rapide que prévue, gagnait les têtes nucléaires.

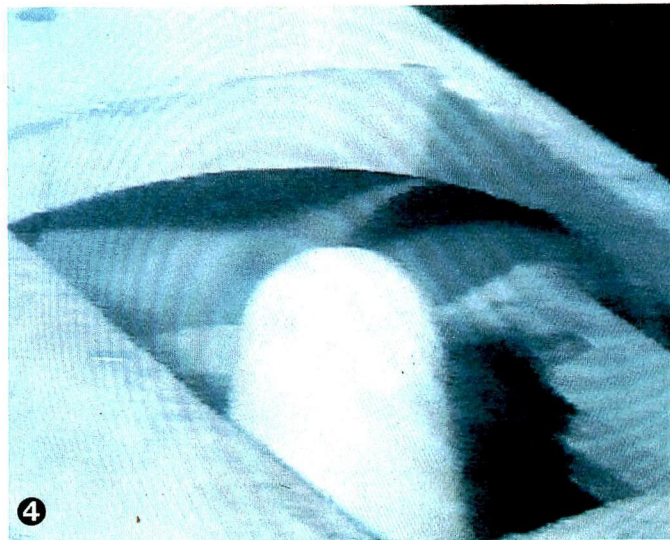
Au total, ce sont des millions de milliards de becquerels qui reposent au fond des mers, soit plusieurs fois la dose que la catastrophe de Tchernobyl a injecté

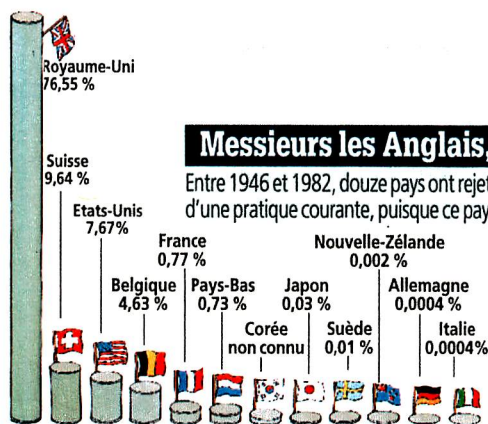


té dans l'atmosphère.

Cette radioactivité accidentelle s'ajoute à celle qu'une poignée d'Etats, Royaume-Uni en tête, ont déversé volontairement, durant 36 ans, dans une cinquantaine de sites, pour se débarrasser de leurs déchets nucléaires prétendus de faible ou moyenne activité.

Les premiers déversements volontaires remontent à 1946, au lendemain de la Seconde Guerre mondiale ; les Américains avaient alors choisi des sites dans le Pacifique non loin des côtes de la Californie. Le dernier a eu lieu en 1982 dans l'Atlantique nord, à un millier de kilomètres environ des côtes françaises. Ce mode de rejet a finalement cessé sous la pression des pays qui s'y opposaient. Car, jusque-là, il était autorisé et réglementé par la Convention pour la préven-





Messieurs les Anglais, vous êtes les premiers !

Entre 1946 et 1982, douze pays ont rejeté des déchets radioactifs en mer. Pour le Royaume-Uni, il s'agissait d'une pratique courante, puisque ce pays est responsable de plus des trois-quarts des rejets.

tion de la pollution marine, signée en 1975 et connue sous le nom de Convention de Londres. C'est ainsi que des centaines de milliers de fûts de déchets enrobés dans du bitume ou du ciment, parfois groupés dans des containers, reposent au fond des mers. Il suffit de 10 à 15 ans pour que ces matériaux se désagrègent sous l'effet de l'eau de mer ! Et il est arrivé, dans les tout débuts, qu'on verse directement les déchets sans emballage, en vrac, voire sous forme liquide !

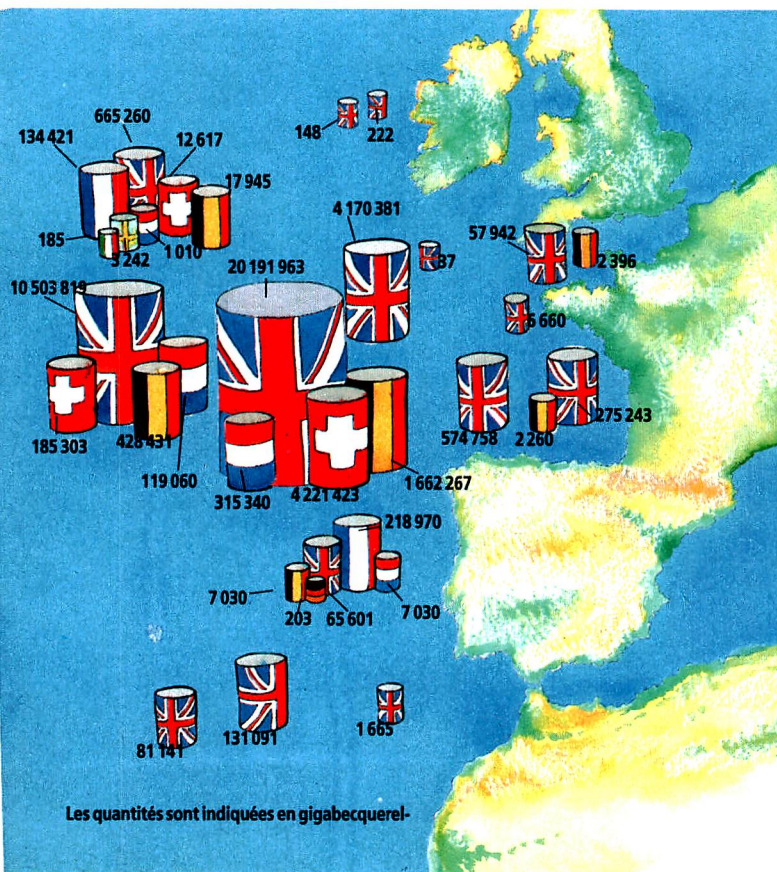
Qui sont exactement les pollueurs ? Douze pays. Certains, comme l'Italie, l'Allemagne ou la Suède, n'ont failli qu'une seule fois, et n'ont rejeté que de faibles quantités de radioactivité. La France, quant à

elle, qui a disposé du Centre de stockage de la Manche, près de la Hague, ne s'est livrée que deux fois à ces déversements, mais les quantités étaient plus importantes (voir schéma ci-contre).

Mais le pompon revient de loin au Royaume-Uni qui, à lui seul, est responsable de près de 80 % de la radioactivité rejetée. Nos amis anglais ont en effet déversé quelque 75 000 tonnes de déchets nucléaires dans une quinzaine de sites de l'Atlantique (voir carte p. 110). Ils ont même trouvé qu'un site était tout désigné : la mer en face de la Hague. Et par quinze fois, imités deux fois par les Belges, ils y ont déversé leurs déchets entre 65 et 160 m de profondeur. Cette décharge sauvage se situe très exactement par 49° 50' N de latitude et 2° 18' W de longitude, à une trentaine de kilomètres des côtes françaises. Si les crustacés ou les coquillages accusent parfois des taux de radioactivité anormaux autour du Cotentin, il n'y a pas que l'usine de retraitement de la Hague qui en soit responsable !

Autour de ces poubelles, on a trouvé du césium et du plutonium à des taux élevés. C'est cela qui a fait interdire ces déversements... tout au moins officiellement : des révélations provenant d'un responsable soviétique indiquent que plusieurs milliers de tonnes de déchets radioactifs civils et militaires — dont le réacteur du *Lénine*, le premier brise-glace nucléaire — auraient été déversées clandestinement jusqu'à très récemment dans la mer de Kara, au large de la Sibérie.

Jacqueline Denis-Lempereur



Les quantités sont indiquées en gigabecquerel-

Les cimetières marins de l'Europe

Voici les sites où ont été largués, pendant trente-six ans, fûts et containers remplis de déchets radioactifs. Nous avons, à chaque fois, comptabilisé la radioactivité cumulée pour chaque pays, en gigabecquerels. Ces "décharges sauvages" se sont souvent faites très près des côtes. Par exemple, à 30 km à peine au large de Cherbourg, on trouve le dépotoir radioactif où nos amis anglais et belges se sont "soulagés" de 10 000 tonnes environ de déchets encombrants.

ECHOS DE L'INDUSTRIE



INVENTION

Il y a le feu au lac !

Chaque année depuis vingt ans, aux alentours de Pâques, un phénomène étrange se produit sur le lac Léman. Si étrange qu'on ne saurait manquer de le contempler au moins une fois. Le lac se met à bouillonner.

Personne n'avait encore expliqué ce phénomène. Nous sommes aujourd'hui en mesure de dévoiler la vérité. Au point de pouvoir annoncer que le prochain bouillonnement sera, pour ses 20 ans, d'une ampleur exceptionnelle et qu'il se tiendra précisément du 3 au 12 avril 1992. Nous avons en effet constaté qu'il se manifestait, jour pour jour, en même temps que le Salon international des inventions, des techniques et produits nouveaux de Genève. Six cents exposants de vingt-huit pays ; 1 000 inventions présentées par des chercheurs indépendants, des entreprises, des laboratoires, des universités, des organismes d'Etat et privés, 100 000 visiteurs – industriels, distributeurs, investisseurs – des cinq continents, qui viennent "parler affaires" ; 45 % des inventions négociées pour un montant de plus de 30 millions de francs suisses (près de 120 millions de francs français) ; 600 journalistes, 4 000 articles dans la presse, des émissions de radio et de télévision sur le plan international, pour la seule exposition au monde accueillant exclusivement des inventions et des produits nouveaux. Pensez à toute

cette matière grise en ébullition, à toute cette concentration d'idées et d'énergie mentale : alors forcément ça irradie, ça chauffe ferme, même le lac, d'où ces fameux bouillonnements... Malgré le célèbre dicton genevois "il n'y a pas le feu au lac".

Pourquoi Genève ? La ville ne fut pas choisie au hasard. On parle couramment trois langues internationales en Suisse : le français, l'allemand et l'italien. Ensuite, Genève est une véritable capitale internationale : elle est le siège de deux cents organisations mondiales, dont l'OMPI, l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle, d'innombrables organismes dépendant de l'ONU et toutes les grandes sociétés multinationales, industrielles et commerciales y ont soit leur siège, soit des bureaux. Par la force des choses, tout autour s'est constitué un intense maillage de journalistes. Genève est enfin le cœur d'une agglomération de 350 000 personnes. Rien d'étonnant à ce que l'URSS et la Chine aient, pour la première fois, décidé d'exposer à Genève.

Les innovateurs français sont les premiers à bénéficier de ce "cocktail genevois" que constitue le Salon : la réunion en un même lieu et en un même temps de ces "ingrédients" nécessaires à toute réussite que sont les investisseurs, les fabricants, les distributeurs et la presse. Aucune autre manifes-

tation ne peut apporter, en matière d'innovation, autant de contacts – et de contacts qui se fécondent les uns les autres. Pour un budget dont on reconnaîtra qu'il est plus que raisonnable : un stand entièrement aménagé coûte 5 100 F français à un inventeur indépendant, 7 500 F français à une société ou à un inventeur dont la création a reçu un début de commercialisation.

Avec environ 150 exposants, la France est traditionnellement le pays le mieux représenté et le plus primé pour la qualité de ses innovations. Les plus hautes instances technico-économiques françaises reconnaissent le sérieux du Salon de Genève et encouragent concrètement les innovateurs français qui y participent. Par leur patronage, leur participation au jury international appelé à juger les meilleures inventions et par la remise des prix spéciaux exclusivement réservés aux innovateurs français, qui viennent s'ajouter à ceux que reçoivent l'ensemble des exposants. Car le Salon est aussi un concours. Ainsi la section française du Salon a-t-elle l'appui officiel de l'Institut national de la propriété industrielle, de l'Assemblée des chambres françaises de commerce et d'industrie, de la Chambre de commerce franco-suisse, de l'Assemblée permanente des chambres de métiers et du Centre des jeunes dirigeants (section Léman). Science & Vie, quant à lui, invi-



1972 - 1992

ANS · JAHRE · YEARS
ГОДЫ · 年 · AÑOS
ANNI · JAAR · 년

tera, comme c'est devenu une longue tradition, un inventeur dont la création aura été publiée dans notre rubrique "Des marchés à saisir". Résultat de notre tirage au sort le mois prochain.

Pour tout renseignement : Science & Vie, Département Innova, 1 rue du Colonel Pierre-Avia, 75015 Paris, tél (1) 46 48 48 66 ou 46 48 48 48, fax (1) 46 48 48 67. Contact : Monique Vogt ; ou envoyez simplement votre carte de visite.

■ **Un club, Télécom valley**, s'est créé à Sophia Antipolis. Il regroupe France Télécom, IBM, Digital, Rockwell, Aérospatiale, Texas Instrument et l'ETSI (Institut international des normes de télécommunications). Programme : définir les besoins communs pour la création de filières d'enseignement, attirer vers la technopole de nouvelles entreprises et, sur la Côte d'Azur, de grandes manifestations axées sur les télécommunications.

AGRO-INDUSTRIE

Le "papier-paille"

De 25 à 30 % de pâte de paille dans la pâte de certains papiers, c'est français et c'est pour demain. Les avantages : valoriser la paille des régions céréalières où elle est excédentaire, diminuer la "charge" de certains papiers, et ainsi en abaisser le coût et épargner les forêts.

Un industriel (Spie-Batignolles), deux sociétés de valorisation technologique (Tagpi et Midivaleur) et un couple d'agriculteurs (Michel et Denise Lacote) sont associés dans cette aventure. La première usine au monde de transformation de paille pour la fabrication de pâte à papier est en cours de construction à Levroux, dans l'Indre. Le "pilote" tourne déjà, il procède à des essais de fabrication de pâtes de qualités différentes, l'usine pourra passer en pleine pro-

duction prochainement.

La paille est broyée, déchiquetée, puis humidifiée par un mélange d'eau et de réactifs chimiques recyclables non soufrés. La substance ainsi obtenue, pressée puis cuite, donne naissance à la pâte. Celle-ci est ensuite blanchie par un système à l'ozone, beaucoup moins polluant et gourmand en eau que le classique blanchiment au chlore, véritable plaie pour les usines à papier et leur environnement. Ce procédé a été mis au point par le Pr Delmas, de l'Institut national polytechnique de Toulouse (INPT) et directeur scientifique de Midivaleur - société de valorisation des inventions de l'INPT.

L'usine, avec deux chaînes fonctionnant 24 heures sur 24, présentera une capacité de production de 100 tonnes par jour. Elle est conçue pour que l'on

puisse, en cas de besoin, lui adjoindre quatre chaînes supplémentaires.

Pourquoi l'implanter à Levroux ? Michel et Denise Lacote ont su faire valoir, auprès de Spie-Batignolles, l'intérêt de leur région, grande productrice de céréales (donc de paille), garantissant ainsi l'approvisionnement de l'usine : les 24 tonnes nécessaires quotidiennement seront collectées dans un rayon ne dépassant pas 50 km. Pour éviter toute spéculation sur la paille ainsi réhabilitée et promue au rang de véritable richesse, une solution originale a été trouvée : elle sera achetée au cours actuel du marché (300 F la tonne), mais les agriculteurs-fournisseurs seront intéressés aux résultats de l'usine.

L'usine de Levroux va créer une cinquantaine d'emplois dès sa mise en service. Elle représente

un investissement de 220 millions de francs, qui devraient être amortis en moins de quatre ans. D'autres unités semblables sont déjà prévues, en France et à l'étranger. Leurs futurs responsables seront formés à Levroux.

MAREES NOIRES

Le pétrole récupéré et recyclé

Lutter avec succès et rapidité, contre les polluants des marées noires, c'est déjà une prouesse. Parvenir à récupérer en outre le pétrole dont on a débarrassé la mer, cela semble relever du miracle. Technion, l'institut de technologie d'Israël, affirme pourtant avoir mis au point un produit capable d'effectuer ces deux opérations de façon efficace.

Ce produit est constitué d'une substance d'origine minérale qui, après transformation, acquiert une capacité d'absorption telle que, dispersée sur les marées noires, elle absorbe en quelques minutes quarante fois son poids d'huile. Elle se transforme ainsi en une masse solide, gonflée comme une outre. Il ne reste donc qu'à la presser pour récupérer le pétrole, la substance d'origine minérale pouvant être réutilisée. Le mouvement perpétuel en quelque sorte...

Technion assure que cette substance est totalement inerte, qu'elle n'entraîne aucune réaction chimique, ni modification de l'eau ou du pétrole, que la flore et la vie aquatique n'ont ainsi rien à en craindre. Des tests ont prouvé la réalité de ces qualités.

SECURITE ROUTIERE

Alerte immédiate

En cas d'accident, de problème sur la route, il faut pouvoir alerter les automobilistes précisément et rapidement. Des qualités que possède le panneau de signalisation variable portatif "Motosign", présenté par la firme britan-

nique Lux Control (Gloucester Road Industrial Estate, Malmesbury Wiltshire SN16 9JT, contact : M. Wallis). Ce panneau comporte 264 diodes électroluminescentes disposées, tous les 50 mm, sur une matrice de 0,55 x 1,2 m. Ces diodes sont indépendantes, si bien que, même si une ampoule est défectueuse, le message reste visible. De même, un système intégré de variation d'intensité lumineuse garantit à chaque instant le meilleur contraste, quelles que soient les conditions atmosphériques et la luminosité du moment. Le module a sa propre signalisation : un clignotant orange sur ses quatre coins.

Le Motosign est proposé avec vingt panneaux de signalisation

pré-programmés qui couvrent la quasi-totalité des besoins d'information routière. Vingt autres panneaux peuvent être composés à volonté afin de répondre aux circonstances exceptionnelles. Pour sélectionner le panneau voulu, ou en constituer un nouveau, il suffit d'utiliser le clavier, étanche et verrouillable, situé à l'arrière du module.

L'engin se présente sous la forme d'une remorque avec barre d'attelage et feux arrière, une voiture peut facilement le tracter. Un moteur Diesel lui fournit son énergie et entraîne une pompe hydraulique qui permet de manœuvrer le panneau. A signaler : la société qui fabrique le Motosign recherche des agents pour la France.



TRAVAUX PUBLICS

Le robot qui creuse avec intelligence

Creuser une tranchée dans le sol n'est pas si facile, si celle-ci doit présenter une longueur, une profondeur et une pente précises. D'où l'intérêt de ce robot prototype miniaturisé construit par les ingénieurs de l'université de Lancaster, en Grande-Bretagne. Il est capable d'ouvrir des tranchées respectant toutes les données dont on a nourri son "cerveau". Pour peu, bien sûr, qu'on l'ait correctement positionné avant de lui donner l'ordre de se mettre au travail. Les entreprises de travaux publics attendent avec impatience la version industrialisée, étant donné les pertes énormes, en temps et en argent, qu'elles doivent supporter du fait de la réalisation de tranchées non correctes.



RECYCLAGE

Valoriser les ordures ménagères sans créer de pollution



C'est le pari que tient la firme SAAE (Société d'aide aux entreprises). Au point de s'engager à financer elle-même, pour la première ville qui se décidera, l'investissement de départ du centre de traitement qu'elle a mis au point, ce qui représente 25 millions de francs pour une agglomération de 60 000 habitants. Selon le schéma conçu par la SAAE, la municipalité se contente de collecter les ordures et de les transporter à l'usine. Là, le tri est effectué, sans broyage mais par criblage et densité. Seuls, le verre, les cailloux et divers éléments non recyclables à petite échelle (représentant de 8 à 10 % des or-

dures) et non polluants, sont mis en décharge. Les matériaux ferreux (4 %) sont recyclés dans la sidérurgie. Les matières organiques (environ 40 %) et les matières combustibles (40 %) sont traitées sur place.

Les matières organiques sont transformées en compost dans un silo de fermentation aérobie, sans la moindre particule de plastique ni de verre, sans aucun produit chimique. Ce compost viendra régénérer les terres, notamment celle des serres, épuisées par un excès d'engrais et dont tout micro-organisme finit par disparaître. Les matières combustibles sont stockées en balles durant la

belle saison puis brûlées lorsque vient le temps du chauffage. Là se trouve l'innovation majeure du projet : l'incinérateur est équipé d'un filtre original, dit "à pierres réactives", qui élimine en particulier le chlore, le soufre et la plupart des métaux lourds. Les gaz émis sont ainsi "propres", ils peuvent être utilisés dans une chaudière classique sans aucun dommage pour cette dernière, et ils respectent les futures normes européennes.

La chaudière, qui produit de l'eau à 80°C, est utilisée pour le chauffage des serres. Un bassin tampon, thermiquement isolé, permet de conserver l'eau

chaude, fournie à régime constant par l'ensemble incinérateur-chaudière, et de la dispatcher dans les serres selon les besoins climatiques et le type de culture. L'incinération ne laisse que 5 % du tonnage traité sous forme de cendres ; celles-ci sont inertes et peuvent donc être enfouies.

Le coût du système s'élève à 300 F la tonne d'ordures ménagères traitées, contre de 350 à 450 F lorsqu'il y a une simple incinération, la plus souvent polluante et ne produisant aucune richesse. Pour toute information : SAAE, 312 chemin du Bosquet, 78670 Villennes-sur-Seine. Tél. : (1) 39 75 33 07.

AGRONOMIE

Les mauvaises herbes piégées par l'informatique

Le "progrès" fait que l'agriculteur ne sait plus très bien identifier les mauvaises herbes et n'est donc plus capable de s'y attaquer efficacement, sélectivement. En effet, des modifications de flore, liées à des systèmes de culture particuliers, sont intervenues ; des plantes résistantes aux herbicides se sont développées ; le retour à des modes de production moins intensifs ont entraîné l'apparition de mauvaises herbes d'espèces inconnues des non-spécialistes... Si bien que, paradoxalement, les agriculteurs peuvent en venir à déverser des "tonnes" d'herbicides à large spectre, seul moyen pour eux de faire mouche à coup sûr.

Pour éviter ce non-sens économique et écologique, l'Institut national de la recherche agro-nomique (INRA) et le Centre national d'études et de recherches en technologie avancée (CNERTA) ont développé "Malherb", un logiciel de re-

connaissance des mauvaises herbes. Il recense les 490 espèces (dont 82 graminées) identifiées par les "malherbologues" et que l'agriculteur peut rencontrer dans la plupart des cultures sur l'ensemble du territoire métropolitain.

Le logiciel a en mémoire la description des différentes espèces de mauvaises herbes, les lieux et les circonstances où on risque de les trouver et quelques caractéristiques de leurs biotopes, ce qui permet la reconnaissance de la plupart d'entre elles. En l'absence de certitudes, Malherb propose l'espèce la plus vraisemblable d'après son milieu d'origine.

Ce logiciel s'adresse avant tout aux techniciens d'expérimentation, aux conseillers agricoles, aux enseignants et aux élèves des établissements d'enseignement agricole.

Pour tout renseignement, INRA, 147 rue de l'Université, 75341 Paris Cedex 07, tél. : (1) 42 75 91 69.

TRANSFERTS TECHNOLOGIQUES

Espace: trois têtes pour un européen

Il y a deux ans, l'Agence spatiale européenne confiait à trois sociétés, Novespace en France, JRA en Grande-Bretagne et MST Aerospace en Allemagne, la mission de mieux organiser le transfert des technologies d'origine spatiale vers l'industrie. L'opération était baptisée Technology Transfer Network (réseau de transfert de technologie).

Ces trois sociétés viennent de s'aviser qu'elles seraient plus fortes en s'unissant. Elles ont

ainsi constitué Spacelink, un groupement d'intérêt économique qui leur permettra de répondre en commun aux appels d'offres émanant d'organisations européennes.

Associées à parts égales, elles pourraient prochainement admettre de nouveaux membres et, en premier lieu, la société italienne D'Apolonia.

Pour tout renseignement : J.-P. Fouquet, Novespace, 15 rue des Halles, 75001 Paris, tél. : (1) 42 33 41 41.

HEURE D'ÉTÉ



Experts contre bureaucrates

L'heure d'été doit rester en place simplement parce qu'elle est là et que rien n'a été prévu pour revenir à l'ancien système, disent les bureaucrates de la Commission des communautés européennes. (voir *Science & Vie*, novembre 1991). Et ils s'apprennent à la reconduire automatiquement. Solution qui a pour seul mérite de ne pas leur poser trop de problèmes.

Certains experts européens, pourtant, ne l'entendent pas de la même oreille. Ainsi ceux de la Direction générale des transports de la Communauté viennent de publier un rapport selon lequel le changement d'heure pendant l'été ne permet l'économie que de « quelques dixièmes de pour cent de la consommation éner-

gétique européenne annuelle ». Cette infime économie se-rait en outre annulée par « l'augmentation des activités de loisirs à l'extérieur pendant les soirées plus claires ». Dès lors l'argument économique « ne remplit pas l'objectif qui lui avait été assigné », souligne cette étude. Les experts vont plus loin encore. Ils demandent si cela vaut la peine de faire des économies de bouts de chandelle, alors que le changement d'heure a un impact négatif sur la santé, notamment des enfants et des personnes âgées qui souffrent temporairement d'un manque de sommeil, d'une perte d'appétit ou de problèmes cardiovasculaires. La bagarre semble donc ouverte, à Bruxelles, entre les experts et les bureaucrates.

EPURATION

Aussi simple que naturel

Le Dr Tom Davies, maître de conférences à l'université Monash de Melbourne, en Australie, affirme avoir mis au point un système naturel de purification de l'eau reposant seulement sur l'action conjuguée de plantes à rhizomes et de bactéries, un système simple et peu coûteux, à même de traiter les eaux usées là où les technologies de pointe ne sont pas encore parfaitement fiables.

Et il l'a prouvé : il a en effet mené à bien une expérience en vraie grandeur pour le service des eaux de la péninsule de Mornington : le traitement des eaux usées d'un marais d'une agglomération proche de Melbourne.

Des tranchées profondes de 50 cm ont d'abord été creusées dans le marais et remplies

de gros graviers. Des roseaux ont ensuite été plantés dans ce lit de graviers recouvert d'une couche de sable. Enfin, on a attendu que les bactéries sélectionnées colonisent les plantes et prolifèrent dans leurs rhizomes.

Dès sa mise en service, le système a éliminé de l'eau 96 % des déchets biologiques solides en suspension. Particulièrement ceux qui sont riches en carbone, et qui sont parmi les plus nuisibles, puisque, si ces effluents sont déversés sans traitement dans les cours d'eau, le carbone qu'ils contiennent se mélange à de l'oxygène dissous, ce qui forme du dioxyde de carbone. L'eau étant privée d'oxygène c'est la mort de la faune et de la flore aquatiques.

Quant à boire cette eau...

La domotique à l'essai... et au secret

Il n'a l'air de rien ce bâtiment près de Saint-Rémy-lès-Chevreuse. C'est pourtant un site d'essai ultra-secret. Il a été possible de le visiter lors de son inauguration, plus maintenant. La concurrence, l'espionnage industriel, on s'en méfie comme de la peste au SED.

SED ? Site d'essais pour la domotique, c'est-à-dire pour l'intégration à l'habitat de produits et de services relevant essentiellement de la sécurité, de l'énergie et des télécommunications. Ils dépendent donc à la fois de plusieurs professions : bâtiment, électricité, électronique... ou au moins du mariage de deux d'entre elles. Un mariage destiné à créer des technologies originales qui, dans leur diversité, sont parmi les plus complexes à imaginer, à définir mais dont nous sa-



vons déjà qu'elles sont promises au plus bel avenir.

Le SED est né sous de bonnes augures. Ses créateurs ne sont autres que la Fédération nationale du bâtiment et la Fédération des industries électriques et électroniques. Ses parrains – nous ne pouvons les nommer tous –, France Télécom, EDF-GDF, etc., sont réunis dans l'AD2, l'Association pour le développement de la domotique, reconnue d'utilité publique.

Le SED présente la forme d'un cocon simi-circulaire. Il comprend 1 000 m² de plate-forme d'essais, avec des régies d'acquisition de données, des galeries d'observation et une chaufferie centralisée conçue

pour décompter d'abord, facturer ensuite de façon détaillée, les charges de chauffage imputables à chaque expérience.

La partie est du bâtiment comporte deux appartements, l'un destiné à tester les applications de la domotique dans l'habitat collectif neuf, l'autre dans l'habitat ancien.

Enfin, à l'ouest, une maison individuelle. On sait, toujours dans la plus grande confidentialité, que des travaux vont être entrepris sur une commande de baies qui ouvrira ou fermera fenêtres et volets selon les conditions climatiques, et également sur la distribution vidéo coaxiale dans un immeuble.

Le SED a passé des conventions avec les associations régionales qui œuvrent déjà pour le développement de la domotique : Domolor à Metz, Domobat à Niort, Batimip à Toulouse. Le Laboratoire national d'essais sera aussi associé à ces recherches afin que les produits évalués avec succès puissent aussitôt être fabriqués et mis à la disposition de tous.

Le SED constitue donc un atout pour la France, dans cette "multi-technique" où elle est « au premier rang de l'Europe ». C'est M. Paul Quilès, ministre de l'Équipement, du Logement, des Transports et de l'Espace qui le dit. Mais il faut que les industriels et les commerciaux veuillent bien suivre les labos. Laissons encore la parole au ministre : « Dans bien des domaines, notre pays a souvent été un précurseur, ce qui ne l'a pas empêché de se faire distancer. Nos facultés d'anticipation sont reconnues ainsi que nos capacités techniques. Ce qui est en cause, c'est parfois notre sens commercial, qualité première dans un monde ouvert et concurrentiel. Le SED permettra cette alliance des techniques, des cultures et du marché. »

Nous sommes doués pour les deux premiers points. Apprenons à l'être enfin pour le troisième. Le marché, le marché avant tout.

Pour toute information, AD2, Domaine de Saint-Paul, BP n° 1, 78470 Saint-Rémy-lès-Chevreuse, tél. : (1) 30 85 25 02.

BÂTIMENT

Vous avez dit domotique ?

Tous en parlent, y font référence, annoncent son avènement. Mais bien peu sont capables de définir avec exactitude le terme, d'en préciser le contenu, et de dire où "démarrer" et où "finir" son domaine. Ce mémento (44 pages, 21 x 29,7 cm), présenté par le Centre d'assistance technique et de documentation (CATED), clarifie les choses de façon fort heureuse pour les professionnels du bâtiment soucieux de s'informer des techniques nouvelles qui pénètrent leur secteur d'activité.

Une première partie s'attache à mettre les idées en place, à définir la domotique et les im-

meubles intelligents, à préciser leur environnement technique et réglementaire.

La deuxième partie constitue en quelque sorte le *who's who* d'une "multitechnique" résultant de la combinaison de nombreuses techniques sous-jacentes. Enquête et recoupements faits, le CATED présente, sous forme de tableaux, les caractéristiques techniques et commerciales des produits domotiques : domaine d'application des systèmes ; présentation générale et réseaux de distribution ; fonctions (sécurité, télécommunication, gestion de l'énergie, des équipements électriques...) ; fiches tech-

niques (nom, prix, fabricant, principe utilisé, nombre et type d'entrées et de sorties périphériques).

Ce petit ouvrage permet ainsi au lecteur de mieux connaître le monde de la domotique, il l'aide dans ses choix de produits et de systèmes grâce à ses tableaux synthétiques et il lui fournit les adresses nécessaires. Il lui donne enfin les références bibliographiques de base.

L'ouvrage, qui coûte 230 F TTC, n'est disponible qu'après de l'éditeur, sous la référence Mémento M 86. Il suffit de le contacter par téléphone au : (1) 30 85 24 63.

DES MARCHÉS A 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.

UNE BARRIÈRE DE SÉCURITÉ INTELLIGENTE



Quoi ?

Une barrière pivotante limitant l'accès des routes, parkings d'immeubles, entreprises, zones piétonnes, etc. Elle oblige celui qui l'ouvre à la refermer afin de récupérer sa clef.

Comment ?

L'expérience prouve que les barrières de sécurité, actuellement ouvertes avec une simple clef, sont rarement refermées, du fait de la négligence ou du manque de sens civique de l'utilisateur. Ce qui revient à

ôter toute utilité à ces barrières.

Cette nouvelle barrière, haute et clairement visible, est très solide (en acier). De forme stylisée permettant de bien la distinguer des bornes ou barrières fixes, elle libère un passage de largeur réglable selon l'usage. Facile d'utilisation avec son verrouillage à 87 cm du sol, elle a pour originalité et avantage de "piéger" les négligents.

En effet, elle se déverrouille avec une clef triangulaire, comme celles qu'utilisent les pompiers. Lors du déverrouillage, une fourchette vient interdire le retrait de la clef. Cette dernière ne pourra être libérée qu'après une opération de verrouillage. Pour récupérer sa clef, celui qui ouvre la barrière est donc contraint de la refermer derrière lui.

Pour qui ?

L'entreprise, qui commence

à fabriquer ce produit intéressant aussi bien pour les mairies que pour les collectivités, les coopératives ou les entreprises, cherche des partenaires distributeurs sur toute la France. Pour l'étranger, elle céderait des licences de fabrication et de distribution.

Comment passer dans cette rubrique

Si vous avez conçu une innovation ou un produit nouveau, adressez à "Des marchés à saisir" un descriptif de votre invention le plus clair possible, 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 patience et de tolérance ; nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions doivent être d'abord étudiées par notre service technique.

UN CHEVALET MOBILE POUR LES PEINTRES

Quoi ?

Un accessoire qui permet aux artistes travaillant à l'extérieur de transporter tout le matériel qui leur est nécessaire : chevalet, peintures, pinceaux, palette, tabouret, chiffons, etc.

Ce produit britannique, le "Wheasel", est un chevalet mobile fait de tubes télescopiques, sur lequel on peut fixer tout le nécessaire du peintre. Deux roues, à la manière d'un chariot de golf, lui donnent la mobilité, une béquille la stabili-

té. Comme il n'a pas à être porté, son poids a également été volontairement augmenté, pour accroître cette dernière. L'œuvre accomplie, on replie l'ensemble, qui tient facilement dans le coffre d'une voiture.

Le Wheasel est disponible en deux versions. La première s'adresse aux artistes travaillant sur une surface verticale ; elle offre un support pour une toile de 2 m de haut et, repliée, ses dimensions sont de 1,15 x 0,65 x 0,15 m (poids 8,2 kg).



Le second modèle est réglable de façon à pouvoir placer la surface sur laquelle travaille l'artiste dans n'importe quelle position, depuis l'horizontale jusqu'à la verticale ; elle peut supporter un tableau d'une hauteur de 0,75 m maximum. Repliée, cette version mesure 0,85 x 0,50 x 0,12 m (poids 3,2 kg).

Pour qui ?

Cette société britannique cherche des agents distributeurs en France.

■ **Mise au point d'un capteur électrochimique à enzymes** capable de mesurer en moins de 20 s, et à un faible coût, la concentration de glucides, d'alcool et d'acides dans tout produit alimentaire, liquide ou pâteux. Le chercheur du CNRS auteur de cette invention vient de créer la société Dosivit pour l'exploiter. La partie active du capteur est une électrode enzymatique réutilisable de nombreuses fois, à condition de nettoyer sa surface, après chaque mesure, à l'aide d'une simple feuille de papier, un peu comme on taille un crayon pour en dégager la mine... (Dosivit, Nantes Atlantique, case postale 6024, 44070 Nantes Cedex 03, tél. (16) 40 68 70 18).

■ **Les rongeurs sahariens ravageurs** peuvent détruire jusqu'à 80 % des récoltes céréalières. Ils s'attaquent à toutes les étapes de la culture : plantation, émergence de la pousse, stade porteur et stade mature. Certaines espèces dégradent même les pâturages à dromadaires. L'Institut national de la recherche agronomique (INRA), avec l'Institut agronomique et vétérinaire marocain, a mis en évidence une relation étroite entre la prolifération de ces rongeurs et l'abondance de la ressource en eau (pluies et crues d'oueds). Un système d'alerte devrait donc pouvoir facilement être mis en place. Les recherches portent maintenant sur les méthodes d'élimination à base d'anticoagulants, qui doivent remplacer les poisons à base de toxiques violents comme la strychnine — actuellement couramment utilisée.

■ **Les principales inquiétudes des jeunes Européens** de 15 à 24 ans, selon un sondage de la Commission européenne, le chômage (70%), la drogue (66%), et le sida (40%).



HANDICAPES

Un crayon qui s'enroule autour du doigt

Il y a quelques années, la main droite du Suédois Jan Andersson s'est mise à trembler et il lui est devenu difficile de tenir un stylo, encore plus d'écrire lisiblement. Mais Jan Andersson est ingénieur et il a l'esprit inventif. Alors il a donc conçu un outil d'un type nouveau, le "stylo-doigt", qui est aujourd'hui commercialisé en Suède. Il est fait d'un plastique souple mais qui ne se déforme pas. On l'en-

file sur l'index ou le majeur (il est disponible en trois tailles). La pointe bille étant placée sous l'extrémité du doigt, l'utilisateur peut écrire la paume détendue et allongée, reposant si nécessaire sur le papier. Toute position fatigante entraînée par le fait de serrer le stylo dans la main disparaît. Le stylo-doigt est jetable, mais il dure aussi longtemps que n'importe quel stylo à bille non rechargeable.

Il a été testé avec succès par l'institut suédois des personnes handicapées, notamment sur des personnes souffrant de la maladie de Parkinson. Des publicitaires voulaient s'assurer l'exclusivité de l'invention pour lancer le stylo comme un nouveau gadget d'écriture, Jan Andersson a formellement refusé : le stylo-doigt sera réservé aux personnes handicapées.

AUTOROUTE

L'ordinateur veille et agit

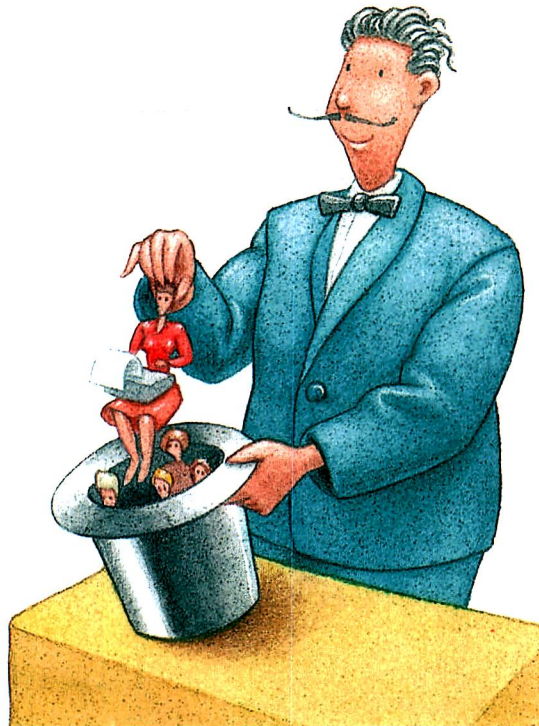
■ Informatisation totale, pour les jeux olympiques de 1992, des 300 km du réseau autoroutier AREA qui viennent d'être mis en service. Depuis le PC situé à Nances-Aiguebelette, près de Chambéry, cinq opérateurs seulement peuvent superviser intégralement l'ensemble de ce réseau. Leurs écrans couleurs les informent, en temps réel et 24 h sur 24, de tout ce qui concerne le trafic, les incidents, les accidents, la densité de circulation, les conditions météorologiques, la situation des agents d'exploitation ou les appels émanant des

bornes d'urgence, que cela provienne des axes principaux, des échangeurs, des tunnels ou des péages. Le système est bien sûr interactif. L'opérateur ayant sur son écran un état instantané de la portion d'autoroute qu'il surveille, celui-ci peut réagir immédiatement : prévenir le dépanneur, la gendarmerie, les services de déneigement ; régler le trafic ; décider d'une intervention sur un ventilateur défectueux dans un tunnel ou bien encore télécommander les panneaux à messages pour diffuser informations et conseils

aux automobilistes. Il lui suffit pour cela, toujours sur son écran, de cliquer avec sa souris sur l'icône ou la fenêtre correspondant à la situation et aux instructions à donner. Toutes les informations sont véhiculées par un réseau local, deux serveurs et les cinq stations de travail. Les serveurs sont alimentés par des "postes" qui, eux-mêmes, reçoivent les diverses données — qu'elles soient vidéo, audio, numériques ou analogiques — provenant des 300 km d'autoroute sous haute, bien que lointaine surveillance.

PAR HERVE LHUISSIER

ENTREPRISES DE TRAVAIL TEMPORAIRE : A LA POINTE DE LA REPRISE



Affectées par le ralentissement actuel de l'économie, les entreprises de travail temporaire n'ont rien perdu de leur optimisme : elles seront parmi les premières à bénéficier d'une reprise considérée comme prochaine. Du coup, le recrutement de commerciaux — expérimentés ou de niveau bac + 2 — devrait bientôt repartir !

Hormis le fait de travailler dans la même entreprise, que peuvent avoir en commun un directeur des ventes, un ingénieur de production, un contrôleur de gestion, une secrétaire et un conducteur d'engin de chantier ? Tous sont susceptibles d'appartenir au salariat temporaire qui, pendant l'année 1991, en France, aura représenté 334 000 "équivalents-emplois à temps plein" ⁽¹⁾. Compte tenu du coefficient de rotation sur chaque poste, ce sont donc près d'un million et demi de salariés qui exercent leur profession en effectuant au moins une mission d'intérim par an.

Avoisinant les 750 milliards de francs, le marché mondial de la main-d'œuvre temporaire se porte bien ; à commencer par l'Europe où la disparité des réglementations ne gêne nullement l'activité des groupes internationaux. Toujours à l'affût de nouvelles perspectives, ceux-ci ont d'ailleurs déjà posé leurs jalons, essentiellement dans le secteur des industries de transformation et du B-TP (bâtiment et travaux publics), en Hongrie et de l'autre côté des Pyrénées, notamment dans la région de Barcelone. Rien d'étonnant à ce que ces deux exemples excitent les convoitises puisque les

entreprises de travail temporaire (ETT) travaillent à 70 % pour les industries de transformation et le B-TP, et à 30 % pour le tertiaire.

Véritable baromètre, l'intérim est en première ligne pour enregistrer les variations de l'activité économique. « Si la croissance du secteur (12,4 % en 1990) est probablement nulle cette année ⁽²⁾, n'oublions pas qu'il s'agit d'une stagnation à un niveau élevé, bien plus élevé qu'il y a dix ans. » précise Bernard Bacquet, vice-président du syndicat des professionnels du travail temporaire (PRO-MATT). « Et nous sommes malgré tout en position de force car nos clients — souvent engagés sur la voie de l'externalisation ⁽³⁾ — sont plus dépendants que jamais de nos services. »

En 1987, chacune des trente-deux premières ETT (sur un total de près de mille) employait plus de 500 personnes. Regroupées, elles salariaient ainsi le tiers de tous les permanents, les deux tiers des intérimaires et réalisaient également les deux tiers du chiffre d'affaire global de la profession (INSEE). Aujourd'hui, le chiffre d'affaire des cinq premières représente plus de la moitié de celui de la profession (48 milliards de francs, hors exporta-

tion). Les entreprises les plus importantes ont également diversifié leurs activités tandis que les autres, de taille plus modeste, se sont spécialisées dans un secteur d'activité ou une certaine catégorie de compétences : grande distribution, restauration, transports, industrie pharmaceutique et visite médicale, promotion-ventes-accueil, encadrement, B-TP, bureaux d'études... La demande en personnel à qualifications intermédiaires (employés) ou hautes (cadres) est elle aussi devenue un marché porteur. Comme c'était déjà le cas pour les qualifications moins élevées, l'intérim de haut niveau s'est ainsi développé lorsqu'il a fallu renforcer les effectifs d'un service en vue d'une surcharge de travail exceptionnelle (sortie d'un nouveau modèle chez un constructeur automobile, par exemple).

De l'avis des professionnels, le créneau de l'intérim de haut niveau, extrêmement spécialisé, est, du fait de sa rareté, d'autant plus rentable qu'il ne peut faire l'objet d'une guerre des prix ⁽⁴⁾. Menée sur les faibles qualifications ⁽⁵⁾ par les grosses entreprises (celles-ci n'hésitent pas parfois à réduire leurs marges pour "placer" un plus grand nombre de personnes), elle n'est évidemment possible qu'à profils et missions équivalentes.

Dès le début des années cinquante, les ETT ont bâti leur succès sur leur capacité à répondre à des besoins très précis (en personnel très qualifié), urgents et massifs (dans des qualifications plus faibles), voire hors du commun (**voir encadré ci-dessous**). De là à s'assimiler à des cabinets de pré-recrutement, il n'y a qu'un pas... que la profession elle-même se refuse à franchir ! «La durée de la mission doit être d'autant plus longue que la qualification demandée est élevée», entend-on en effet un peu partout. «Une secrétaire bilingue connaissant le traitement de texte doit effectuer une mission de deux mois au moins, et un cadre de trois à six mois» fait observer Geneviève Sicard, directeur des ressources humaines de Ransstad France. Cela, tout simplement pour compenser les coûts de recherche et de sélection du candidat...

De la qualité du recrutement du personnel intérimaire dépend bien évidemment la réputation de l'ETT. Chaque agence procède

donc à un tri sévère qui, au-delà de la compétence professionnelle — donnée acquise puisque vérifiée à travers des tests —, se doit de respecter les desiderata du client, si extravagants soient-ils. «Les goûts vestimentaires, les attitudes, la démarche et même la silhouette d'une secrétaire — qui n'a pourtant aucune fonction de représentation — sont souvent de la plus haute importance pour nos clients», assure le responsable d'une ETT spécialisée dans le tertiaire.

«Comme dans n'importe quel type de recrutement, l'enjeu est évidemment d'adapter l'offre à la demande, tout en s'efforçant de combler les aspirations du salarié lui-même», explique Geneviève Sicard. Il appartient donc au personnel d'agence de fournir au candidat tous les renseignements qui faciliteront son intégration dans l'entreprise. Cela, quelle que soit l'urgence de la situation.

Au nombre de 15 000, les permanents ⁽⁶⁾ qui travaillent dans les 5 000 agences d'intérim se répartissent le plus souvent entre trois types de postes dont intitulés et responsabilités diffèrent quelque peu d'une société à l'autre. L'assistante (ou la secrétaire commerciale) prend seulement les commandes des clients tandis que le coordonnateur (-trice) — aussi appelé chargé de recrutement — gère en moyenne une vingtaine de missions (contre une douzaine en 1985) : de l'embauche des intérimaires à leur fidélisation en passant par la rédaction des contrats de travail ainsi que le calcul et le paiement hebdomadaire des salaires.

Englobant des aspects aussi divers, cette fonction requiert une solide connaissance de la législation du marché et, plus généralement, des compétences en gestion, en informatique, dans le domaine juridique et celui de la formation... Char-

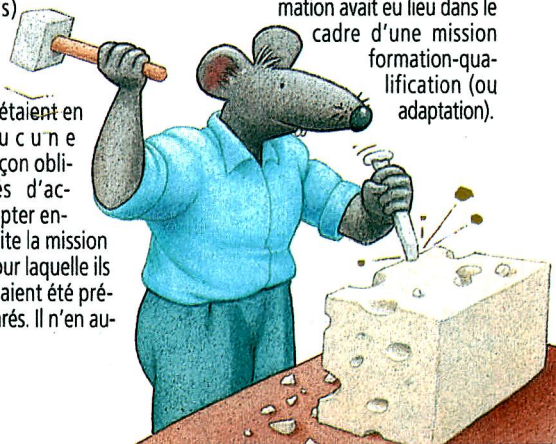
DES DEMANDES EN QUALIFICATION PEU BANALES

Il arrive que les entreprises de travail temporaire (ETT) aient à faire face à des demandes en qualification peu ordinaires. Le client de l'une d'elles lui a ainsi réclamé des tailleurs de pierre. Après s'être assurée que le traitement de cette demande serait rentable (durée des missions et nombre de candidats), l'ETT les a fait former pour la circonstance par un centre spécialisé. Comme il s'agissait de contrats mission-formation, les

candidats (tous inexpérimentés)

n'étaient en aucune façon obligés d'accepter ensuite la mission pour laquelle ils avaient été préparés. Il n'en au-

rait pas été de même si leur formation avait eu lieu dans le cadre d'une mission formation-qualification (ou adaptation).



gé de la prospection et du développement de la clientèle, l'attaché commercial est aussi amené à négocier les tarifs des prestations des intérimaires. Suivant l'expérience du candidat, ces deux types de postes se subdivisent en deux, trois, voire quatre catégories (junior, confirmé, major et senior).

Cloisonnée chez quelques-uns, l'organisation du travail en agence repose souvent sur une large interchangeabilité des compétences. Ainsi n'est-il pas rare pour un chef d'agence d'effectuer les tâches administratives et commerciales de ses subordonnés. «Tous nos permanents sont à la fois vendeurs, recruteurs et gestionnaires», indique

LES FEMMES MAJORITAIRES, ET DE LOIN !

Seul secteur où il est possible de réconcilier le commercial avec le social, l'intérim remplit une importante fonction de réinsertion professionnelle. Aux dires des professionnels, c'est l'une des raisons qui permet d'expliquer la très forte féminisation des effectifs permanents : 72 %, contre 30 % seulement chez les intérimaires (leur principal domaine d'activité étant l'industrie). «Chez nous, les femmes occupent dix-huit postes de commerciaux sur vingt. Certes, elles passent

mieux au téléphone que leurs collègues masculins mais surtout, elles s'épanouissent davantage dans l'exercice de leur profession et sont moins systématiquement à la recherche d'une promotion», explique Etienne Dreyfuss. Geneviève Sicard estime pour sa part que c'est bel et bien leur expérience de mères de famille qui leur donne l'avantage sur les candidats masculins : «Elles sont en effet habituées à mener de front plusieurs tâches très différentes.»

André Engler, chef du département gestion prévisionnelle des ressources humaines de Manpower, qui précise également que son entreprise devrait embaucher 450 de ces «commerciaux au sens large» au cours de l'année prochaine. Même constat chez Randstad, où ces trois types de postes totalisent tout de même 80 % des recrutements — une cinquantaine de personnes dont une majorité de femmes (voir encadré ci-dessus).

Au vu de ce qui précède, ces candidats doivent naturellement disposer d'une bonne culture commerciale. Une expérience dans ce domaine est donc très appréciée, même si elle n'a que peu de rapport avec le recrutement proprement dit : VRP, vendeurs d'espace publicitaire, chefs de rayon en grande surface ou même responsables de fast-food bénéficient tous d'une longueur d'avance qui peut même parfois leur permettre de surclasser des concurrents appartenant déjà au monde de l'inté-

rim ! Beaucoup d'ETT estiment en effet que l'expérience professionnelle acquise auprès de la concurrence ne facilite pas l'adaptation du candidat aux méthodes de travail de son nouvel employeur. Une vision des choses qui, heureusement, n'est pas partagée par tous : «L'expérience acquise dans notre domaine d'activité permet au candidat de gagner du temps sur la formation qui l'attend à son arrivée dans l'entreprise», pense de son côté André Engler.

orsqu'elle est nécessaire, et dans les entreprises de grande taille, cette formation complémentaire s'effectue de façon interne. Elle dure alors de six mois à un an et occupe le tiers du temps de travail du nouvel embauché, placé «en double» sur un poste. Les petites structures, elles, ont recours à un centre spécialisé (voir encadré page ci-contre). Dans un cas comme dans l'autre, la formation porte sur les notions de base en gestion et en droit du travail temporaire.

Elle concerne bien sûr en priorité les jeunes diplômés. Titulaires d'un bac mais, de préférence, d'un BTS (force de vente, action commerciale...) ou d'un DUT (techniques de commercialisation), les futurs permanents se présentent parfois nantis d'une maîtrise d'administration économique et sociale (AES), mention «administration des ressources humaines» ou d'une maîtrise de sciences-éco, mention «économie du travail et ressources humaines» (préparées à Paris 1). «Ce type de cursus fournit les connaissances économiques et juridiques de base, mais ces candidats doivent aussi et surtout apporter la preuve de leur sens commercial», souligne Etienne Dreyfuss, P-DG d'Intérim National.

Comme c'est avant tout l'efficacité professionnelle qui est visée, le recrutement des permanents

(1) Les EETP (équivalents-emplois à temps plein) s'obtiennent en divisant le cumul des heures effectuées par tous les salariés temporaires par la durée légale annuelle du travail.

(2) D'après l'Indicateur UNETT et consultants, elle serait même de - 7 % sur les huit premiers mois de 1991.

(3) L'utilisation des services des entreprises de travail temporaires.

(4) ou plus exactement des coefficients commerciaux, multiplicateurs des salaires versés aux intérimaires et facturés aux entreprises clientes. Ils sont ainsi de 2,2 dans la construction automobile et le BTP, de 2,7 dans les créneaux plus pointus comme les bureaux d'études, par exemple.

(5) 76 % des EETP s'adressent à des ouvriers (48 % de non-qualifiés et 28 % de qualifiés).

(6) Les permanents sont 20 000 au total (5 000 d'entre eux travaillant aux sièges), contre 9 000 en 1985. 55 % d'entre eux sont agents de maîtrise et cadres.

(7) Elles encouragent la mobilité par des mesures allant des primes versées au candidat à l'éventuelle réinsertion professionnelle de son conjoint...

INFORMATION ET FORMATION

porte en effet davantage sur leur personnalité que sur leur savoir théorique. Raison pour laquelle les ETT préfèrent de loin les diplômés d'une école de commerce ayant d'abord décroché un bac B — «un cursus qui leur ouvre l'esprit et développe leur sens de l'initiative» — aux psychologues de formation qui «s'intéressent trop à l'âme» ! Disponible, passionné, mobile — surtout dans les grandes structures (?) —, le «pro» de l'intérim doit aussi prouver son goût pour les contacts humains. Mais cette caractéristique doit s'imposer d'elle-même et, surtout, ne jamais faire l'objet d'affirmations péremptoires ! Pour étayer leur motivation, jeunes diplômés et candidats peu expérimentés mettront plutôt l'accent sur leur intérêt pour la vie économique, intérêt qu'ils démontreront en connaissant bien le marché de l'emploi (de façon générale, par branches ou par secteurs).

Le poste de responsable d'agence ne concerne pas les jeunes diplômés. Les postulants doivent en effet obligatoirement disposer d'une expérience commerciale de quatre à cinq ans, réussie et vérifiable (sic), ou avoir encadré une équipe de vente pendant de un à deux ans. Il arrive d'ailleurs fréquemment que la responsabilité d'une agence spécialisée (dans l'informatique, les transports, le B-TP...) soit confiée à un cadre issu du domaine en question. «Le directeur actuel de notre agence B-TP de Toulouse est un architecte qui a débuté dans celle-ci comme attaché commercial»,

Le syndicat des professionnels du travail temporaire (PROMATT) et la Chambre de commerce et d'industrie de Lyon ont mis sur pied une école unique en son genre : l'Ecole nationale des cadres du travail temporaire (ENACTT).

D'une durée d'un an (1 200 h + 400 h de stages), l'enseignement, destiné à préparer aux fonctions de chef d'agence ou de responsable commercial, porte sur les techniques de vente, de gestion, de recrutement et de motivation, ainsi que sur le droit du travail. Il se rapproche ainsi des formations continues dispensées, d'une part, par l'IFACTT (Institut national de formation des agents et des cadres des ETT) qui dépend également du PROMATT et, d'autre part, par le FORESTT (Centre de formation économique et sociale du travail tem-

poraire) qui, lui, dépend de l'UNETT (Union nationale des entreprises de travail temporaire). De niveau bac + 2, les élèves sont admis sur dossier et concours. La première promotion (1990-1991) comprenait dix-huit candidats qui ont pour la plupart été embauchés dans des PME. Celle de 1991-1992 en comptera vingt-cinq.

● ENACTT, 14 rue Gorge du Loup, 69009 Lyon. Tél. : (16) 78 83 56 09

● FORESTT, 22 rue de l'Arcade, 75008 Paris. Tél. : (1) 42 68 06 46

● IFACTT, 94 rue St-Lazare, 75009 Paris. Tél. : (1) 48 78 32 46

● PROMATT, 94 rue St-Lazare, 75009 Paris. Tél. : (1) 48 78 11 21

● UNETT, 22 rue de l'Arcade, 75008 Paris. Tél. : (1) 42 68 06 44.

comment Geneviève Sicard. Un exemple révélateur du parcours diversifié de nombreux chefs d'agence qui, après quelques années, décident parfois de créer leur propre structure ou bien d'intégrer le service ressources humaines d'un de

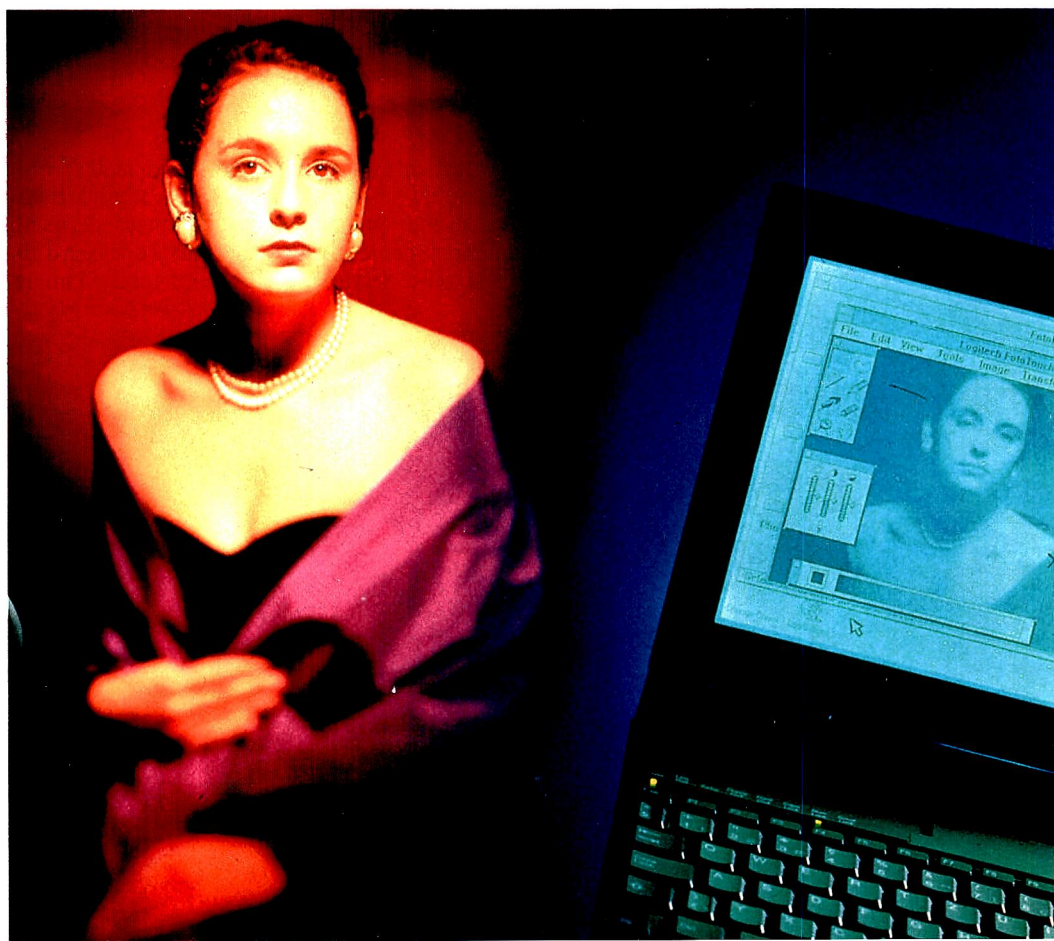
(suite du texte page 159)



PAR ROGER BELLONE

LA PHOTO SANS PELLICULE, SANS DISQUETTE NI CARTE À PUCE

Durant les prochaines semaines seront commercialisés le FotoMan, premier appareil de photo numérique sur puce, et le CD-Photo, disque compact conçu pour la mémorisation numérique des photos conventionnelles en couleurs. Deux produits pouvant être considérés, d'emblée, comme des périphériques informatiques.



Depuis quelques années, une technique vidéo analogique d'enregistrement sur disquette souple permet de photographier sans pellicule argentique. Si plusieurs appareils recevant cette disquette sont proposés pour des applications professionnelles, il n'existe qu'un seul modèle à la portée des amateurs, le Canon Ion. Une autre technologie électronique, numérique cette fois, permet aujourd'hui d'éliminer cette disquette, l'image étant mémorisée dans une puce incorporée à demeure à l'appareil de prise de vue. Le FotoMan, créé par Logitech (une firme spécialisée dans les périphériques informatiques tels que scanners, souris, logiciels etc.), sera proposé sur le marché d'ici à début février (1).

L'idée même d'une photo numérique n'est d'ailleurs pas nouvelle, bien des prototypes ayant été réalisés depuis cinq ans. Tel est le cas, par exemple, des appareils numériques conçus par Fuji et Toshiba en 1989, utilisant une carte à puce comme mémoire d'image (2). Quant à l'image numérique, elle est presque aussi ancienne que l'ordinateur, cette machine permettant soit d'en créer purement et simplement (image de synthèse), soit de transformer ou d'améliorer des images classiques numérisées (traitement d'image).

Notons encore que divers dispositifs permettant de numériser des photos ont été récemment proposés pour des applications professionnelles, soit pour traiter l'image, soit pour la transmettre au moyen d'un modem, sur ligne téléphonique numérique (Numéris) ou sur réseau informatique. C'est ainsi que, l'an dernier, Kodak a proposé le DCS (Digital Camera System), équipement de photographie numérique associant un appareil conventionnel, le Nikon F3, à un capteur d'image Kodak doté d'un DTC (dispositif

à transfert de charges) de 1,3 million de cellules. Les photos prises avec le Nikon sont immédiatement analysées par le capteur DTC, numérisées et stockées dans une mémoire d'ordinateur. Enfin, grâce à un modem intégré au système, les photos numériques peuvent être transmises par téléphone.

Ce qui est nouveau avec le FotoMan, c'est qu'il est le premier

L'avenir des technologies appartient au numérique. Dans les domaines audiovisuels et des télécommunications, en particulier : le son avec le disque compact, la télévision avec la haute définition, le téléphone avec le Numéris, l'automobile lorsqu'elle parle au conducteur, etc. Mais si le grand public sait depuis longtemps que le numérique est le langage de l'ordinateur, cette machine qui ne sait raisonner que par oui et par non (1 et 0, les "bits" du langage binaire), la photo numérique reste encore quelque peu mystérieuse pour lui.

Rappelons donc que la photo numérique est une technologie électronique. L'image formée par l'objectif n'est plus recueillie sur un film sensible mais sur un écran analyseur : écran d'un tube cathodique ou dispositif à transfert de charge (DTC) constitué d'un tapis de dizaines de milliers de

cellules photosensibles. Dans les deux cas, cette image est analysée par balayage. Point par point, ses intensités lumineuses sont converties en intensités électriques proportionnelles.

S'il s'agit d'un système analogique, cela donne naissance à un courant modulé par les intensités lumineuses lequel module à son tour l'aimantation produisant le signal magnétique enregistré sur une bande ou sur une disquette (vidéo).

S'il s'agit d'un système numérique, l'intensité électrique provenant de chaque point image est mesurée et les valeurs obtenues sont converties selon un codage binaire, par paquets de 8 bits (les octets). Ce signal numérique est alors directement utilisable par un ordinateur qui peut le stocker dans ses mémoires (bandes magnétiques, disques optiques, puces).

compact de photo numérique amateur, doté d'une mémoire à puce intégrée à l'appareil(3), et surtout pouvant se brancher directement sur un micro-ordinateur, qui récupère alors les photos prises.

Equippé d'un FotoMan, l'utilisateur est en mesure de photographier n'importe quel sujet en intérieur comme en extérieur, sans avoir à charger l'appareil avec un film, une disquette ou une carte à mémoire. Doté d'un objectif équivalent à un 4,5/35 mm d'appareil 24 x 36, le FotoMan enregistre les images dans les mêmes conditions qu'un modèle conventionnel chargé d'un film ayant une sensibilité de 200 ISO. Pour l'instant, ces images restent en noir et blanc, contrairement à la photo magnétique obtenue avec le Canon Ion, qui est en couleurs.

La finesse des photos mémorisées atteint 256 niveaux de gris et une définition de 376 x 282 points, soit 106 032 points (à comparer avec les 20 millions de points de la photo traditionnelle). D'après Logitech, il s'agit là d'une qualité supérieure à celle que procure la photo magnétique. En fait, cela nous paraît douteux a priori, la photo magnétique séparant de 380 000 à 600 000 points selon les appareils (400 000 pour le Canon Ion). A noter aussi que Fuji et Toshiba annoncent, pour leur prototype Fijix DS-1P de photo numérique sur carte à puce, une résolution de 400 000 points/image. Quoiqu'il en soit, il est cer-

Une puce à la place de la pellicule

La photo que vous réalisez avec le FotoMan n'est pas couchée sur une pellicule argentique : elle est stockée numériquement par une puce intégrée au boîtier. Vous n'avez plus qu'à brancher le petit socle livré avec l'appareil sur une entrée standard de l'ordinateur : la photo, en noir et blanc, apparaît directement et instantanément sur l'écran.

100 PHOTOS DANS UN DISQUE COMPACT

Déjà utilisé pour la musique, la vidéo et l'information, le disque compact permet aussi l'enregistrement de photos en couleurs. Conçu d'abord pour les amateurs, en 1990, il permettra bientôt la constitution de photothèques directement exploitables par ordinateur.

Quelques semaines nous séparent du lancement du CD-Photo, ce disque compact identique au CD-Audio, qui permettra l'enregistrement par laser d'une centaine de photos en couleurs. Annoncé par Kodak (1) comme système destiné aux amateurs, le CD-Photo a déjà évolué et, alors qu'il n'est pas encore commercialisé, il est devenu aussi un système professionnel de reproduction, de traitement et de transmission d'images de haute définition. Comme sur un CD-ROM (2), la technique d'enregistrement utilisée est numérique. De ce fait, le CD-Photo peut être lu directement sur un périphérique d'ordinateur ou sur un modem de transmission des images, sur un réseau numérique, tel le réseau téléphonique Numéris. Pour Kodak, le marché professionnel qui s'ouvre au CD-Photo est essentiel car il a été évalué à 30 milliards de francs dès 1995. Le CD-Photo comblera une lacune du CD-ROM dans la mesure où celui-ci n'est pas destiné à la

mémorisation d'images de haute qualité. Le débit d'informations que suppose la reproduction haute définition d'une image en couleurs sous forme numérique est très élevé relativement à la capacité des circuits et des mémoires actuelles. La barrière est totale, aujourd'hui encore, pour l'image animée. C'est ainsi que sa transmission en télévision à haute définition (TVHD) se fera sous forme analogique durant encore quelques années. De même, l'image sur vidéodisque (le laser disc) reste analogique. Les techniques numériques pour l'image animée font appel à une compression des signaux pour réduire le débit d'informations, c'est-à-dire, pour simplifier, à une technique consistant à éliminer les informations redondantes. Non enregistrées ou non transmises, celles-ci sont ultérieurement reconstituées, à la lecture, à partir des informations mémorisées. Et cette opération, bien entendu, doit se faire sans perte appréciable de la qualité de

l'image, c'est-à-dire de sa définition – ce qui, pour le moment, est encore du domaine de la recherche.

En ce qui concerne l'image fixe, photographique, c'est aussi une technique de compression – moins complexe que pour l'image animée – qui a permis à Kodak de numériser une centaine de photos par disque compact. Cette compression ne concerne que des images isolées alors que le mouvement en télévision exige une fréquence de 25 images par seconde. Ainsi, les images du CD-Photo ont elles une définition comparable à celle d'une diapositive ou d'un négatif couleur (de sensibilité 100 ISO), soit 6 millions de points dans chacune des trois couleurs fondamentales (rouge, vert, bleu). Ce qui représente 18 millions de points par image, contre 6 à 8 millions en TVHD. Les algorithmes de compression des signaux sur le CD-Photo permettent ainsi de mémoriser une image avec 6 Mo au lieu de 18 Mo sans compression et ce, sans perte de qualité. Ce qui autorise l'enregistrement de la centaine de photos annoncées puisque le disque compact a une capacité de 600 Mo.

Pour être plus précis, il faut ajouter que l'image est en fait mémorisée sous cinq résolutions différentes permettant de choisir avec quel niveau de détails on

veut la lire. Pour obtenir ces images numérisées, les amateurs n'auront pas à se doter d'un scanner. Ils confieront simplement leurs diapositives et négatifs 24 x 36, noir et blanc ou couleur, à leur laboratoire habituel. Ce dernier sera équipé, lui, d'une station de transfert CD-Photo conçue par Kodak, dotée d'un scanner de film à haute résolution avec analyseur d'images, d'un ordinateur Sun Microsystems Sparcstation, d'un enregistreur CD-Photo fabriqué par Philips et d'une imprimante à transfert thermique Kodak XL 7700 CD. L'enregistreur inscrit l'image sur un disque vierge du type enregistrable une seule fois (donc sans possibilité d'effacement). L'imprimante procure des tirages sur papier ayant l'aspect d'une photo.

Au cours de ce premier trimestre 1992, Kodak mettra à la disposition des créateurs et éditeurs de logiciels un système de travail sur des images CD-Photo leur permettant de lire directement le disque afin d'intégrer des images à leur projet. Il s'agit du "kit de développement CD-Photo" et du "kit d'utilitaires CD-Photo". Écrits en langage C, ceux-ci seront utilisables sur MS-DOS (Windows 3.0), sur Macintosh, Unix et OS/2. Le kit de développement CD-Photo permet à un programmeur de transférer

tain que les images du FotoMan sont suffisantes comme documents d'information et pour des utilisations comme l'édition ou la presse.

L'appareil de prise de vue FotoMan est équipé d'un obturateur électronique procurant des temps d'exposition de 1/30 à 1/1000 s ainsi que le 1/25 s au flash (intégré au boîtier).

Le transfert des images vers l'ordinateur est assurée par un socle (qui se branche sur l'entrée standard par une interface RS-232) sur lequel il suffit de poser l'appareil. Cet ordinateur peut être un PC IBM 286, 386, 486, un système PS/2 et compatibles. Ces ma-

chines doivent disposer au minimum d'une mémoire vive de 1 Mo (l'idéal étant 2 Mo).

Avec l'appareil FotoMan, le constructeur propose un logiciel de traitement d'image, le FotoTouch. Il s'agit en fait d'une version perfectionnée du logiciel Ansel de Logitech conçu primitivement pour son scanner à main Scan Man 256 (4). Comme pour le transfert des images vers l'ordinateur, ce nouveau logiciel fonctionne sous Window 3. Il permet de traiter les photos en 256 dégradés de gris, donc sans perte de la qualité initiale. Il est ainsi possible d'ombrer, d'éclairer une image, de faire varier ses dimen-



des images stockées sur un CD-Photo via un lecteur CD-ROM XA vers un ordinateur. Quant au kit d'utilitaires, il fournit les fonctions nécessaires pour accéder aux images sur CD-Photo dans des applications n'ayant pas été conçues pour le CD-Photo. Ainsi, pourra-t-on balayer le

contenu d'un CD-Photo représenté, soit par une liste de titres, soit par un montage d'images, sélectionner une image ou une séquence d'image pour affichage dans une fenêtre distincte, l'imprimer, opérer sur cette image des agrandissements ou

des redressements de lignes verticales, copier des parties d'images, les assembler, les intégrer à du texte ou à des graphiques. Il sera aussi possible de sauvegarder une partie d'une image dans plusieurs formats de fichier de grande diffusion, comme

sions, de la découper, de la faire tourner, etc. Foto-Touch reçoit toutes les cartes graphiques EGA, VGA, Super VGA, Hercules et compatibles. Enfin, les images peuvent être stockées en formats (ou normes d'enregistrement des disquettes) TIFF, PCX, BMP ou EPS, et intégrées à n'importe quel système de PAO ou de présentation.

Le système FotoMan apparaît donc comme un nouveau pont entre la photo et l'informatique. «En tant qu'œil supplémentaire de l'ordinateur, dit Daniel Borel, président de Logitech, FotoMan offre une vaste palette de possibilités graphiques (...) pour les

systèmes actuels. Son maniement aisé et son design ergonomique vont mettre la photographie numérique à la portée d'un grand nombre d'utilisateurs de micro-ordinateurs.»

Roger Bellone

TIFF et EPS.

Mais pour réussir cette aventure technologique, il fallait aussi une norme couleur permettant la transformation rapide des images couleurs à haute résolution sur les écrans d'ordinateurs. Aussi Kodak a-t-il proposé aux constructeurs de matériel informatique et aux éditeurs de logiciels une norme universelle pour le traitement numérique des couleurs : le codage YCC. Celui-ci est déjà adopté par des éditeurs de logiciels : Adobe System dans la version 2 de Postscript ou par Alders Corporation dans le DTP Pagemaker.

Ainsi donc, dès son arrivée, le CD-Photo permettra l'utilisation normalisée de l'image photographique sur l'ordinateur. Pour John P. White, vice-président d'Eastman Kodak, le CD-Photo ouvrira ainsi de «nouveaux horizons à la publication assistée par ordinateur, aux applications multimédias et à des dizaines d'autres domaines. Pour la première fois, les utilisateurs disposeront d'un moyen pratique de constituer une énorme photothèque disponible sur leur bureau.»

Paule Sully

(1) *Science & Vie* n° 878 de novembre 1990, p. 135.

(2) Le CD-ROM (pour Compact Disc Read Only Memory, mémoire à lecture seule) désigne un disque de mémoire morte comportant de l'information sous forme numérique et dont la lecture se fait par rayon laser.

(1) Pour un prix sensiblement égal à celui du Canon Ion, 6 500 F environ. Dimensions : 13x8x3 cm, et poids : 280 g.

(2) Voir *Science & Vie* n° 862 de juillet 1989, p. 149.

(3) Il s'agit d'une mémoire RAM (Random Access Memory), à accès aléatoire à très court temps d'accès, et permettant de stocker 32 photos.

(4) Sur le Scan Man, voir *Science & Vie* n° 856 de janvier 1989, p. 158.

PAR PAULE SULLY

100 000 PAGES DANS VOTRE POCHE

L'extraordinaire mémoire que constitue le disque optique numérique permet aujourd'hui d'y loger une bibliothèque consultable avec un lecteur de la taille d'un petit livre.

Il y a déjà bien des années que l'informatique permet de mémoriser sur film, sur bande magnétique ou sur disque optique numérique, des milliers de pages de textes et d'illustrations. La miniaturisation des circuits et des mémoires informatiques aidant, des éditeurs (surtout américains) proposent des guides pratiques, des dictionnaires, des encyclopédies sous forme de livres de poche électroniques. Ayant l'aspect de calepottes avec clavier et écran, ces appareils permettent d'accéder à de multiples informations (définition, description, traduction...), lesquelles s'affichent instantanément à l'écran. C'est simple et, grâce aux progrès de la microélectronique, peu coûteux. L'inconvénient c'est que chaque machine possède un logiciel convenant au seul ouvrage édité. Un handicap que le Japonais Sony est en train d'éliminer.

Pulvérisant tous les records en ce domaine, il annonce en effet pour le printemps prochain le lancement du Data Discman, bibliothèque portative d'un poids de 700 grammes (11 x 16 x 4 cm), recevant des disques optiques de 8 cm de diamètre ayant une capacité de 100 000 pages chacun, soit la valeur de dix fois le Grand Dictionnaire encyclopédique Larousse (100 volumes au total) ! En fait, chaque disque peut contenir, par exemple, une encyclopédie, plusieurs dictionnaires bilingues, un annuaire,

un guide professionnel, un guide de restaurants, etc. Bref, il donne accès à une information détaillée et pluridisciplinaire. Son utilisation est des plus simples : il suffit de le charger dans le lecteur — pour le protéger des rayures éventuelles, on l'y glisse avec sa cartouche en plastique munie d'un volet métallique.

Quant au Data Discman, c'est un lecteur CD-ROM doté d'un logiciel de recherche intégré, utilisable pour tous les disques. Ce système informatique permet un accès rapide à toute information, quelle que soit sa place en mémoire. Cette facilité de recherche est comparable à celle que procure une platine pour disque compact. Le lecteur comporte un écran à cristaux liquides de 9 cm de diagonale autorisant l'affichage de données sous formes alphanumérique et graphique. Données que l'on peut, par ailleurs, lire sur un moniteur vidéo externe par exemple, un écran de téléviseur. Le clavier de commande possède 26 touches, sans compter les touches de fonction. Autre performance remarquable : le Data Discman est utilisable en plusieurs langues, il suffit pour cela de sélectionner une langue dans le menu de départ. Enfin, avec des écouteurs, il permet l'audition de tous les disques compacts audio de 8 cm, car il possède les mêmes fonctions que les lecteurs de disques compacts

classiques (répétition, mixage, accès sélectifs...).

Pour la recherche de l'information sur le Data Discman, il existe cinq modes de consultation :

- une recherche par mot. Celle-ci s'effectue en tapant le début, la fin ou l'intégralité d'un mot et en le sélectionnant dans la liste qui apparaît alors sur l'écran.
- Une recherche par mot

LES CARACTERISTIQUES DU DATA DISCMAN

Type : lecteur CD-ROM pour disques de 8 cm de 200 mégaoctets (soit 200 millions de caractères).

Logiciel de recherche : incorporé aux circuits intégrés ; système unique pour tous les disques qui seront édités.

Ecran de lecture : à cristaux liquides monochromes, de

256 200 cellules et de 9 cm de diagonale. Affichage de 10 lignes de 30 caractères chacune. Fonction de défilement pour les textes longs.

Clavier : 26 touches alphanumériques, plus les touches de fonction.

Puissance : 2,5 W

Alimentation : batterie 9 V

rechargeable ayant une autonomie de 2 à 3 heures, ou 6 piles type RE 6 ayant une autonomie de 5 à 6 heures. Possibilité d'utiliser le secteur ou une batterie de voiture de 12 V.

Dimensions et poids : 11 x 16 x 4 cm environ, 705 g avec la batterie.

Sorties : écouteurs et vidéo.

clef. On entre, au choix, de 1 à 5 mots clefs qui vont servir d'indices au logiciel de recherche. Sur l'écran s'affiche alors une liste de mots dans laquelle on sélectionne le terme utile.

- Une recherche par multicritères. La sélection s'établit à partir de listes de critères préenregistrés par l'éditeur du livre électronique.

- Une recherche par menu. Elle se fait parmi ceux proposés par l'éditeur, qui a repris le principe de la table des matières des livres traditionnels.

- Un système de références croisées. Certaines définitions comportent un mot identifié comme faisant lui-même l'objet d'une définition insérée en un autre point du disque. Ce système permet d'accéder directement à ce texte référencé et réciproquement.

Des accords ont été passés par Sony et des éditeurs, qui permettront au moment du lancement du Data Discman de proposer au public un premier éventail de livres électroniques. Huit seront ainsi sur le marché français dès le printemps 1992. Ce sont trois sociétés de services informatiques agréées par Sony — CDIT, Act Multimedia et Van Dick —, qui en assurent la préparation technique.

Parmi les ouvrages à vocation éducative et culturelle, on pourra découvrir le Dictionnaire électronique Hachette, coédité par Hachette et Act Multimedia. Ce dictionnaire contient 400 000 formes du français contemporain accessibles à partir de 72000 mots d'entrée, dont 21 000 noms propres ; un atlas mondial de 8 500 données ; un dictionnaire de synonymes ; un précis des règles orthographiques ; une compilation des principaux proverbes et un lexique des mots nouveaux du français vivant. Sans oublier le chapitre sur l'art de rédiger les lettres, les fautes à éviter, les règles des césures typographiques, etc.

Pour les cinéphiles, Robert Laffont et CDIT proposent ensemble le Guide des films. Soit plus de 10000 recensés dans tous les genres et dans tous les pays. Chaque œuvre s'accompagne d'un générique, d'un résumé du film et d'une critique. L'avantage de ce livre électronique est qu'il propose des possibilités d'indexation plus variées (par réalisateur, par acteur...) qu'un guide traditionnel avec classement alphabétique uniquement. De plus, il communique les références vidéo de chaque film (nom de l'éditeur, indication de la version — VF, VO ou version sous-titrée...).

Dans le domaine des langues, sera proposé un



Dictionnaire bilingue (français-anglais) édité par Robert et Collins et développé par la société Van Dick. Il s'agit de la version junior de la nouvelle édition du Robert et Collins à laquelle s'adjoint le lexique grammatical de la version senior. Ses caractéristiques : 105 000 unités de traduction ; les tables de conjugaison des verbes anglais et français ; une transcription phonétique de l'anglais et du français ; le traitement des américanismes ; un guide pratique de conversation ; un vocabulaire de spécialités couvrant les techniques nouvelles et les disciplines de pointe (informatique, télécommunications...), etc.

Les Chronologies du Monde seront aussi proposées en livre électronique, coédité par le Monde et Act Multimedia. Il recense les chronologies du quotidien depuis le 2 juin 1944, en 11 500 notices. Par ailleurs, il propose des fonctions de recherches d'information par dates, critères thématiques, personnalités ou événements.

Enfin, on pourra prendre connaissance de la collection Pratique du bridge. Disponible en français, anglais et allemand, elle comporte cinq livres électroniques correspondant chacun à un niveau de jeu différent.

Parmi les produits à but professionnel, Eurédif lancera le livre électronique Europages. Il s'agit de la transposition de la neuvième édition (1990-1991) de l'annuaire des affaires Europages, contenant 150 000 fournisseurs représentatifs du marché européen (15 pays) et 600 rubriques d'activités. Il est présenté en cinq langues : anglais, allemand, espagnol, français et italien.

Deux autres éditions seront encore disponibles : le Guide des vins 1992 (10 000 vins jugés à l'aveugle par 450 dégustateurs) et l'OVP-Editions du Vidal (un extrait de son aide-mémoire sur les médicaments français et leurs équivalences européennes). Prix du Data Discman : environ 4 000 F. Prix de chaque disque : 250 F.

Paule Sully

SCIENCE & JEUX

PHYSIQUE AMUSANTE

Le boomerang inertiel

Quand on lance une boule sur un terrain plat, elle s'en va et ne revient jamais toute seule ; si on veut la récupérer, il faut aller la rechercher - ou envoyer le chien. Pourtant, on peut faire un cylindre qui va revenir tout seul après s'être éloigné, et cela est d'autant plus paradoxal qu'il n'y a ni fil caché, ni moteur interne.

La seule manière, en plaine, d'être sûr de voir revenir droit sur soi l'objet qu'on a lancé, c'est de l'envoyer en l'air à la verticale : il redescendra alors selon la même ligne droite qu'il a parcourue en montant – encore ne faut-il pas l'envoyer trop haut car, entre-temps, la Terre tourne et il retombera plus loin. Hormis ce cas limite, tout ce qu'on lance en oblique ou à l'horizontale s'éloigne sans espoir de retour.

Bien sûr, nous parlons ici d'un objet lancé devant soi sur terrain plat, car il est évident que si on l'envoie sur une pente montante, il va redescendre et revenir. On sait aussi qu'on peut utiliser les forces aérodynamiques, comme le boomerang, mais l'engin décrit un vol courbe et non un aller et retour en ligne droite. Or on peut fabriquer un objet qui roule et qui va revenir tout seul si on l'envoie devant soi. Cet objet pourrait avoir quatre roues, mais sous sa forme la plus simple il est constitué d'un unique cylindre genre boîte de conserve.

On l'envoie rouler droit devant sur un sol dur et bien plat, comme un plancher, et au bout d'une certaine distance ils s'arrêtent, ce qui est normal ; ce qui l'est

moins, c'est qu'à ce moment il repart en arrière jusqu'à revenir aux pieds du lanceur. Et si on ne le retient pas, il s'immobilise et repart en avant – mais moins loin – puis revient en arrière, et cela plusieurs fois si le sol est vraiment lisse et l'engin bien construit.

Tout se passe comme s'il était lancé sur une surface concave, à la manière d'une bille lâchée au bord d'un bol ou d'une soupière et qui fait plusieurs aller et retour. Du point de vue théorique, les deux cas sont d'ailleurs assez voisins puisqu'il s'agit à chaque fois d'accumulation d'énergie cinétique. Notre cylindre n'a pas de moteur au sens propre, mais il possède un accumulateur d'énergie qui lui permet de revenir en arrière ; en contrepartie, dans sa course avant, il va moins loin qu'un cylindre équivalent (même masse et mêmes dimensions) lancé à une vitesse identique.

De fait, l'énergie nécessaire au retour est fatalement prélevée sur celle qu'on lui donne au départ car il n'existe aucun mouvement qui puisse se faire sans travail. Le trajet avant se trouve donc freiné progressivement par cet accumulateur d'énergie

qui n'est autre qu'un contre-poids interne lié aux deux côtés du cylindre par un élastique.

Quand on lance le cylindre sur un sol plat, il se met à rouler, mais la masselotte qui est à l'intérieur tend, par inertie, à garder la position qu'elle avait au départ, donc à pendre vers le bas. Comme les deux bases du cylindre tournent mais que la masselotte reste immobile, les élastiques qui la tiennent s'enroulent sur eux-mêmes – leur couple de rappel a été choisi nettement inférieur au couple nécessaire pour remonter jusqu'à la verticale cette sorte de pendule qu'est le contre-poids.

Toutefois il faut une certaine force pour entortiller un élastique, et cette force est prise sur l'énergie de roulement du cylindre qu'on a lancé – autrement dit, sur son moment cinétique. Cela ralentit la rotation qui, à un moment donné, s'arrête ; une fois le cylindre immobile, l'élastique tend à se dérouler en prenant appui sur l'inertie de la masselotte. En effet, le cylindre n'oppose qu'une très faible résistance au roulement, alors que relever le contre-poids suppose de vaincre la pesanteur qui le tire toujours vers le bas.

De ce fait, l'élastique se déroule en faisant tourner le cylindre qui revient vers le lanceur. Mais comme, entre-temps, il y a fatalement eu glissement de ce cylindre par rapport au sol, et que l'élastique est toujours plus ou moins déjà enroulé au départ, lorsqu'il s'arrête de nouveau, il reste une certaine tension ; l'engin repart en avant.

Il y a un nouvel arrêt, puis il revient en arrière, et le cycle peut se poursuivre deux ou trois fois jusqu'à ce que toute l'énergie cinétique donnée au lancer ait été épuisée. La distance totale parcourue en tenant compte des allers et des retours est égale à celle qu'aurait atteinte un cylindre de même masse mais dépourvu de liaison élastique ; celui-ci aurait donc été nettement plus loin par rapport au lanceur.

Avec notre modèle à élastique, tout se passe comme si un fil invisible reliait le lanceur et le mobile. En réalité, le retour est dû au moment d'inertie de la masselotte qui permet d'emmagasiner, puis de restituer l'énergie du lancement, mais au détriment de la distance parcourue par rapport au lanceur : quand le mobile s'arrête, il est revenu à ses pieds.

La construction de ce boomerang inertiel ne pose pas de gros problèmes – les montages les plus simples sont souvent ceux qui donnent les effets les plus bizarres. Le matériel à réunir est de ce fait très limité : règle et cutter, colle Uhu-Plast et trichloréthylène, deux clous de crochet X, de l'élastique Jokari et du polystyrène choc en feuilles de 0,5 et 2 mm d'épaisseur.

Ce dernier est disponible, directement ou par correspondance, chez Adam Montparnasse, 11 bd Edgar-Quinet, 75014 Paris, ou chez Pierron Entreprise, B.P. 609, 57206 Sarreguemines.

collés. On les munira de deux clous de crochets X en acier trempé. Pour le tracé et la découpe des deux disques de 100mm, ces deux clous, enfoncés à chaud dans le polystyrène, seront disposés à 50 mm l'un de l'autre – et à 47,5 mm pour les deux disques de 95 mm.

On commencera par percer le centre du futur disque avec une aiguille chauffée qui doit traverser la feuille de polystyrène. Ensuite, on introduira l'une des pointes du compas de découpe dans ce trou et on fera tourner la seconde en appuyant suffisamment afin de marquer la circonférence ; il est souvent plus simple de faire tourner la feuille

dans du bristol. Nous verrons comment le disposer et le coller par la suite.

Afin de créer un épaulement sur lequel viendra reposer le corps du cylindre, on assemblera par collage un petit et un grand disque en se reportant à la **figure 4**. Pour les centrer correctement, on utilisera le trou central dans lequel on introduira une aiguille qui servira de guide. Il restera à encoller l'une des deux faces intérieures et à laisser reposer sous un poids.

Avec un trombone déployé et redressé, on formera deux anneaux – **figure 5** – que l'on disposera exactement au centre des disques du côté du plus

qu'il s'emboîte parfaitement sur l'épaulement des flasques : on a toutes les chances de le trouver trop grand ou trop petit.

Le mieux est donc de faire comme les tailleurs : essayer et marquer avant d'assembler. Toutefois, afin de préformer la feuille de polystyrène de 0,5 mm d'épaisseur, et pour éviter que son élasticité naturelle ne gêne l'essayage, on la roulera sur elle-même selon un cylindre de 4 ou 5 cm de diamètre et on la maintiendra ainsi pendant une ou deux heures. Lorsqu'on la libérera, elle aura pris une courbure et sera plus facile à travailler.



Muni de ces éléments, on commence la construction par la découpe des quatre disques A, A1, B, B1 dans du polystyrène choc de 2 mm. Avec la méthode Hobbystyrène, la fabrication de disques se fait très simplement à l'aide d'un outil dénommé "compas de découpe" (voir l'ouvrage la Physique amusante, collection Science & Vie / Pierron).

La **figure 1** montre comment fabriquer cet outil à l'aide de trois rectangles en polystyrène de 20x80 mm superposés et

sous le compas que de faire tourner l'outil.

Après quoi on retournera la feuille et on opérera de même sur le verso. Il sera ensuite aisé de dégager le disque : le polystyrène se rompra le long du double sillon. La tranche sera enfin soigneusement poncée. On fera de même pour les trois disques restants – **figure 2**.

Le corps du cylindre, pièce C, **figure 3**, est constitué d'un rectangle de 90x310 mm découpé dans du polystyrène de 0,5 mm d'épaisseur – ou à la rigueur

petit. Ils seront maintenus par des morceaux de ruban adhésif plastique (genre ruban isolant électrique, **figure 5**) dont l'adhérence sera renforcée par une goutte de colle Cyanocrylate. Sans cette précaution, la traction de l'élastique qu'ils devront maintenir suffirait à les décoller.

Le tracé de mesures précises étant toujours délicat dès qu'il s'agit de cercles ou de cylindres, il serait risqué d'évaluer la circonférence de notre cylindre et de faire un collage avec l'espoir

Cela fait, on la mettra en place sur l'un des disques (voir **figure 8**) et on marquera au crayon le recouvrement. On fera de même de l'autre côté, puis on assemblera provisoirement avec deux morceaux de ruban adhésif et on essaiera encore les emboîtements qui doivent être à frottement doux. C'est seulement ensuite que l'on collera les deux parties et on laissera sécher. On ne collera cependant pour l'instant pas le corps du cylindre sur les disques.

Comme nous l'avons vu, le dis-

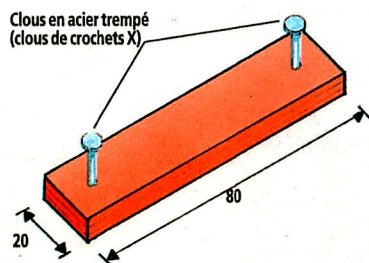


Figure 1

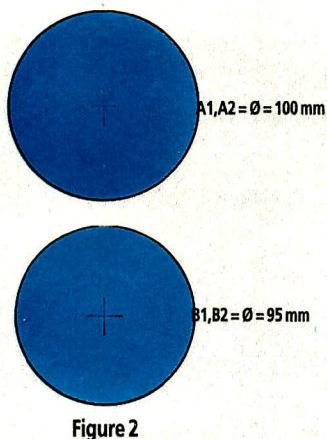
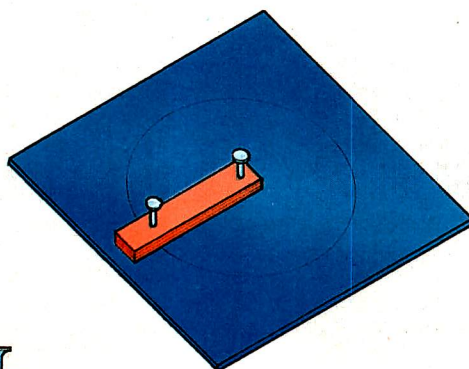


Figure 2

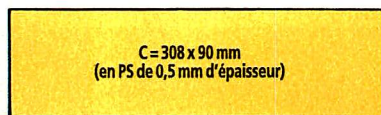


Figure 3

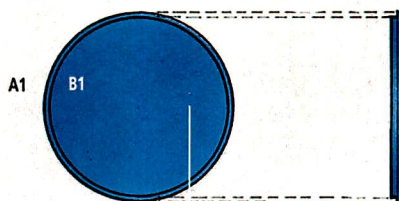


Figure 4

positif accumulateur d'énergie est très simple : c'est un contrepoids qui est fixé au centre d'un faisceau de caoutchouc. Si l'on fait tourner le cylindre dont le faisceau est solidaire, le contrepoids s'écarte peu de la verticale ; le faisceau, qui a été calculé pour cela, se tord donc sur lui-même jusqu'à ce que le couple croissant ainsi produit annule la vitesse de l'objet. A ce moment, il s'arrête. Puis le couple agit en sens inverse en restituant l'énergie emmagasinée : le cylindre repart en arrière.

Pour que tout se déroule au mieux, il faut d'abord que le contrepoids ne touche pas l'in-

térieur du cylindre. Donc, il doit être suffisamment tenu et avoir un bras assez court pour qu'au départ, au moment où le caoutchouc est peu tendu, sa longueur soit correcte ; mais, d'un autre côté, il y a intérêt à ce que la longueur de ce bras soit la plus grande possible : si elle est trop courte, la masse pesante aura tendance à passer par-dessus et donc à ne pas participer à la torsion du caoutchouc. On pourrait aussi augmenter le diamètre du cylindre et réduire sa longueur afin de limiter son poids, mais alors, on réduirait aussi la quantité de caoutchouc actif. Comme on le voit, la

conception d'un système aussi simple demande une optimisation des paramètres, et cela est classique toutes les fois où l'on doit concevoir un système quelconque. Une solution technologique est toujours le résultat de compromis et de choix difficiles.

C'est pourquoi nous recommandons, dans un premier temps, de se référer aux cotes données car elles résultent d'une première optimisation faite par P. Courbier. Mais que cela n'empêche pas les lecteurs créatifs et doués d'améliorer le dispositif car on peut jouer à la fois sur la masse et les dimen-

sions du cylindre, sur celles du contrepoids, et sur la nature du composant élastique qui accumule l'énergie.

En ce qui concerne la masselotte, nos essais ont montré – avec le cylindre et le caoutchouc choisis – que la masse nécessaire et suffisante était d'environ 40 g, portée par un bras de levier de 35 mm – **figure 6**. Cette masse pourra être réalisée de plusieurs manières : feuillard de plomb, pièces de monnaie assemblées par collage (cyano-crylate), écrous en laiton ou en acier, etc. L'important est d'avoir une masse de 40 g sous le plus petit volume possible.

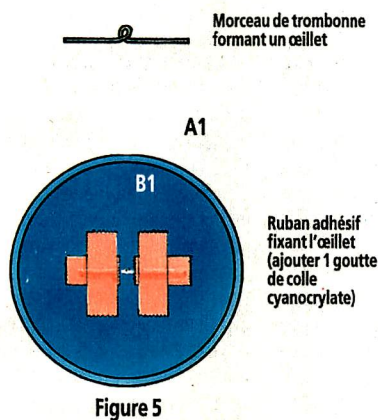


Figure 5

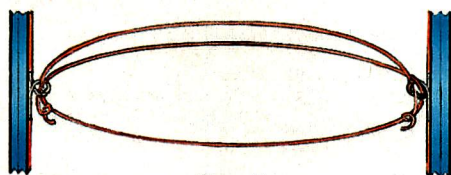
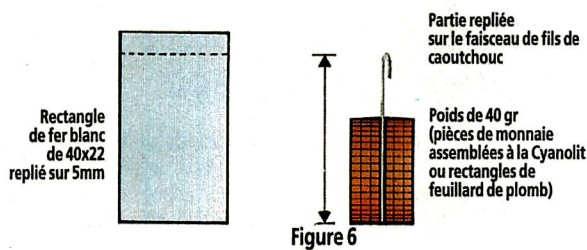


Figure 7

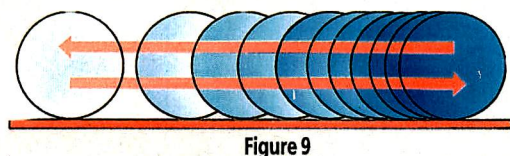


Figure 9

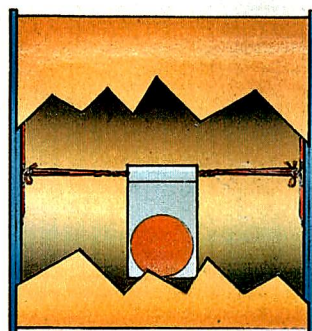
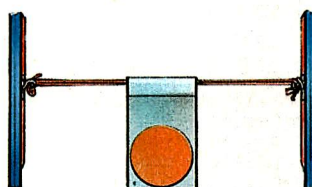


Figure 8

Le levier est un rectangle en tôle (fer blanc, aluminium, laiton ou autre) de 22x40 mm – extrait éventuellement d'une boîte de conserve. Sa partie supérieure sera repliée sur 5 mm avec des pinces; elle est destinée à ensermer le faisceau d'élastiques. Celui-ci est constitué par un triple brin de caoutchouc dont la longueur totale est d'environ 300 mm. Il s'agit d'un fil de caoutchouc que l'on trouve dans les magasins de jouets ou de sport qui vendent le jeu dénommé Jokari. Si l'on n'en dispose pas, on pourra utiliser de grands bracelets élastiques (fournitures de bureau), mais la

matière première est alors de moins bonne qualité : les performances s'en ressentiront. Pour bien amarrer le fil élastique, il faut le terminer par un nœud serré comme illustré figures 7 et 8. La fixation pourra se faire sur les disques non engagés dans le corps du cylindre ; en effet, la souplesse du polystyrène de 0,5 mm permettra facilement d'introduire l'un des disques pour monter l'ensemble par la suite. Les fils noués solidement aux deux anneaux, on accrochera au centre le contrepoids – **figure 8** – et on repliera complètement la tôle avec des pinces au

tour du faisceau élastique en faisant attention à ne pas abîmer le caoutchouc. Il restera à monter le système en engageant les deux disques comme indiqué **figure 8**. Les essais peuvent commencer; ils se réduiront au lancement (voir **figure 9**), d'abord faible, puis de plus en plus fort, du cylindre sur une surface lisse et plate. Si tout a été bien exécuté, la portée utile sera de 5 mètres environ. Si on cherche à aller bien plus loin, l'impulsion de départ sera telle que le contrepoids tournera autour du faisceau et le gain en portée sera diminué d'autant – à moins

d'avoir amélioré le montage, ce qui est toujours possible. Les essais au maximum de portée devront être faits après avoir déposé entre le corps du cylindre et les flasques quelques points de colle (3 à 4 de chaque côté) destinés à les rendre solidaires. On évitera de coller trop solidement, car il deviendrait impossible de démonter pour changer l'élastique. Dans un autre ordre d'idée, on évitera aussi de dévoiler trop tôt le principe de ce boomerang inertielle qui pourra en étonner beaucoup.

Renaud de La Taille
Modèle Pierre Courbier

INFORMATIQUE AMUSANTE.

Générez vos symboles grâce à supergraph

Le programme que nous vous proposerons de réaliser ce mois-ci s'adresse exclusivement aux possesseurs de PC compatibles disposant d'un GW Basic.

En fait, si aucune adaptation de ce programme pour les appareils de la série Amstrad CPC n'est proposée, c'est tout simplement parce qu'il ne serait

pas d'une grande utilité. Il s'agit d'un logiciel de génération graphique et nous avons déjà proposé, dans ces pages, un logiciel du même type – bien que moins puissant – spécialement étudié pour la gamme Amstrad. Rappelons, pour en revenir à notre programme, que sur les PC compatibles il est impossible de re-

définir directement les symboles graphiques en tant que caractères accessibles directement depuis un code ASCII. Le but de notre logiciel sera donc de permettre leur étude graphique de manière aussi conviviale que possible. Passons donc à l'étude de ce programme, au demeurant relativement court.

En premier lieu nous demanderons à la machine de passer en mode d'affichage 9 afin de disposer d'une haute résolution graphique couleur, puis la page d'accueil du programme

sera affichée.

L'ordinateur demandera alors de lui préciser combien de pixels occupera le graphique à définir. Pour des raisons de représentation sur l'écran ce nombre est limité à 25 de large par 20 de haut.

Une fois ces paramètres fixés, le programme réservera deux tableaux, à l'aide de l'instruction DIM – que nous utiliserons pour mémoriser les données du nouveau graphique – puis il passera à l'écran de saisie. En premier lieu la zone de travail sera affichée grâce à une

```
10CLS:SCREEN9:COLOR9,0:CLR
20REM *****
30REM *
40REM * Tracé du logo de la page *
50REM * de représentation *
60REM *
70REM *****
80LETX=40:LETY=160
90FORI=64TO0STEP-4
100COLOR4:LETA=10*(1+(I/10))
110LETB=20*(1+(I/10)):LETC=80*(1+(I/10))
120LETD=65*(1+(I/10)):LETE=5*(1+(I/10))
130LETX=X-2:LETY=Y-1
140IFI=0THENCOLOR14
150PSET(X,Y)
160DRAW"R=A;U=A;L=A;U=A;R=C;"
170PSET(X+15,Y-10)
180DRAW"D=A;R=A;U=A;"
190PSET(X+30,Y)
200DRAW"R=A;U=A;L=A;D=B;"
210PSET(X+45,Y-5)
220DRAW"R=A;U=E;L=A;D=A;R=A;"
230PSET(X+60,Y)
240DRAW"U=A;R=A;"
250PSET(X+95,Y-10)
260DRAW"R=A;D=A;L=B;U=B;R=D;"
270PSET(X+110,Y)
280DRAW"U=A;R=A;"
290PSET(X+135,Y-5)
300DRAW"G=E;L=E;U=A;R=A;D=A;"
310PSET(X+140,Y)
320DRAW"R=A;U=A;L=A;D=B;"
330PSET(X+155,Y)
340DRAW"U=B;"
350PSET(X+155,Y-10)
360DRAW"R=A;D=A;"
370NEXTI
380REM *****
390REM *
400REM * Affichage des commentaires *
410REM *
420REM *****
430COLOR10:LOCATE15,40:PRINT"Bonjour..."
440LOCATE18,40:PRINT"Afin de générer vos graphiques"
450LOCATE19,40:PRINT"pourriez-vous m'indiquer"
460LOCATE20,40:PRINT"le nombre choisie:"
470REM *****
480REM *
490REM * Saisie du nombre de pixels *
500REM * ch0isi pour le graphique. *
```

```
510REM *
520REM *****
530LOCATE21,40:INPUT"pixels horizontaux (25 maximum):";
PX
540IFPX>25ORPX<1THENGOTO530
550LOCATE22,40:INPUT"pixels verticaux (20 maximum):";
PY
560IFPY>20ORPY<1THENGOTO550
570CLS
580REM *****
590REM *
600REM * Création des tableaux de *
610REM * mémorisation. *
620REM *
630REM *****
640DIMM(264)
650DIMS(PX,PY)
660LETFCOL=28:LETFSC=10
670REM *****
680REM *
690REM * Initialisation de la *
700REM * couleur du fond. *
710REM *
720REM *****
730FORA=1TOPX
740FORB=1TOPY
750LETS(A,B)=FCOL
760NEXTB
770NEXTA
780REM *****
790REM *
800REM * Affichage de l'écran *
810REM * de travail. *
820REM *
830REM *****
840FORHG=1TOPX
850FORVG=1TOPY
860LETCOUL=S(HG,VG):IFCOUL>19THENLETCOUL=COUL-20
870IFCOUL=0THENGOTO900
880COLORCOUL
890LOCATEVG,(2*HG)-1:PRINTSTRING$(2,219)
900NEXTVG
910NEXTHG
920COLOR9
930LOCATE1,55:PRINT"Voici la zone de travail"
940LOCATE2,55:PRINT"que vous avez défini."
950COLOR15
960LOCATE4,60:PRINT"- Touches 4,6,8 et "
970LOCATE5,55:PRINT"8 et 2 (G-Det H-B) pour "
980LOCATE6,55:PRINT"changer de pixel, la touche "
```

double boucle FOR... NEXT. De même une série de commentaires seront inscrits en bord d'écran. La ligne 1120 permet au programme de détecter la frappe des touches. En fonction des valeurs prises par K\$, les lignes suivantes interpréteront ces ordres, soit comme un déplacement du curseur de saisie, soit comme une modification de couleur du pixel, soit comme une demande de validation du tracé. Notons que chacune de ces opérations sera mémorisée dans le tableau S par la ligne 1190. Une

fois le graphique validé, le programme est aiguillé vers une première sous-routine. Placée des lignes 1580 à 1670 celle-ci a pour mission de transformer les opérations effectuées sur la zone de travail en un "élément d'image" exploitable par la suite en tant que tel.

Cette opération terminée, la sous-routine est abandonnée pour revenir au programme principal et le dessin est affiché. Le programme demandera alors si l'on souhaite modifier la couleur du fond du des-

sin. Dans l'affirmative une seconde sous-routine sera employée. Celle-ci, placée des lignes 1740 à 2110, commencera par présenter une palette de couleurs dans laquelle sera choisi le fond. Cette nouvelle modification sera mémorisée dans le tableau ; puis la sous-routine 1580 sera de nouveau utilisée afin de réactualiser le graphique et nous reviendrons au programme principal. Celui-ci demandera alors si d'autres modifications sont souhaitées ou non et rebouclera en conséquence. Si aucune modifica-

tion n'est demandée le programme proposera d'effectuer une sauvegarde sur disquette des paramètres du graphique. Pour cela une dernière sous-routine sera exploitée. Placée en fin de programme des lignes 2180 à 2390, elle commencera par demander de donner un nom au graphique à sauvegarder. Ce dernier sera mémorisé par la variable NG\$. Nous ajouterons ce nom au contenu de la variable BK\$, qui est utilisée afin de préciser au système que la sauvegarde doit être effectuée sur le lec-

```

990 LOCATE 7,55:PRINT"5 pour choisir sa couleur."
1000 LOCATE 8,55:PRINT"Une fois le tracé terminé,"
1010 LOCATE 9,55:PRINT"Validez-le en tapant"
1020 LOCATE 10,55:PRINT"la touche Entrée."
1030 REM *****
1040 REM *
1050 REM *   Prise en compte des   *
1060 REM *   touches frappées.   *
1070 REM *
1080 REM *****
1090 LET XCUR=1:LET YCUR=1:LET CPIX=7
1100 COLOR CPIX:LOCATE YCUR,(2*XCUR)-1:PRINT
  STRINGS(2,219)
1110 COLOR CPIX:LOCATE YCUR,(2*XCUR)-1:PRINT
  STRINGS(2,219)
1120 LET K$=INKEY$:IF K$="" THEN GOTO 1100
1130 LET K=ASC(K$)
1140 IF K=56 THEN LET YCUR=YCUR-1:IF YCUR=0 THEN LET YCUR=1
1150 IF K=50 THEN LET YCUR=YCUR+1:IF YCUR>PY THEN LET
  YCUR=PY
1160 IF K=54 THEN LET XCUR=XCUR+1:IF XCUR>PX THEN LET
  XCUR=PX
1170 IF K=52 THEN LET XCUR=XCUR-1:IF XCUR=0 THEN LET XCUR=1
1180 IF K=53 THEN LET CPIX=CPIX+1:IF CPIX=16 THEN LET CPIX=1
1190 LET S(XCUR,YCUR)=CPIX
1200 IF K=13 THEN GOTO 1220
1210 GOTO 1100
1220 GOSUB 1580
1230 LOCATE 16,55:PRINT STRINGS(25,32)
1240 LOCATE 17,55:PRINT STRINGS(25,32)
1250 COLOR 14:LOCATE 16,55:PRINT"Voulez-vous modifier"
1260 LOCATE 17,55:PRINT"la couleur du fond? (O/N)";CHR$(7)
1270 LET K$=INKEY$:IF K$="" THEN GOTO 1270
1280 IF K$="O" OR K$="o" THEN GOSUB 1740
1290 LOCATE 16,55:PRINT STRINGS(25,32)
1300 LOCATE 17,55:PRINT STRINGS(25,32)
1310 COLOR 14:LOCATE 16,55:PRINT"Voulez-vous modifier"
1320 LOCATE 17,55:PRINT"d'autres éléments? (O/N)";CHR$(7)
1330 LOCATE 23,52:PRINT STRINGS(27,32)
1340 LET K$=INKEY$:IF K$="" THEN GOTO 1340
1350 IF K$="O" OR K$="o" THEN CLS:GOTO 840
1360 FOR E=18 TO 22
1370 LOCATE E,55:PRINT STRINGS(25,32)
1380 NEXT E
1390 GOSUB 2180
1400 COLOR 14:LOCATE 16,55:PRINT"Voulez-vous créer un"
1410 LOCATE 17,55:PRINT"autre graphique? (O/N)"
1420 LET K$=INKEY$:IF K$="" THEN GOTO 1420
1430 IF K$<>"O" AND K$<>"o" THEN SYSTEM
1440 COLOR 14:LOCATE 16,55:PRINT"Voulez-vous concerver"

```

```

1450 LOCATE 17,55:PRINT"ce motif de base? (O/N)"
1460 LET K$=INKEY$:IF K$="" THEN GOTO 1460
1470 FOR E=16 TO 17
1480 LOCATE E,55:PRINT STRINGS(25,32)
1490 NEXT E
1500 IF K$="O" OR K$="o" THEN GOTO 1250
1510 GOTO 10
1520 REM *****
1530 REM *
1540 REM *   Sous-routine de calcul *
1550 REM *   des pixels du graphique. *
1560 REM *
1570 REM *****
1580 COLOR 10:LOCATE 12,55:PRINT"Voici le resultat:"
1590 FOR X=1 TO PX
1600 FOR Y=1 TO PY
1610 LET XPIX=X+500:LET YPIX=Y+180
1620 LET CLPX=S(X,Y):IF CLPX=19 THEN LET CLPX=CLPX-20
1630 IF CLPX=0 THEN GOTO 1650
1640 COLOR CLPX:PSET(XPIX,YPIX)
1650 NEXT Y
1660 NEXT X
1670 RETURN
1680 REM *****
1690 REM *
1700 REM *   Sous-routine de modification *
1710 REM *   de la couleur du fond. *
1720 REM *
1730 REM *****
1740 COLOR 12:LOCATE 16,55:PRINT"Choisissez votre couleur"
1750 LOCATE 17,55:PRINT"dans cette palette:";STRINGS(6,32)
1760 FOR HP=0 TO 3
1770 FOR VP=0 TO 3
1780 LET XP=60+(4*HP)
1790 LET YP=19+VP
1800 LET COLP=HP+(4*VP):IF COLP=0 THEN GOTO 1820
1810 COLOR COLP:LOCATE YP,XP:PRINT STRINGS(4,219)
1820 NEXT VP
1830 NEXT HP
1840 LOCATE 12:LOCATE 23,52:PRINT"puis validez la par En-
  trée."
1850 LET XCC=0:LET YCC=0:COLOR 15
1860 LOCATE 18,62+(4*XCC):PRINT CHR$(32)
1870 LOCATE 19+YCC,59:PRINT CHR$(32)
1880 LET K$=INKEY$
1890 IF K$="6" THEN LET XCC=XCC+1:IF XCC=4 THEN XCC=3
1900 IF K$="4" THEN LET XCC=XCC-1:IF XCC=-1 THEN XCC=0
1910 IF K$="8" THEN LET YCC=YCC+1:IF YCC=-1 THEN YCC=0
1920 IF K$="2" THEN LET YCC=YCC-1:IF YCC=4 THEN YCC=3
1930 IF K$=CHR$(13) THEN GOTO 1980

```

teur de disquettes A. Enfin la sauvegarde sera effectuée. Ici nous trouverons donc les instructions de sorties de données conventionnelles.

L'utilisation de ce programme est extrêmement simple. Dès sa frappe terminée RUN sera demandé. La page d'accueil s'affichera aussitôt. Il suffira alors de suivre les commentaires affichés à l'écran tout au long de son déroulement. Enfin, en raison des dimensions limitées de la zone de travail, il ne sera pas possible de tracer directement des motifs

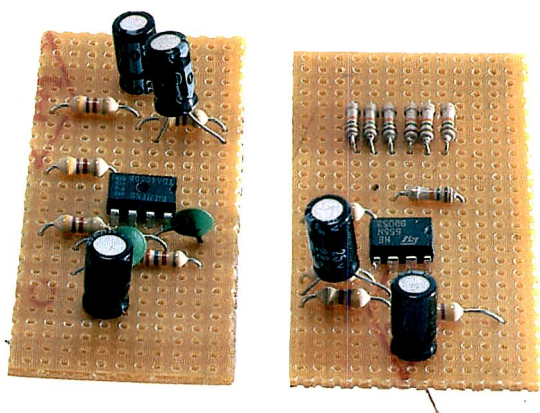
de grandes dimensions. Afin de résoudre ce problème, il suffira de les subdiviser en une série de motifs plus petits. Sur la disquette de sauvegarde les données seront mémorisées avec leur nom respectif. Afin de les réutiliser il suffira, dans le programme qui les utilisera, de les charger en mémoire par l'intermédiaire d'un tableau dimensionné à 264 éléments, par exemple : DIM C(264). L'instruction PUT permettra alors de commander l'affichage du graphique à l'écran.

Henri-Pierre Penel

```

1940 LOCATE 18, 62 + (4 * YCC) : PRINT CHR$(25)
1950 LOCATE 19 + YCC, 59 : PRINT CHR$(26)
1960 LET NCOL = XCC + (4 * YCC)
1970 GOTO 1860
1980 FOR A = 1 TO PX
1990 FOR B = 1 TO PY
2000 IF S(A, B) > 19 OR S(A, B) = FCOL - 20 THEN LET
S(A, B) = NCOL + 20
2010 LOCATE B, (2 * A) - 1
2020 IF S(A, B) = 20 THEN PRINT STRING$(2, 32)
2030 IF S(A, B) > 20 OR S(A, B) = FCOL - 20 THEN COLOR NCOL : PRINT
STRING$(2, 219)
2040 NEXT B
2050 NEXT A
2060 LOCATE 13, 63 : PRINT STRING$(5, 32)
2070 LOCATE 14, 63 : PRINT STRING$(5, 32)
2080 LOCATE 15, 63 : PRINT STRING$(5, 32)
2090 LET FCOL = NCOL + 20
2100 GOSUB 1580
2110 RETURN
2120 REM *****
2130 REM *
2140 REM * Sous-routine de sauvegarde *
2150 REM * du graphique. *
2160 REM *
2170 REM *****
2180 GET (500, 180) - (530, 205), M
2190 FOR XGT = 600 TO FSC STEP -1
2200 PUT (XGT, 300), M, PSET
2210 NEXT XGT
2220 FOR E = 12 TO 18
2230 LOCATE E, 55 : PRINT STRING$(25, 32)
2240 NEXT E
2250 LOCATE 14, 55 : PRINT "Je vais sauvegarder"
2260 LOCATE 15, 55 : PRINT "ce graphique sur la"
2270 LOCATE 16, 55 : PRINT "disquette A. Donnez-
lui"; STRING$(2, 32)
2280 LOCATE 17, 55 : INPUT "un nom"; NG$
2290 LET BK$ = "A:" + NG$
2300 OPEN "O", #1, BK$, 264
2310 FOR S = 1 TO TS
2320 WRITE #1, M(S)
2330 NEXT S
2340 CLOSE
2350 LET FSC = FSC + 30 : IF FSC = 430 THEN LET FSC = 10
2360 FOR E = 14 TO 17
2370 LOCATE E, 55 : PRINT STRING$(25, 32)
2380 NEXT E
2390 RETURN

```



ELECTRONIQUE AMUSANTE.

Réalisons un égaliseur (première partie)

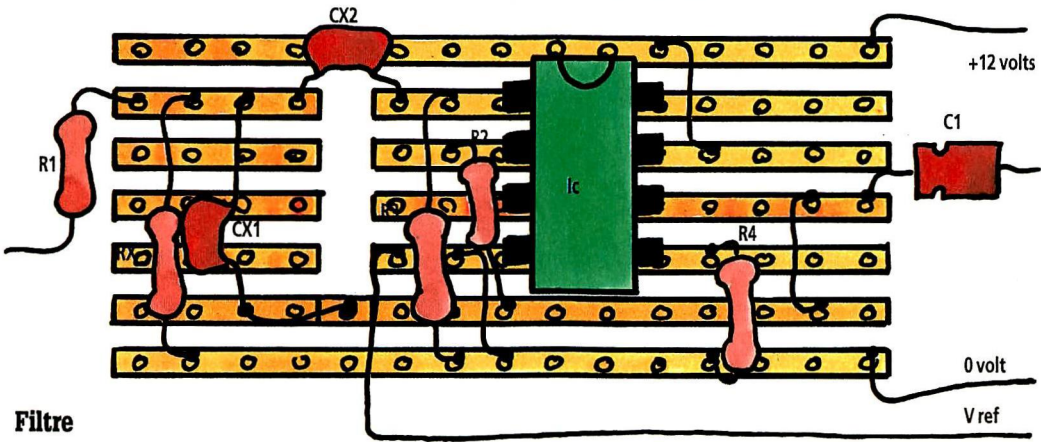
Le montage que nous vous proposons de réaliser ce mois-ci a été conçu par l'un de nos lecteurs, monsieur Sébastien Serrurier, résidant à Saint Dizier. Il s'agit d'un égaliseur. Rappelons que ce type d'appareil peut être assimilé à un correcteur de tonalité mais au lieu de ne posséder que deux réglages (graves et aiguës) le spectre sonore est divisé en une série de bandes de fréquence adjacentes. Il sera donc possible d'ajuster la tonalité du son restitué de manière beaucoup plus fine. Au départ notre lecteur avait prévu ce correcteur pour être utilisé sur un auto-radio, d'où son alimentation sous 12 volts. Cependant il nous a semblé judicieux de le munir d'une petite alimentation secteur de manière à pouvoir également l'utiliser sur une chaîne haute-fidélité. Dans le cas d'un auto-radio on l'intercalera entre l'autoradio et un "booster"; sur une chaîne hi-fi, il trouvera sa place entre le préamplificateur et l'amplificateur de puissance. Cela dit passons à l'étude de ce montage. Cet égaliseur agissant sur 6 bandes de fréquences distinctes ils comportera 6 filtres. Chacun d'entre eux sera réalisé à l'aide d'un amplificateur opérationnel dont le circuit de contre-réaction sera équipé d'un jeu de résistances et de condensateurs. Ainsi chaque filtre ne laissera passer qu'une partie du spectre

sonore total. De même chacun d'entre eux étant pourvu d'un potentiomètre de volume il sera possible de doser l'amplitude respective des bandes de fréquence les unes par rapport aux autres et, par voie de conséquence, de modifier la tonalité du son. Seul inconvénient du procédé : notre signal se trouve "éclaté" à la sortie des différents filtres. Afin de le reconstituer il faudra donc le ramener à une sortie unique. Pour cela nous utiliserons un circuit dit mélangeur. Ce dernier, également équipé d'un amplificateur opérationnel, a pour mission de compenser la perte de signal liée à la mise en parallèle des sorties des filtres, par l'intermédiaire d'un jeu de résistances, et d'effectuer une adaptation d'impédance.

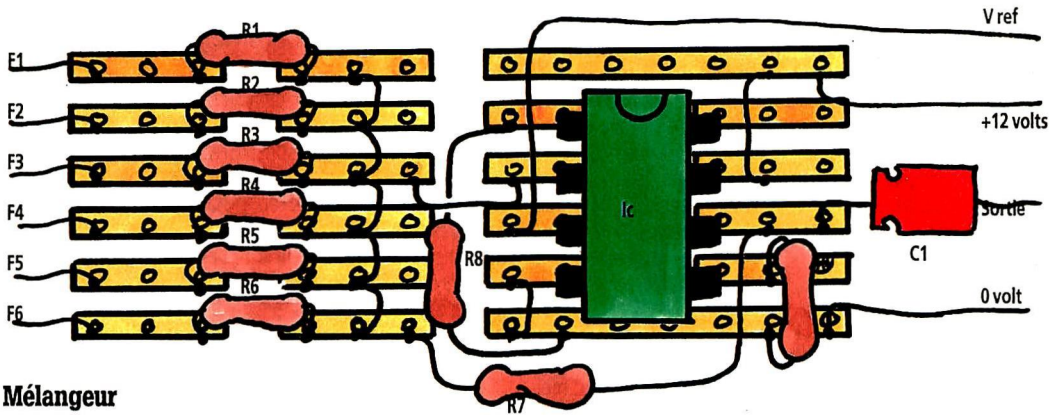
Ce mois-ci nous nous bornerons au câblage de l'ensemble des cellules filtres et du mélangeur. Nous vous proposerons de réaliser l'alimentation, ainsi que l'interconnexion des modules le mois prochain. Nous ne vous présentons le câblage que d'un seul module filtre, car il est identique pour tous. Seules les éléments de filtrage différent et leurs valeurs sont indiquées dans le tableau joint. Enfin précisons que ces schémas ne concernent qu'un seul canal. Pour une réalisation stéréophonique il faudra donc tout fabriquer en double.

Henri-Pierre Penel

IMPLANTATIONS DES COMPOSANTS

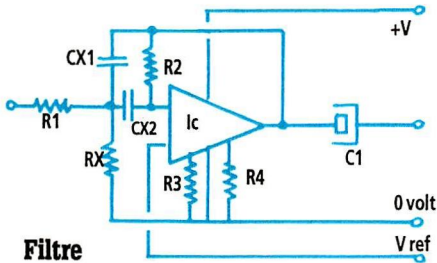


Filtre

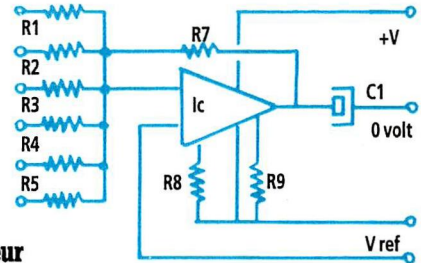


Mélangeur

SCHEMAS ELECTRIQUES



Filtre



Mélangeur

Nomenclature filtres

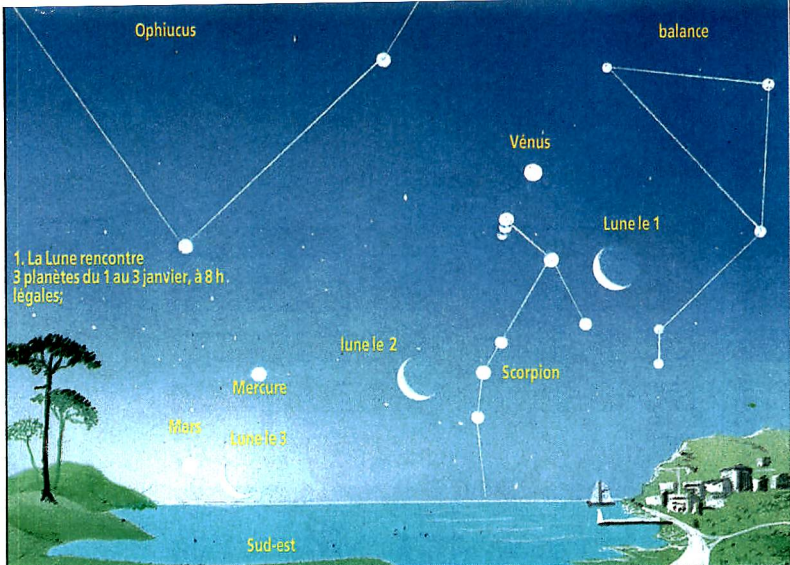
R1 = 27 kilohms (rouge, violet, orange, or)
 R2 = 62 kilohms (bleu, rouge, orange, or)
 R3 = R4 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)
 C1 = 10 microfarads 12 volts
 Ic = UA 741 (4 UA 741 peuvent être remplacés par un LM 324)

Tableau de détermination de RX, CX1 et CX2

Fréquence filtre	RX	CX1 = CX2
50 Hz	47 K	100 nanofarads
150 Hz	47 K	33 nanofarads
500 Hz	47 K	10 nanofarads
1300 Hz	33 K	3,9 nanofarads
4400 Hz	33 K	1,2 nanofarads
15 000 Hz	47 K	330 picofarads

Nomenclature mélangeur

R1 = R2 = R3 = R4 = R5 = R6 = 6,8 kilohms (bleu, gris, rouge, or)
 R7 = 27 kilohms (rouge, violet, orange, or)
 R8 = R9 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)
 C1 = 22 microfarads 12 volts
 Ic = UA 741



JOURNAL DE L'ASTRONOME

Le ciel en 1992

Nous voici au seuil de la nouvelle année ; c'est le temps des prévisions et des bonnes résolutions. Pour les amis du ciel, guère d'imprévu. Les astres obéissent à des lois immuables et il est possible de savoir avec exactitude le spectacle qu'ils vont nous offrir en 1992.

La Lune

Notre satellite est une source d'émerveillement sans cesse renouvelée pour l'amateur. Les éclairages n'y sont jamais les mêmes et l'aspect des paysages lunaires change constamment. L'exploration de son relief avec

une lunette ou un télescope, si modeste soit-il, peut s'effectuer tout au long des phases, au fil des mois. Toutefois, comme pour toutes les observations astronomiques, les meilleures images sont obtenues lorsque la Lune est au plus haut dans le ciel. Cette année, les moments les plus favorables seront les suivants :

- Premier quartier : janvier, février, mars, avril.
- Fin croissant du soir : mai, juin.
- Fin croissant du matin : fin mai, fin juin, fin Juillet.

● Dernier quartier : août, septembre, octobre.

● Pleine Lune : novembre, décembre.

Certaines phases coïncideront avec le périégée lunaire, c'est-à-dire le moment où la Lune est au plus près de la Terre et présente le diamètre maximal. Ce sera le cas lors de la pleine lune du 19 janvier et du 18 février ainsi que lors du premier quartier du 9 mai.

Il est théoriquement possible d'observer un très fin croissant lunaire treize heures avant ou après la nouvelle lune. Les tentatives de record auront des chances de réussir, si l'horizon est parfaitement dégagé, dans la soirée du 3 avril, 2 juin et 24 décembre. Pour un fin croissant du matin, donc avant la nouvelle lune, il faudra scruter l'horizon est le 2 février, 2 mai, 29 juillet et 24 octobre.

Les planètes

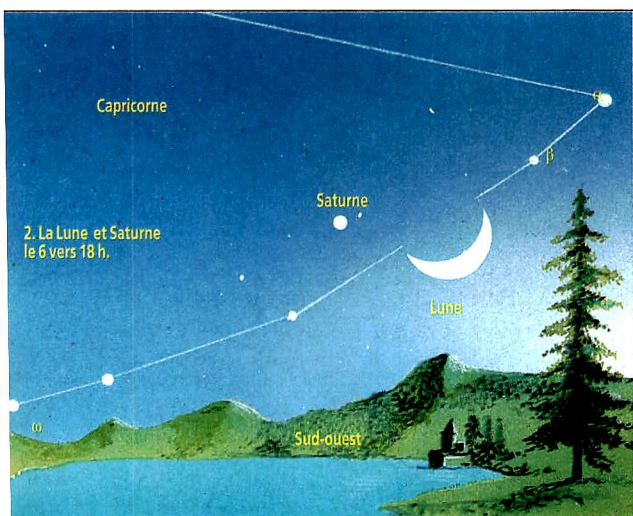
● Mercure, la plus proche planète du Soleil, est difficile à repérer, en raison même de cette proximité. Les meilleures périodes se situent lors des elongations, moments où la planète présente le plus grand écart angulaire avec l'astre du jour. En 1992, ce cas se présentera six fois mais toutes les elongations ne sont pas aussi favorables. Il

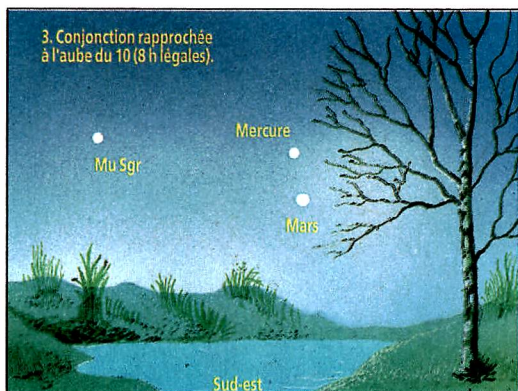
faut tenir compte de la déclinaison de la planète qui la situe plus ou moins haut sur l'horizon. Les elongations orientales (lorsque Mercure est visible le soir, peu après le coucher du soleil) favorables seront celles du 9 mars et du 6 juillet. Pour rechercher la planète dans le ciel matinal, donc lors d'une elongation occidentale, les conditions optimales seront réunies les 21 août et 9 décembre.

● Vénus sera visible le matin du début de l'année jusqu'à sa conjonction supérieure, début juin. Ensuite, elle le sera le soir à partir de la fin juin jusqu'à la fin de l'année. Rappelons toutefois que, en raison de son éclat, la planète est observable en plein jour. Deux techniques peuvent être employées pour la repérer dans ces conditions : la première s'applique à ceux qui sont équipés d'une monture équatoriale parfaitement mise en station. Il suffit de relever la position en ascension droite et déclinaison sur les éphémérides et de la reporter sur les cercles divisés de la monture.

La deuxième solution concerne les montures équatoriales dont les cercles ne sont pas parfaitement réglés. On pointe alors en premier le Soleil, en munissant l'appareil d'un filtre solaire, puis on décale l'instrument de la différence de coordonnées entre les deux astres. A ce moment, il convient bien entendu d'ôter le filtre solaire. Dans les deux cas, on utilisera un oculaire de faible grossissement donnant un champ de vision maximal. Ce type d'observation doit être tenté lorsque Vénus est écartée au maximum du Soleil. Les périodes favorables iront de janvier à fin février et de début septembre à fin décembre.

● Mars sera observable dans le ciel du matin pendant les trois quarts de l'année. Durant les trois premiers mois, elle ne se lèvera qu'une heure avant le Soleil et les conditions d'observa-





tion seront médiocres. Les choses s'amélioreront au fil des neuf mois suivants. A partir d'août, la planète rouge se lèvera aux alentours de minuit. Fin décembre, elle brillera à l'horizon est dès le coucher du soleil. Elle sera alors très proche de son opposition au Soleil qui aura lieu le 7 janvier 1993. Son diamètre apparent sera de 4 secondes d'arc en janvier et croîtra lentement au fur et à mesure que la distance entre la planète et la Terre diminuera. Les observations détaillées de sa surface commenceront à partir de novembre lorsque son diamètre atteindra 10 secondes d'arc. Ensuite, la période favorable durera jusqu'au printemps de l'année suivante. On notera, aux alentours du 25 juillet, la conjonction avec l'amas des Pléiades puis, le 11 août, avec Aldébaran, l'œil du Taureau.

● Jupiter évolue dans la constellation du Lion puis, à partir du 9 septembre, dans celle de la Vierge. La planète géante est la vedette de ce début d'année. Son opposition au Soleil interviendra le 29 février et la rendra observable dans d'excellentes conditions jusqu'en juillet. Elle redeviendra visible après sa conjonction de septembre dans le ciel du matin début octobre. La magnitude apparente de la planète est de -2 en début d'année et sera de -1,5 en décembre. Son diamètre appa-

rent, bien sûr maximal lors de l'opposition avec plus de 44 secondes d'arc, diminuera à 31 secondes vers la conjonction. Début mai, Jupiter se rapprochera de Régulus à moins de 5 degrés.

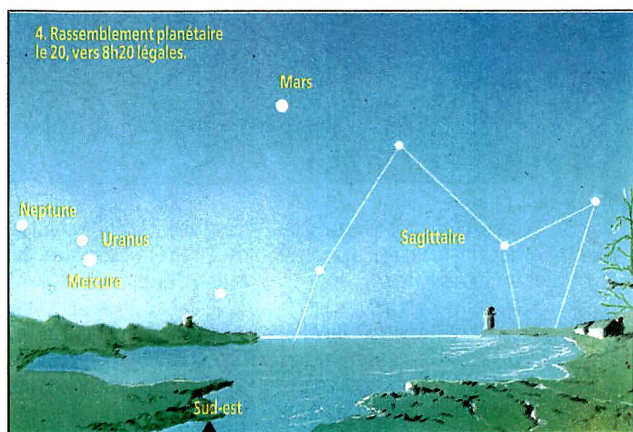
● La période favorable pour l'observation de Saturne se situera l'été prochain, puisque la planète sera en opposition le 7 août. Bien que, au fil des ans, sa déclinaison augmente peu à peu, elle reste encore largement négative, comprise entre -15 et -20° ; c'est dire que, dans nos régions, la planète ne sera pas très haute sur l'horizon. Pratiquement invisible au début de l'année, on recommencera à repérer Saturne dans le ciel du matin à partir de mars.

Elle se lèvera ensuite de plus en plus tôt et on pourra la suivre toute la nuit de fin juin à début octobre. La planète évoluera lentement entre les étoiles Alpha et Delta du Capricorne. Sa magnitude à l'opposition atteindra 0,4 et son diamètre apparent 18,8 secondes d'arc. Les anneaux, qui font la célébrité de cette lointaine planète, se refermeront peu à peu, pour disparaître à nos yeux lorsque la Terre se trouvera exactement dans leur plan en 1995. Le petit axe de leur ellipse apparente passera ainsi de 12 secondes d'arc début janvier à 9,8 fin décembre. Rappelons qu'il était de plus de 18 secondes en 1987.

● Uranus et Neptune évoluent de concert dans la constellation du Sagittaire durant toute l'année. Elles se rapprochent et Uranus a presque rattrapé Neptune, chose qui sera faite en juillet 1993. Cette année, leurs oppositions se situeront respectivement les 7 et 9 juillet. Les deux planètes seront observables de mars à novembre, la période la plus favorable allant de juin à septembre. Uranus est de magnitude 6, aisément repérable à l'œil nu ; Neptune, de

4 h 57 TU et sortie de l'ombre à 6 h 27 TU. En France, seul le début de l'éclipse sera visible ; la Lune se situera alors à quelques degrés au dessus de l'horizon sud-ouest et se couchera avant le maximum. En revanche, cette éclipse sera entièrement visible depuis une bonne partie de l'Amérique du Nord, depuis toute l'Amérique Centrale et du Sud ainsi que des Antilles.

● Une éclipse totale de Soleil aura lieu le 30 juin. La zone de totalité débutera de la côte de



magnitude 7,7, nécessite une carte pour être identifiée.

Les éclipses

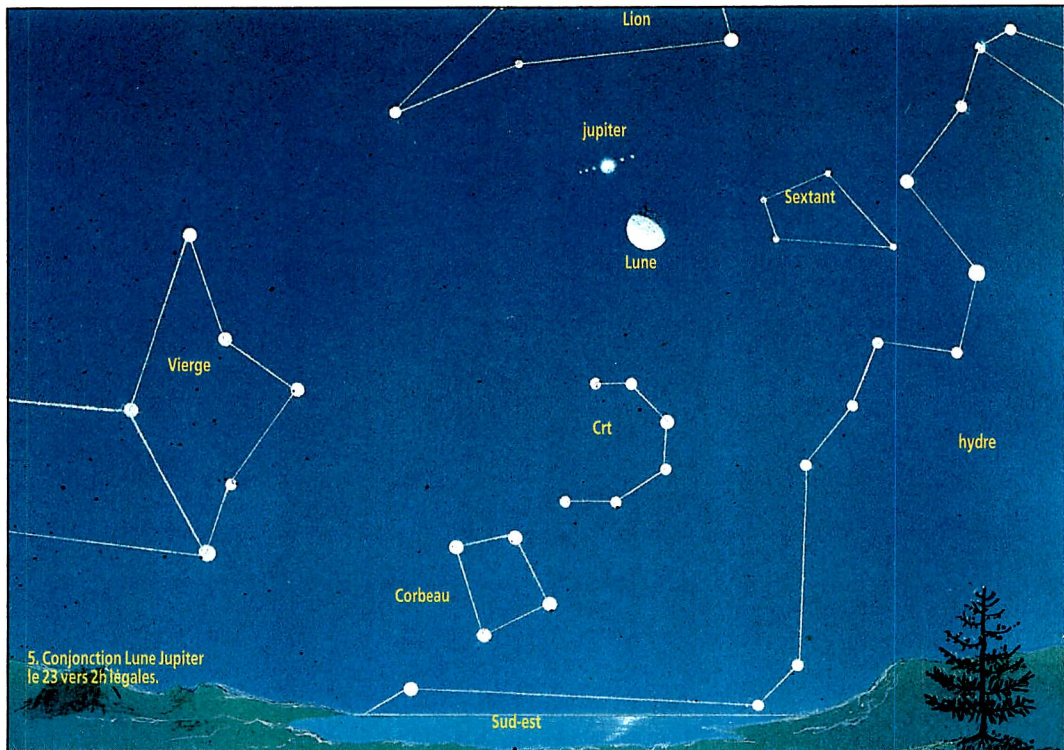
On pourra assister en 1992 à cinq éclipses, trois de Soleil et deux de Lune. Malheureusement, aucune éclipse de Soleil ne sera aussi spectaculaire que celle de juillet dernier et aucune ne sera observable depuis la métropole. Chronologiquement, voici les phénomènes :

● L'année d'éclipse commence le 4 janvier avec une annulaire de Soleil, qui traversera tout l'océan Pacifique sans toucher une terre émergée. La fin de l'éclipse sera toutefois observable au coucher du soleil depuis une petite zone de la Californie américaine.

● Le 15 juin, éclipse partielle de Lune. Premier contact avec l'ombre à 3 h 27 TU, maximum à

l'Uruguay, près de Montevideo, au lever du soleil. Elle traversera ensuite l'océan Atlantique sans rencontrer de terre et se terminera au large de la côte africaine. La durée maximale de 5 minutes 20 secondes sera atteinte en plein océan...

● Seconde éclipse de Lune dans la nuit du 9 au 10 décembre. Il s'agira d'une éclipse totale. L'entrée dans l'ombre aura lieu le 9 à 20 h 55 TU et la fin de l'éclipse le 10 à 2 h 32 TU. Cette éclipse sera entièrement visible depuis la France métropolitaine ainsi que de toute l'Europe, l'URSS, l'Afrique, l'océan Atlantique et le Nord du Canada. Voilà bien des années que nous n'avions pas pu observer une éclipse totale de Lune, depuis nos régions, dans d'aussi bonnes conditions astrono-



miques. Espérons que les conditions météorologiques soient favorables.

● C'est dans la nuit qui précédera la veillée de Noël, du 23 au 24 décembre, que se déroulera la dernière éclipse de l'année, une partielle de Soleil. La zone de visibilité comprend le Japon et le nord de l'océan Pacifique. La grandeur maximale est de 0,842.

Les essaims d'étoiles filantes

Parmi les nombreux essaims d'étoiles filantes observables au cours de l'année, voici ceux qui se situeront favorablement par rapport aux phases de la Lune.

● Les Quadrantides, dont le radiant se trouve au nord-est du Bouvier, verront leur maximum coïncider avec la nouvelle Lune du 4 janvier. La période de visibilité s'étendra du 1 au 6 du même mois.

● En mai, le maximum des Eta Aquarides se situera trois à quatre jours après la nouvelle lune du 2 ; bonnes conditions, par conséquent, avec une période de visibilité qui débutera le 21 avril et se terminera le 12 mai.

● C'est à la fin juillet que culmi-

nera l'activité des Delta Aquarides, météores lumineux et jaunâtres. L'essaim sera visible du 15 juillet au 29 août mais le maximum du 28 juillet aura lieu cette année 24 heures avant la nouvelle Lune. Conditions très favorables.

● Il faudra ensuite attendre la fin octobre pour avoir un essaim bien placé. Il s'agit des Orionides dont le maximum, le 22, sera à trois jours de la nouvelle Lune. Visible du 2 octobre au 7 novembre.

● L'année météoritique se terminera avec les Ursides, visibles du 17 au 24 décembre, avec un maximum le 22 à deux jours de la nouvelle Lune.

Les observations de janvier

Nous ne revenons pas sur la visibilité des planètes et de la Lune largement détaillée ci-dessus. En revanche, il faut signaler quelques conjonctions intéressantes.

Tout d'abord, du 1^{er} au 3, on suivra dans le ciel auroral le cheminement du croissant lunaire qui sera successivement en conjonction avec Vénus le 1^{er}, puis Mercure le 2 et enfin Mars le 3. Si le premier de ces rendez-

vous est aisément observable à l'œil nu, les deux suivants requerront une paire de jumelles. On notera par la même occasion une magnifique lumière cendrée (figure 1).

Le 6, sur l'horizon sud-est, ce sera au tour de Saturne de recevoir la visite de la Lune. Les deux astres seront à moins de trois degrés l'un de l'autre, à proximité de l'étoile Béta du Capricorne (figure 2).

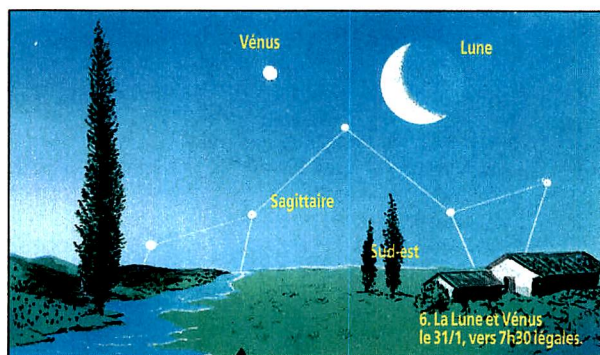
Rapprochement exceptionnel de Mercure et de Mars le 10, à suivre peu avant le lever du soleil, vers le sud-est. Les deux planètes seront à 47 minutes d'angle l'une de l'autre. Un télescope ou

une lunette muni d'un grossissement de 60 permettra de les observer toutes les deux en même temps (figure 3). Beau rassemblement de quatre planètes au matin du 20. Mercure, Mars, Uranus et Neptune "survolent" le Sagittaire à l'horizon sud-est (figure 4). Quelques jours plus tard, le 23, vers le milieu de la nuit et un peu plus au sud, la Lune sera en conjonction avec Jupiter (figure 5).

Le mois se terminera avec une seconde conjonction Lune-Vénus, à contempler vers 7 h 30 légale le 31 (figure 6).

Bonne année astronomique à tous !

Yves Delaye



ABONNEZ-VOUS DES AUJOURD'HUI

PANORAMA DE LA PRESSE SCIENTIFIQUE



12 NUMEROS DE SCIENCE & VIE / MENSUEL

Leader européen de la presse scientifique

Chaque mois, **SCIENCE & VIE** vous entraîne dans un passionnant voyage au cœur de l'actualité scientifique.

A lire chaque mois pour savoir avant les autres comment vous vivrez demain.

Prix de vente en kiosque : 240 F



4 HORS SERIE "THEMATIQUES" DE SCIENCE & VIE / TRIMESTRIELS

Tous les trois mois, un numéro hors série fait le point complet sur un grand sujet de notre temps.

Pour tout savoir et bien comprendre notre environnement.

Prix de vente en kiosque : 100 F



6 HORS SERIE "LES CAHIERS" DE SCIENCE & VIE / BIMESTRIELS

Une collection de six revues* traitant chacune d'un grand sujet scientifique ayant donné lieu à de vastes et parfois violentes controverses. Construits comme des enquêtes, parfaitement documentés et richement illustrés, ces **CAHIERS** vous plongent dans le contexte de l'époque pour éclairer d'un jour nouveau la grande saga de la science.

Prix de vente en kiosque : 180 F

22 NUMEROS / 1 220 F DE REDUCTION

BULLETIN D'ABONNEMENT

A retourner avec votre règlement à **SCIENCE & VIE 1**, rue du Colonel Pierre Avia 75 503 Paris cedex 15

OUI je souhaite profiter de l'offre complète **SCIENCE & VIE** (12 N° **SCIENCE & VIE**, 4 Hors série "Thématiques", 6 N° Hors Série "LES CAHIERS" au tarif de 398F seulement (au lieu de 520 F, prix de vente au numéro).

• Ci-joint mon règlement de 398F à l'ordre de **SCIENCE & VIE-BRED**.

S&V 892 CAEU

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Date de naissance _____ Signature _____

Offre réservée à la France métropolitaine & valable jusqu'à fin 1992

LIVRES

Alan Chalmers

La Fabrication de la science

La Découverte, 167 p., 89 F.

Entretiens avec Guitta Pessis-Pasternak

Faut-il brûler Descartes ?

La Découverte, 267 p., 95 F.

Chalmers, Anglais installé en Australie, se tailla l'autre année un petit succès en "démystifiant" la science dans un ouvrage au titre patelin, *Qu'est-ce que la science* ? Pour lui, c'était, pour parler bref, une forme supérieure de vaudou. On le prendrait donc pour un casseur d'assiettes, porté sur la farce, comme le "dadaïste" Feyerabend. Nenni : une bonne partie du présent ouvrage consiste en une réfutation de ce dernier, qui estime, entre autres singularités, que la défense par Galilée de la théorie copernicienne relevait du remplacement d'un système subjectif d'interprétation par un autre.

Pour Chalmers, si les points de vue scientifiques changent, et les interprétations avec eux, c'est que le savant est fatalement imprégné d'idées de son temps. Ce qui le mène à enrichir l'épistémologie, c'est-à-dire l'étude de l'acquisition du savoir, d'un élément nouveau, qui est le contexte social. On peut dire que Chalmers se tient à égale distance du positivisme et de l'empirisme.

Son texte est brillant, ses démonstrations, vigoureuses, ses exemples, évidemment nourris de réflexion compétente. Il reste un certain malaise, toutefois, à l'égard du concept de contexte social.

Il cite ainsi Lakatos, lequel rappelle que l'Eglise condamna la théorie copernicienne en 1616 parce qu'elle la tenait pour "pseudo-scientifique" (la théorie copernicienne ne fut enfin rayée de l'Index qu'en 1820 !), et que le PCUS causa la mort de l'académicien Vavilov, parce que celui-ci croyait en la génétique mendélienne, ce qui était un forfait comparable à celui jugé par l'Inquisition catholique, mais il oublie de dire ceci : beaucoup de savants n'ont fait progresser le savoir qu'en allant justement à l'encontre du contexte social. Ce fut ainsi le cas de Darwin, dont la théorie de l'évolution scandalisa profondément les contemporains.

Le second des ouvrages cités plus haut est prodigieux par le palmarès des savants et des spécialistes qui se sont entretenus avec Guitta Pessis-Pasternak : René Thom, Ilya Prigogine, Henri Atlan, Edgar Morin, Hubert Reeves, Jean-Pierre Changeux, Albert Jacquard, Fritjof Capra, Jean-Marc Lévy-Leblond, Heinz von Foerster (et y compris Paul Feyerabend). Quelques phrases glanées : « L'informatique contemporaine ne permet absolument pas d'accéder aux performances du cerveau humain » (Changeux). « Nous sommes issus d'un univers où nous sommes des marginaux... » (Morin). « Il nous est de plus en plus difficile d'admettre qu'un

seul concept puisse refléter les différentes facettes de l'univers » (Prigogine, à propos d'Einstein). « Il y a des gens fort intelligents qui sont incapables de s'adapter à l'imprévu » (Jacquard). « Les ordinateurs n'ont pas de mémoire » (Foerster). « Pourquoi ne pas appliquer la théorie des quanta à l'inflation monétaire ? » (Lévy-Leblond, par ironie, à propos de l'emprunt que les sciences sociales font aux sciences exactes).

Un livre clair, parfois drôle, qui doit faire date, ne serait-ce qu'auprès de ceux qui voudraient se "mettre à jour".

Gerald Messadié

Lester R. Brown

L'Etat de la planète.

Economica, 385 p., 85 F.

Depuis 1984, les chercheurs du Worldwatch Institute publient chaque année un état de la planète. A l'origine rédigé en anglais, l'ouvrage compte aujourd'hui vingt éditions en langues différentes, chinois compris.

Au menu ordinaire, une analyse critique des choix énergétiques de notre société, qui consomme surtout des carburants fossiles non renouvelables. Les auteurs en profitent donc pour rappeler qu'au « cours des vingt dernières années, le coût de "l'électricité photovoltaïque" est tombé de 30 dollars le kWh à 30 cents ». Cette réduction par dix repose tout d'abord sur l'amélioration du rendement des piles solaires, puis sur le perfectionnement des techniques de fabrication. Les piles solaires seraient alors la source d'énergie la plus économique dans les régions rurales du Tiers Monde : plus de 6 000 villages indiens s'éclairent au solaire.

Le problème des choix énergétiques mène droit à celui des transports. Notons donc le chapitre sur la circulation urbaine, qui asphyxie les villes. Un ta-

bleau comparatif des polluants émis par les différents modes de transport (trolley, autobus, voiture particulière) prouve, s'il en était besoin, que l'automobiliste est le plus grand pollueur des villes.

Ajoutez pour cette année un bilan de la destruction de l'environnement dans les pays de l'Est et en ex-Union soviétique. Un fait : la crainte que l'espérance de vie soit plus courte dans les régions les plus polluées de l'Est se confirme : jusqu'à cinq ans de moins dans certaines régions de Tchécoslovaquie par rapport au reste du pays. Idem pour les habitants de Halle, important centre chimique de l'ex-RDA, ou pour les Polonais de Silésie. Outre des exposés sur la destruction des forêts et la démographie, figure une étude des solutions économiques pour améliorer la planète. Les mouvements écologistes y trouveront matière à penser.

Didier Dubrana

Sous la direction de Jean Gadant

Atlas des forêts de France

Jean-Pierre de Monza, 240 p., 330 F.

La publication de cet ouvrage coïncide avec le 10^e congrès forestier mondial qui s'est tenu à Paris en septembre 1991. Et le président du comité d'organisation dudit congrès est aussi l'auteur de cet atlas.

Le premier chapitre fournit des clefs de "lecture" de la forêt française, pour décrire le paysage, pour comprendre sa structure et son fonctionnement, ou pour reconnaître les étapes de la gestion sylvicole. Dans l'illustration, quelques "portraits" de forêts tels les massifs forestiers des Landes, de Gascogne et la pinède champenoise... Une dizaine de pages sont

consacrées à l'anatomie et la physiologie des arbres, un cours de sciences naturelles concis et clair. Les schémas auraient gagné en compréhension s'ils avaient été en couleurs.

Alors que la forêt française n'a jamais été aussi productive, elle reste menacée par de nombreux dangers : variations climatiques exceptionnelles, prolifération d'insectes ravageurs telle la cochenille *Matsucoccus feytaudi*, pluies acides, incendies. Ces nuisances sont commentées par des forestiers.

Bel ouvrage, qui s'achève sur les mythes de la forêt chez les musiciens et les peintres, et par une note lyrique. Pour le technicien forestier aussi bien que pour le simple promeneur.

D. D.

Union internationale pour la protection de la nature

Les Forêts tropicales Leurs peuples, leur végétation, leur faune

Solar, 199 p., 135 F.

Beaucoup de bons livres sont déjà parus sur les forêts tropicales, mais l'Union internationale pour la protection de la nature, créée en 1948, réunissant 61 Etats et représentée dans 120 pays, aurait été en reste sans le sien. Le maître d'œuvre de cet ouvrage, Mark Collins, directeur du département de l'habitat au World Conservation Monitoring Centre, à Cambridge, a passé une dizaine d'années dans les régions tropicales du monde.

Abondamment illustré (plus de 200 photos couleurs et nombreuses cartes), l'album dresse l'inventaire de chaque type de forêt tropicale, avec ses caractéristiques et ses espèces vivantes. Un excellent début pour les profanes.

D. D.

Colette Navarro

L'œnologie

Lavoisier, 336 p., 160 F.

Depuis les viticulteurs jusqu'aux maîtres de chais et aux sommeliers, on ne voit que des hommes. En bien il faudra qu'on s'y fasse : les professions de cet art technique qu'est l'œnologie ne leur sont plus réservées. Colette Navarro le prouve avec ce livre qui parle fort bien du goût, du travail et de la technique du raisin et du vin. Elle aligne des titres impressionnants : ingénieur agronome de l'Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier, professeur de viticulture et d'œnologie. Et, en plus, elle a du talent.

Son livre s'adresse aux futurs œnologues comme aux professionnels du vin. Elle révèle un monde secret en huit chapitres sur les derniers acquis de l'œnologie : qualité de la production agricole, adaptation à l'évolution du goût des consommateurs et aux exigences des différents marchés, vinification, matériels, méthodes d'analyse. Mais elle prend soin de respecter en même temps les acquis qui ont fait la réputation de la tradition vinicole française.

Gérard Morice

Explorations

Grands Atlas Universalis,
Album 37 X 27 cm,
340 p., 630 F.

Formidable gageure que le sujet, petite erreur dans l'intitulé, car ce Grand Atlas consacré aux explorations, qui nous mettaient l'eau à la bouche se révèle, au premier examen, consacré essentiellement aux explorations les plus rebattues par les historiens, celles des temps modernes. Quatre pages seulement sur les explorations anté-

rieures, celles de la Grèce et de Rome, et celles de la Route de la soie, qui unirent la Méditerranée à l'Asie dès le II^e siècle avant notre ère. Et encore, on y trouve une erreur dans une légende : le "bronze" de la page 167 est une terre cuite. Une seule colonne sur la découverte de l'Amérique par Erik le Rouge et Leif Eriksson, pourtant confirmée et "rafraîchie" par les fouilles entreprises en Arctique depuis 1978. Quasiment rien sur les explorations que sanctionnèrent les routes royales des Incas, le long de la Cordillère des Andes. Une seule mention d'Alexandre le Grand, responsable de la plus grande exploration du monde antique.

Rien que sur les Routes de la soie, qui ouvrirent les yeux du monde antique sur le "dehors" et inversement (les Romains croyaient que les Chinois vivaient 300 ans et empruntèrent aux îles Komodo la description des "dragons"), il y avait de quoi réaliser quelques chapitres originaux. Pauvre Pythéas, pauvre Massiliague aventurieux, tu franchis, fou d'audace, les Colonnes d'Hercule, dix-neuf siècles avant le Génois, pour aborder le grand Atlantique, peut-être l'Amérique, et tout ce qu'on a retenu de toi, ce sont des observations sur les longitudes et les marées!

Admettons donc cet eurocentrisme, qui incombe aux véritables auteurs du livre, des Anglais (l'ouvrage fut originellement réalisé par le *Times* de Londres). Ce qui reste n'est pas négligeable, encore que souvent lacunaire. Les cartes sont bonnes, certes, mais la documentation insuffisante. Sur quels bateaux voyagèrent donc les explorateurs ? Quel tonnage, quelle voilure ? On parle ainsi de l'obscur Verney Cameron, ennemi de la traite des Noirs, mais on oublie Victor Schoelcher. On consacre un portrait à Nicolas Roerich, voya-

geur et dessinateur du début du siècle, et l'on mentionne Wilfrid Thesiger, voyageur en terres africaines et orientales, mais on oublie le célèbre Miklouho-McClay, qui fut le premier Blanc à s'aventurer en Papouasie-Nouvelle-Guinée à la fin du siècle dernier, tout comme on oublie Arséniev, Prébrazhensky et tous les Russes qui s'aventurèrent dans une terra incognita quasi absolue, l'Asie centrale et le désert de Gobi, à la fin du siècle dernier et au début de ce siècle, pour en dresser l'inventaire et la cartographie. Passé au bleu, notre grand Segalen.

On reste donc sur sa faim.

G. M.

Jean-Noël Kapferer

CBSA

Communication by smiling around

Le Cherche-Midi, 130 p.,
80 F.

Encore un livre sur la communication, domaine marécageux, du moins pour ceux qui ne font pas partie du sérail. Car la communication se pare de nouveaux mots, abscons de préférence, et de concepts d'autant plus impressionnants qu'ils sont flous. Puis, dans sa cohorte, elle traîne de nouvelles spécialités, évidemment peuplées d'experts, conseils, agences et cabinets.

En dépit de cette parade, on ne comprend goutte au discours de gourous qui se sont eux-mêmes placés sur un piédestal, mais dont la compétence n'est authentifiée par personne. Pis : ces augures nous enjoignent de les croire, sans jamais qu'ils s'expliquent.

Ce petit livre décapant apporte enfin quelque clarté sur cette broussaille. Le principe en réside dans une succession d'aphorismes, définitions et préceptes sur tous les domaines que

touche ou devrait toucher la communication, depuis la communication interne jusqu'au mécénat. On constate alors que le roi est bien souvent nu, jusqu'à en être obscène. Et l'on comprend aussi qu'en la matière tout est affaire de gros et simple bon sens, que veulent précisément occulter les "professionnels". Quelles compétences particulières pourraient-ils avancer pour justifier des notes d'honoraires aussi élevées ?

C'est amusant, mais aussi instructif pour les chefs d'entreprise. Sorti de HEC, l'auteur y est professeur. Il y anime des séminaires sur la communication globale, l'image de l'entreprise et le "management" des marques...

G. Mo.

Club de Rome, avec Alexander King et Bertrand Schneider Questions de survie La révolution mondiale a commencé

Calmann-Lévy, 226 p., 110 F.

J.-P. Durand et F.-X. Merrien

Sortie de siècle La France en mutation

Vigot, 482 p., 195 F.

Deux livres pour tous ceux qu'agite le grand changement en cours en France et dans le monde, hommes politiques, s'ils ont encore le temps de lire, patrons et "honnêtes gens". Ceux qu'on appelle dans ce livre les "décisionnaires".

Le premier est réalisé par le président d'honneur, Alexander King, et le secrétaire général, Bertrand Schneider, du Club de Rome. Il reprend, pour les ré-

évaluer, les recommandations de 1972 du Club de Rome, groupement de penseurs consacré à l'analyse du monde contemporain. Ces recommandations étaient : aider au développement industriel des pays pauvres et freiner celui des pays riches. On n'en a pas beaucoup tenu compte.

Entre temps, un certain nombre de situations qui auraient, les unes depuis la fin de la première guerre mondiale, les autres depuis la fin de la deuxième, se sont écroulées. Le bloc soviétique, par exemple, s'est effondré, laissant voir son dénuement industriel et économique. Le Moyen Orient est entré dans une période de turbulences dues en grande partie à sa crise économique et démographique. L'Europe s'est trouvée reconstituée de facto, au défi de ce qu'elle avait entendu être avant la chute du Mur de Berlin. etc.

Ce que disent en substance King et Schneider est que si les pays riches ne prennent pas aujourd'hui, à titre d'Etats et d'individus, les orientations qui s'imposent, nous allons vers un conflit considérable entre riches et pauvres, conflit que la dissémination des armes nucléaires peut rendre tragique. L'orientation principale qui nous paraît se dégager de leurs recommandations est que les pays riches doivent s'intéresser réellement, et au-delà des égoïsmes financiers et industriels, au développement des pays pauvres, dont ils sont, bon gré mal gré, solidaires. Les pays riches ne peuvent plus se permettre de penser que les pauvres n'existent pas.

Ce n'est pas commode parce que les politiques des pays riches représentent essentiellement des intérêts sectoriels, organiquement égoïstes, et aussi parce que l'expérience de l'aide aux pays pauvres a souvent été infructueuse, pour dire le moins. Mais c'est que le mode d'aide accordée aux pays

pauvres était régi par des organismes tels que les Nations Unies, dont les programmes ne correspondent plus aux besoins de ces derniers. Autrement dit, il faut refaire ou repenser les Nations Unies.

Fatalement, nos auteurs en sont réduits à offrir des indications sur le type d'action qui s'impose, plutôt un canevas de réflexion que des conseils spécifiques. C'est déjà bien utile. Une réflexion originale entre autres : ce n'est pas parce que les économies planifiées d'Etats du type soviétique se sont effondrées à l'Est que les lois du marché doivent régner sans contrôle : ces lois doivent être encadrées dans des limites nationales.

Réalisé avec le concours de nombreux spécialistes sous la direction des auteurs cités plus haut (tous deux professeurs de sociologie), *Sortie de siècle* est un livre tout à fait remarquable par son originalité, la force de ses vues et la masse d'informations neuves qu'il apporte. C'est la somme de tout ce qu'il faut savoir pour comprendre une France qui déjà n'est plus ce qu'elle était en 1950 et qui ne le sera jamais plus. Impossible de résumer ici quelque 500 pages très denses. Parmi les thèmes abordés, citons le brouillage des classes, la solitude du monde urbain, les déconnections syndicales, la fonte des pôles politiques, l'implosion scolaire, la recomposition du sentiment religieux (87% des catholiques ne tiennent pas compte des positions de l'Eglise), le conflit entre immigration et démocratie...

Nous avons assez fait l'éloge de ce livre, fatalement un peu disparate, pour ne pas regretter enfin un ton souvent excessivement universitaire, qui en limite malheureusement l'audience.

Toujours est-il que ces deux livres sont indispensables à quiconque souhaite s'informer de

ce qui se passe au-delà du bruissement des médias, dans lesquels l'information se perd.

G.M.

Anna Trassy Le beau bébé nouveau est arrivé

Régine Desforges, 110 p., 75 F.

Chantal Ramogida Bébé éprouvettes Mes combats, l'aventure, nos droits

Plon, 210 p., 119 F.

Les deux ouvrages traitent du même sujet, la procréation médicalement assistée ou PMA. Ils sont pourtant les reflets de deux mondes très différents. Le premier est un pamphlet drôle, critique à l'égard de l'assistanat médical, et malheureusement fertile en amalgames et en erreurs scientifiques, souvent causés, il semble, par le mélange confus de données médicales et de science-fiction. Rappelons ainsi à l'auteur que la fécondation in vitro n'est pas une manipulation génétique.

L'auteur du second livre est mère de six enfants, dont cinq sont nés après ce type de fécondation. Son livre représente un témoignage, la voix des "consommateurs" en quelque sorte, face aux législateurs, obstétriciens, biologistes, sociologues et autorités morales. Là où ces auteurs se rejoignent, c'est dans la dénonciation des abus, rackets et magouilles qui opposent d'un côté les couples désarmés, et de l'autre des spécialistes qui souvent exploitent la PMA comme d'autres un fonds de commerce. Car il existe, on ne le dit pas assez, des PMA à plusieurs "vitesses" et à plusieurs prix. Les critères d'agrément des centres sont plus que flous et le contrôle des

résultats incite certains centres à refuser les cas difficiles et à pratiquer des fécondations in vitro sur des femmes non stériles, mais peu fertiles.

La PMA est un domaine complexe, qui touche autant à la biologie et à la médecine de pointe qu'à la psychologie et à l'éthique. Elle n'a pas fini d'exciter l'imaginaire des femmes en mal d'enfants, mais aussi des hommes férus d'eugénisme et de quelques savants qui semblent dérangés.

Emmanuelle Billon

Michèle Negri Le Roman de Pythagore

*Buchet-Chastel, 448 p.,
139 F.*

Ce fut un grand géomètre, un grand philosophe, un grand orateur, et, pour lui, les mathématiques étaient le langage des dieux. Sa renommée fut immense et dure jusqu'à nos jours. Une enseignante mathématicienne, Michèle Negri, a voulu reconstituer sa vie sous forme romancée ; elle a eu raison. On trouve dans son ouvrage et de belles synthèses et de belles pages. C'est un de ces livres qu'on emporte pour le double plaisir d'apprendre et d'oublier.

G.M.

Almanach Jules Verne 1992

*Ramsay / Agence Jules
Verne, 220 F.*

Beaucoup de science bien expliquée, des synthèses, une remarquable variété de sujets, de l'actualité, mais aussi de l'histoire, un ton clair, une mise en page juste assez "mouvementée" pour être agréable, des auteurs de renom — tels que Luc Montagnier, Jean-Marc Lévy-Leblond, Hervé Le Bras —,

de l'humour, des illustrations abondantes et bien choisies : une réussite de premier ordre qu'on recommandera à tous, vieux, jeunes, impatients et studieux. Les enfants pourront l'offrir à leurs parents ! Enfin c'est le type de livre qu'on peut prendre et reposer dès qu'on a quelques instants, sans avoir le sentiment d'avoir perdu son temps. Mais ne nous étonnons pas trop de ce succès : l'Anvar, l'Association Descartes, le CEA, le CNRS, l'Inserm, EDF, le Palais de la découverte et deux ministères ont contribué à cette réalisation.

G.M.

Collection Explora Dominique Morello Au cœur de la vie, la cellule

**Philippe Leroy
Des forêts et des
hommes
Patrice Carré
Du tam-tam au
satellite**

*Presses pocket, 126 p. ill.,
60 F.*

Nous avons déjà exposé les mérites de cette excellente collection pour les jeunes et les autres, réalisée avec le concours de la Cité des sciences et de l'industrie. A l'occasion de la parution des trois titres cités plus haut, on retrouve le même talent de rendre attrayants des sujets abstraits et peut-être même ardu, la même mise en page commode et le choix judicieux des illustrations qui, pour une fois, et bien qu'un peu trop petites, servent réellement le texte au lieu de "faire joli". Au cœur de la vie, la cellule est sans doute le plus réussi de ces trois ouvrages, parce que le sujet était le plus délicat. Ah, si les jeunes des années trente et quarante avaient eu de tels livres !

G.M.

Le Livre de l'Europe Atlas géopolitique

*Stock - Editions n°1,
317 p., 198 F.*

Jean-Claude Chesnais La Population du monde

*Bordas, album ill., 96 p.,
97 F.*

Toutes les données théoriques et pratiques sur l'Europe, hommes, pays, histoire, institutions, problèmes, rapports économiques, culturels et politiques avec le reste du monde, bilan, rassemblées dans cet atlas géopolitique. Mais aussi des index simplifiés, des adresses, des cartes, des schémas, une mine ! Bravo.

La Population du monde offre le mérite de clarifier les idées sur un sujet considérable et toujours mal connu du public. Le livre, entre autres, présente l'intérêt de rappeler ce que fut la population du monde en l'an 1 (pour mémoire, 250 millions) et son évolution proportionnelle depuis. Des tableaux comparatifs très clairs sur la mortalité et l'espérance de vie en font un ouvrage qui sera utile à de nombreux chercheurs et fonctionnaires.

G.M.

Bernard Brunhes La Dégradation de l'énergie

*Champs / Flammarion,
410 p., 50 F.*

Lochak, Diner, Fargue L'Objet quantique

*Champs / Flammarion,
237 p., 42 F.*

Cette remarquable collection poursuit son entreprise : donner au public qui s'en soucie des textes-clefs sur des sujets qui, le

plus souvent, volent très haut au-dessus des médias. Si l'on aspire à "savoir", ces deux titres sont passionnants.

Le premier, paru la première fois en 1909, raconte l'histoire de deux concepts majeurs de la thermodynamique, celui de la conservation de l'énergie et celui de la dissipation de la même énergie, qui fut découvert par Carnot et affiné par Clausius, puis repris de façon tellement originale par Boltzmann que celui-ci s'en suicida (l'accueil qu'on lui fit fut inepte). Or, Brunhes, physicien, compagnon de Jean Perrin, maîtrise son expression comme on savait le faire autrefois, c'est-à-dire qu'il reste clair dans les exposés les plus délicats. A près d'un siècle de distance, son livre demeure passionnant, et les données "récentes" qu'il offre ne sont pas tellement changées.

Les trois auteurs du second ouvrage sont, eux, toujours vivants, et l'on s'en félicite, car sur un sujet épouvantablement "tordu", ils ont réussi un ouvrage "droit". L'objet est, disons, tordu, parce que chaque terme de n'importe quel énoncé donne le vertige tant il évoque de notions et de questions. Prenons, par exemple, p.96, le postulat suivant : « L'état quantique est un état privilégié où le hasard se trouve réduit au maximum. Les nombres quantiques sont les signes de cet ordre dans le chaos. » Par quel miracle existe le privilège de cet état, dont les auteurs précisent qu'il est comparable aux états stationnaires d'une onde ? Par quel miracle y a-t-il invariance des grandeurs physiques privilégiées, puisque l'état quantique est celui de l'harmonie ? Comment et combien de temps se maintient cette harmonie au cœur du chaos ?... Un beau livre, qui vaut bien des romans et qui est écrit d'une plume ferme et claire

G.M.

ECHOS DE LA VIE PRATIQUE



PHOTO

Un zoom avec lentille asphérique

Pour corriger les diverses aberrations optiques, les objectifs font appel à plusieurs lentilles (trois au moins). Avec les zooms, le nombre de ces lentilles croît considérablement (de 10 à 20 très souvent), les corrections à faire variant avec la focale.

Cette multiplication des lentilles n'est pas sans inconvénient : elle augmente les difficultés de construction (fixations, alignement sur l'axe optique), le poids et le prix.

Mais surtout la correction des aberrations reste encore imparfaite. Afin d'améliorer les performances d'un zoom 35-105 mm commercialisé début janvier, Tamron a introduit une lentille asphérique dans sa construction.

Ce type de lentille, de réalisation plus délicate qu'une lentille sphérique, permet de réduire les aberrations sur le bord du champ photographié (en particulier la coma).

Ainsi, ce zoom 35-105 mm, doté de 17 lentilles, est-il corrigé au mieux, donnant des images d'une netteté relativement constante à toutes les focales et à toutes les distances (depuis 1 mètre). De plus, il est relativement lumineux : 1 : 2,8. Il est disponible en monture adaptable aux principaux reflex du marché.

AUDIO

Une minuscule chaîne hi-fi

La chaîne monobloc FX-6 d'Hitachi mesure 30x26x29 cm. Elle n'en comporte pas moins un amplificateur, un tuner, un magnétophone à cassette et un lecteur CD.

Avec les deux enceintes acoustiques, le tout ne pèse qu'une

dizaine de kilogrammes et assure une honnête reproduction musicale. En plus des caractéristiques classiques (une puissance de 2 x 20 W efficaces, deux voies bass-reflex dans les enceintes, un tuner à synthétiseur numérique, un magnéto-

phone à deux cassettes avec autoreverse et Dolby B), cette mini-chaîne dispose d'un système surround pour créer un effet sonore spatial. L'ensemble est télécommandable, et un timer vous permet de vous réveiller en musique.

VIDEO

La TV télécommandée par une souris

TV-Mouse, la nouvelle télécommande pour téléviseur et appareils audio-vidéo lancée par Océanic, filiale de Nokia, ne comporte que 32 touches (alors que la plupart des télécommandes actuelles possèdent plus de 50 touches). Pour obtenir cette diminution, cet accessoire fait appel à un dispositif qui rappelle celui de la "souris" des ordinateurs. La pression d'une touche unique, ainsi qu'un mouvement approprié de la main commandent les fonctions principales du téléviseur.

Pour augmenter le volume so-

nore, il suffit simplement d'appuyer sur la touche et de la tourner vers la droite. Pour le réduire, le mouvement est inverse.

De même, une inclinaison vers le haut et une pression programment le défilement par ordre croissant des programmes de télévision. Une inclinaison vers le bas, le défilement par ordre décroissant.

Ce système s'applique également aux fonctions

principales du magnétoscope (marche, arrêt, pause, avance et retour rapides), à ses fonctions audio et vidéo, au télétexte et fonctions satellites principales.

A noter que



parmi ses 32 touches figurent des touches traditionnelles pour ceux qui souhaitent continuer à les utiliser.

Le paiement à la séance des émissions à péage

Le système européen de télévision payante utilisant la norme d'émission D2-MAC, le procédé unique d'embrouillage Eurocrypt et l'équipement de désembrouillage Visiopass, est en service depuis plus d'une année en France sur les réseaux câblés de Paris et de certaines villes de province.

Pour l'instant, ce système ne propose qu'un paiement par abonnement, comme celui de Canal Plus. Mais, depuis novembre dernier, des essais portant sur un procédé de paiement à la séance sont effectués sur le réseau câblé de Berlin auprès de 200 téléspectateurs.

Par le canal du Visiopass, l'utilisateur demande un programme et c'est celui-là seulement qui lui sera facturé dans des conditions semblables à celles du téléphone. La consommation est relevée automatiquement chaque nuit par l'intermédiaire d'un modem et d'une ligne téléphonique.

Cette expérience est réalisée par la DBP (télécommunications allemandes), France Télécom, Cinéma-TV (pour les programmes), PK Berlin (centre technique) et Anita Medien (intégrateur du projet).

Ce mode de paiement devrait être mis en service en Europe dès 1992.

▲ **6 heures de TVHD par jour** sont diffusées par NHK (la télévision publique du Japon) depuis le début de décembre 1992. Il s'agit d'un effort promotionnel sans précédent, puisque le parc des téléviseurs TVHD n'est que de quelques centaines.

Des films noir et blanc plus fins

Les pellicules pour la photo en couleurs ne sont pas les seules à bénéficier d'améliorations. Ainsi Fuji a-t-elle lancé deux films noir et blanc, les Néopan 400 Pro et 1600 Pro (sensibilité 400 et 1600 ISO) bénéficiant de la technologie de pointe conçue pour les films couleurs.

La taille des grains d'argent a été diminuée par incorporation

de ions d'iode en forte concentration. Résultat : l'image est plus fine et d'une meilleure définition. En même temps, pour compenser l'absorption des radiations bleues, la présence à taux élevé de sensibilisateurs chromatiques à la surface des grains d'argent a permis d'augmenter leur sensibilité au vert et au rouge.

Les Néopan sont, en outre,

compatibles aussi bien avec les révélateurs ordinaires, en traitement poussé, qu'avec les révélateurs rapides. Le Néopan 1600 Pro, par exemple, se développe dans les mêmes temps que les films de sensibilité 400 ISO. De support légèrement teinté, le 400 Pro est disponible en format 135/36 et 120 et le 1600 Pro en format 135/36.

Repère mobile pour la mise au point automatique

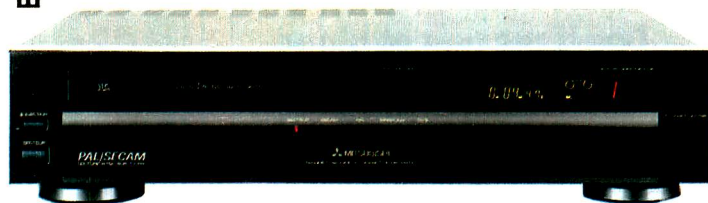
Avec l'Aiborg, Konica propose le premier appareil 24 x 36 compact doté d'une plage qui, dans le viseur, peut être déplacée à volonté — à l'aide d'une molette — pour la faire coïncider avec le sujet sur lequel doit se faire la mise au point automatique. Par exemple, sur un personnage

cadré sur un bord de l'image.

Le viseur, qui est couplé à la variation de focale du zoom, est par ailleurs corrigé automatiquement des erreurs de paralaxe. Cet autofocus est doté d'un objectif 35-105 mm, de vitesses allant de 6 s à 1/500 s, d'un affichage automatique par cristaux liquides informant

de tous les réglages sélectionnés, d'une sensibilité de 25 à 3 200 ISO, d'un flash incorporé à intensité variable et ayant une autonomie de 400 éclairs, du chargement et du rebobinage automatiques du film. De dimensions 14,8 x 8,7 x 8,3 cm et d'un poids de 570 g, l'Aiborg coûte 2 490 F.





VIDEO

Un magnétoscope à vitesse réglable

Afin de permettre l'enregistrement sans coupure d'une émission télévisée, la firme Mitsubishi a conçu un magnétoscope, le HSM 450, doté d'un microprocesseur et d'un dispositif modifiant la vitesse de défilement de la bande en fonction de la durée du programme, jusqu'à quatre heures. A cet effet, l'appareil comporte quatre têtes et une fonction Auto REC Speed calculant automatiquement la

durée de la bande restante pour adapter la vitesse d'enregistrement.

Par exemple, vous disposez d'une cassette de 120 minutes, la durée du programme choisi à enregistrer étant de 150 minutes. Il suffit d'appuyer sur la touche Auto REC Speed, le microprocesseur détermine automatiquement le processus d'enregistrement, soit 90 minutes enregistrées en durée normale et 30 minutes en

longue durée pour couvrir les 60 minutes d'enregistrement restantes. Par ailleurs, une fonction Twin Digital Auto Tracking, conçue pour optimiser la qualité de restitution des images, permet d'éliminer les défauts dus à un mauvais alignement de la bande. Le Mitsubishi HSM 450 existe en PAL/SECAM et lit également les cassettes NTSC sur téléviseur PAL (prix : 5 200 F), ainsi qu'en version SECAM (prix : 4 400 F).

▲ **Un micro-ordinateur pour mesurer le son.** 01 dB est une société française spécialisée dans la production d'instruments de mesure acoustiques et vibratoires. Son objectif : remplacer les appareils de mesure traditionnels (sonomètres, analyseurs de fréquences, etc.) par un ordinateur portable et des logiciels spécifiques. Un concept simple : il s'agit de relier un microphone (ou autre capteur audio) à un micro-ordinateur avec une carte analogique-numérique programmable en les associant à un logiciel d'acquisition et de traitement des données recueillies. Appelé Aria, le système 01 dB a été homologué par le ministère de l'Industrie en 1990 dans la classe IP, celle qui appartient à la précision la plus élevée. 01 dB, 2 rue du Dr Fleury-Papillon, 69100 Villeurbanne.

PHOTO

Des compacts 24 x 36 plus simples

Lancés voilà quelques années, les appareils Riva de Minolta étaient les premiers modèles dotés d'un système expert destiné à afficher les réglages automatiques. La firme japonaise propose aujourd'hui trois Riva améliorés, plus simples d'utilisation, les Riva Zoom 90c, Mini et 35. - tous dotés de la mise en service des automatismes dès que le boîtier est porté à l'œil pour cadrer. Le Riva Zoom 90c est le plus complet des trois : zoom de 38 à 90 cm, mise au point par faisceaux multiples, écran d'affichage à cristaux liquides et télécommande infrarouge.

A noter sa qualité optique due à trois surfaces asphériques dans le bloc de lentilles et à un traite-

ment multicouches interne.

Le Riva 35 est le modèle le plus simple : objectif 4,5/35 mm ; mise au point fixe de 1,5 m à l'infini ; flash intégré avec trois positions possibles (auto, manuel, flash annulé).

Le Riba Mini est le plus léger (165 g) et de taille réduite (118 x 36 x 36,5 mm). Il est tout automatique : mise au point (de 0,55 m à l'infini), exposition et flash. Il possède un objectif 3,5/34 mm, un retardateur et un écran d'affichage à cristaux liquides.

▲ **Nokia MAC-3**, le dernier né des décodeurs D2-MAC, possède un désembrouilleur Eurocrypte, pour décoder toutes les chaînes à péage.

PHOTO

Un 24 x 36 coréen tout automatique

Samsung, le numéro 1 de la photo vidéo et de l'audio en Corée du Sud, propose sur notre marché l'AF Zoom 1050, un 24 x 36 compact intégralement automatique, qui ne le cède en rien à ses concurrents japonais. Les dispositifs d'asservissement se chargent de régler

la mise au point, l'exposition, l'entraînement de la pellicule et la mise en service d'un flash électronique incorporé. L'objectif est un zoom de type "macro" 4/38-105 mm autorisant la prise de vue à 40 cm du sujet. Dimensions : 14 x 8 x 6 cm ; poids : 394 g. Prix : 1990 F.



AUDIO

La musicalité dans une chaîne harmonieuse

Avec l'ES-COMPO, Sony a voulu associer les performances musicales d'une chaîne haute-fidélité constituée d'éléments séparés, avec une esthétique raffinée. Cette dernière repose sur une présentation identique des quatre éléments (amplificateur, lecteur de disque compact, platine cassette et tuner), avec façades aluminium, panneaux basculants dissimulant les fonctions annexes et des connexions directes sans câble.



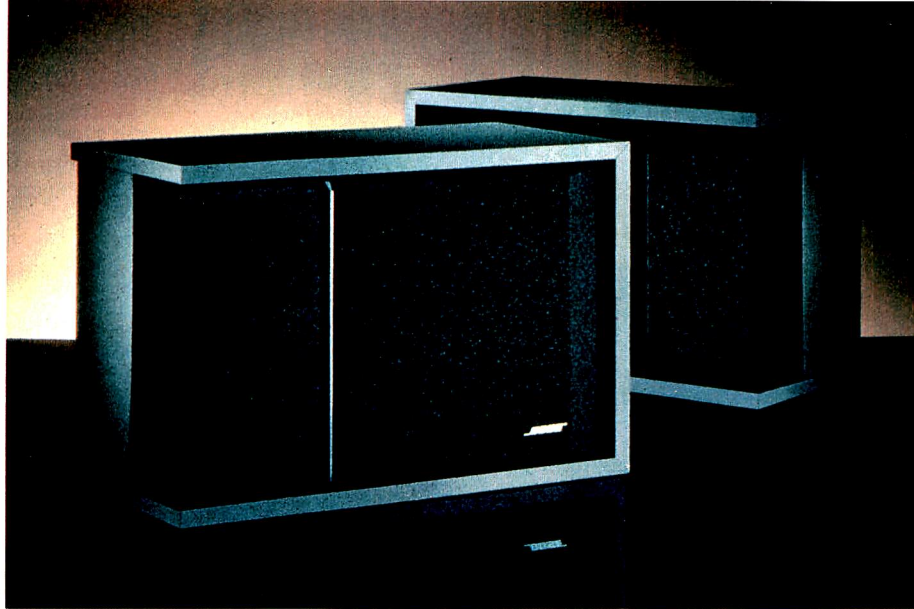
Les performances procèdent d'abord de l'amplificateur, dont la puissance est de 2 x 50 W efficaces sur 8 ohms.

Le lecteur de disque compact fait appel à une technologie de pointe en ce qui concerne la conversion numérique/analogue.

La partie magnétophone est équipée de trois têtes haute densité, de trois moteurs et des systèmes Dolby B, C et HX-PRO.

Le tuner, bien entendu, bénéficie de la recherche automatique des stations.

Enfin, pour contempler et écouter à son aise cette chaîne de haut niveau, elle est accompagnée d'une télécommande.



AUDIO

Des enceintes adaptées au son numérique

Il a toujours été difficile de réaliser de petites enceintes acoustiques ayant de véritables qualités de haute-fidélité. En particulier, à cause de la présence des haut-parleurs de graves, qui nécessitent un important volume de résonance.

Depuis longtemps déjà, les constructeurs font appel à de multiples artifices techniques pour obtenir un compromis sa-

tisfaisant. C'est ainsi que Bose vient de commercialiser deux enceintes aux performances élevées, les 301 et 201 Série III, adaptées plus particulièrement aux sources audionumériques (disque compact, DAT...). Leurs puissances admissibles sont élevées (respectivement 150 W et 120 W).

Elles sont dotées de woofers montés en enceintes accordées de façon à assurer des basses

profondes sans trainage. Sur la 201 Série III, par exemple, la masse de l'aimant du woofer a été augmentée de 65 %.

Sur les deux modèles, le filtrage des haut-parleurs est réalisé par un circuit Bose qui permet un raccordement doux des fréquences des haut-parleurs (sur plus d'un octave). Ce filtre permet notamment d'éviter toute coloration et toute agressivité des médium.

AUDIO

Un autoradio à façade amovible et... sonore

Dernier né des combinés radio-cassette Pioneer pour automobile, le modèle KEH M 9300 RDS comporte un panneau de commande amovible. Procédé classique contre le vol, le système n'est efficace que si le propriétaire emporte ce panneau en quittant son véhicule.

Pour lui éviter de l'oublier, le constructeur a doté le dispositif d'un signal sonore qui se manifeste lorsque le panneau n'est

pas retiré. Le combiné est doté du système RDS pour le suivi automatique des stations sur les longs parcours, d'une commande multichargeur pour le passage de six disques compacts après connexion à un lecteur CD et des corrections

Dolby B et C sur le lecteur de cassette. La puissance de l'appareil est de 2 x 25 W et ses divers réglages sont télécommandables. Prix : 5 495 F.





1 LA COULEUR SUR UN ORDINATEUR PORTABLE

Env. 84 000 F,
chez Sharp Electronics France SA,
BP 50094, 95948 Roissy CDG

1 Jusqu'ici réservée aux ordinateurs de bureau, la couleur vient de faire son apparition sur un micro-ordinateur portable (40 x 32 x 9 cm et 6,9 kg), le PC 8501 de Sharp, grâce à une toute nouvelle technologie. Chaque point de son écran à cristaux liquides (aux normes IBM imposées à la plupart des écrans couleurs de type VGA : 640 x 480 points en 16 couleurs) est contrôlé par 3 transistors (un par couleur de base : rouge, vert, bleu) implantés sur un film fin situé derrière l'écran. Cela améliore la qualité de l'affichage et le contraste. Cet ordinateur convient notamment aux applications graphiques, et l'écran fonctionne avec toutes les normes standard telles que EGA, CGA, MDA, VGA et le mode RIX. Il est doté d'un microprocesseur 80386DX travaillant en 32 bits, ce qui en fait un des portables les plus puissants. Sa "grosse tête" (2 Mo de mémoire RAM — Random Access

Memory — extensible à 10 Mo, et un disque dur de 100 Mo) lui permet d'enregistrer et de faire "tourner" tous les types de logiciels. Le lecteur externe accepte des disquettes de 3,5 pouces. Sharp proposera l'année prochaine un bloc-note informatique environ deux fois plus petit et deux fois plus léger (216 x 279 x 46 mm, 3,3 kg, 80 Mo) doté du même écran couleur.

2 Vous voulez récupérer à fond votre voiture, votre terrasse ou votre piscine ? Le Gerni Jet est précisément un nettoyeur haute pression portable, à usage domestique. Il est équipé d'une buse d'arrosage "Turbo laser" (et non d'une buse de dispersion traditionnelle) contenant une turbine hydraulique à ailettes en téflon (résistant aux hautes températures) couplée à un gicleur. La turbine accélère la vitesse de sortie de l'eau à l'extrémité de la lance d'arrosage. Des gouttes 10 fois plus grosses et 1000 fois plus lourdes (3mm de diamètre = 14 mg) que celles des buses classiques (0,3 mm de diamètre = 0,014 mg) sont ainsi expulsées à une vi-

tesse comprise entre 400 et 600 km/h, près du double des appareils classiques. Le gicleur, animé d'un mouvement oscillatoire vertical très rapide (fréquence d'environ 100 Hz) à l'intérieur de la buse, projette l'eau 200 fois/seconde sur la surface à nettoyer. Avec des gouttes plus grosses, la déperdition de chaleur est moindre lors d'utilisation d'eau chaude et le nettoyage plus efficace. Enfin, l'effet de brouillard dû aux gouttelettes en suspension est réduit, d'où un moindre risque d'inhalation lors de l'utilisation de détergents.

3 La fixation à coque Emery Soft, première du genre à pouvoir tourner de 360° sur la planche, peut s'orienter du côté qui convient au surfeur, qu'il soit droitier ou gaucher. En outre, l'écartement des pieds est ajustable à la taille, de l'enfant à l'adulte, et réglable en fonction du sport pratiqué : descente, poudreuse, *half-pipe* (demi-tube de neige où l'on fait des figures). Emery Soft comporte une embase en aluminium fixée sur le surf, permettant la rotation, et une plaque d'aluminium sur laquelle s'adapte la coque, en matière plastique résistante, qui moule les



2 NETTOYAGE AU JET DEUX FOIS PLUS RAPIDE

Env. 3 980 F,
chez Gerni,
ZI du Valjoly,
BP. 28,
42290 Sorbiers

5 POUR VOIR QUI VIENT DINER...

10 776 F, chez Aiphone,
ZI de Villemilan, av. Ampère,
91321 Wissous Cedex



4 DES SKIS A CHANTS CONCAVES

2749 F,
dans les magasins
de sport

"bottes" souples en cuir et maintient fermement le pied.

4 La société Head propose, quant à elle, des skis à chants concaves, les CX6 et CP6, dont les bords ont un angle adouci au lieu de droit. Cette construction, appelée C-Radial, donne plus de résistance en torsion lors des prises de carres. Plus léger de 10% qu'un ski normal, le CP6 se compose de matériaux assemblés "en sandwich", bois, ABS (une sorte de plastique très résistant), fibre de verre et titanal, alliage très léger d'aluminium et magnésium encadrant le bois et améliorant le maintien en torsion. Destinées à des skieurs confirmés, ces améliorations augmentent la maniabilité et l'accroche dans la neige dure.

5 Pour savoir qui sonne à votre porte, la firme Aiphone propose une caméra mobile (modèle MY). Pouvant balayer un angle de 76° en verticale et de 122° en horizontale, et manœuvrable de l'intérieur de l'appartement, elle permet de suivre les mouvements du visiteur ou de l'intrus. Installée à l'abri du soleil, elle fonctionne aussi presque

dans le noir (sensibilité 1 lux) grâce à un rayon infrarouge, et affiche l'image du visiteur sur l'écran d'un combiné moniteur vidéo (10 cm en diagonale) également équipé d'un interphone. L'ensemble se branche sur un simple fil de sonnette.

6 Enfin un kayak dans lequel on ne se mouille pas, ou presque ! Commercialisé par le Vieux Campeur, le Sea Tiger, kayak de compétition polyvalent (mer et rivière), est le seul à contenir une "chaussette" pré-formée qui, telle la coque d'une chaussure de ski autour du pied, moule le corps du rameur. Hermétiquement fermée par une jupe et ceinturée au torse du rameur, l'eau ne peut pénétrer dans la chaussette, en cas de chavirement. L'air ainsi emprisonné dans le cockpit aide à revenir en position de flottaison normale. Si l'eau entre quand même, cela n'affecte pas la stabilité, étant donné le faible vo-

3 UNE COQUE POUR LE SURF DES NEIGES

1050 F,
chez Emery,
rue Rif-Trochard,
Le Fontanil,
38523 Saint-Egrève
Cedex



lume intérieur du cockpit, qui se vide grâce à des canaux d'évacuation en mettant le kayak sur la tranche. En outre, du fait de la grande résistance de la coque, en fibre de verre et diolène, un seul caisson étanche suffit. Du coup, celui-ci est beaucoup plus long que les caissons multiples des kayaks classiques, d'où la possibilité d'y ranger des bagages assez longs (1,20 m). Pour voguer en mer, le traditionnel gouvernail à pédale est remplacé par une dérive latérale qu'un simple cordon à hauteur du bras permet de lever ou de baisser. Rétractable et réglable, elle commande les virages et contribue à stabiliser le bateau. Ce kayak mesure 4,50 x 0,6 m, pèse 26 kg et accepte une charge de 250 kg (rameur compris).

6 AU SEC DANS UN KAYAK

9600 F,
au Vieux Campeur,
48 rue des Ecoles,
75006 Paris





7 Tirez sur une lanquette, votre repas chauffera en 8 minutes, sans gaz ni électricité! Le repas (vous avez le choix entre dix recettes différentes, dont le cassoulet toulousain, le bœuf bourguignon, la choucroute garnie) est contenu dans une barquette en métal reposant sur une boîte isolante en perlite (roche volcanique compressée) et contenant une plaque chauffante faite d'un serpent de silicium et manganèse. Lorsque l'on tire sur la languette, une grosse tête d'allumette enflamme une pastille qui provoque la combustion d'un serpent (3 minutes) à une température de 1 400 °C. La chaleur produite est communiquée à une couche de brique diffusante, la chamotte, qui chauffe à son tour les aliments. Ce procédé est plus rapide que ceux utilisant la chaux. En outre, comme on peut le congeler, il pourra bientôt être intégré à la fabrication de boissons auto-chauffantes (thé, café, potages) et de barbecues portables.

8 Grâce au Pochet 2000 d'Alcatel, téléphonez de n'importe où sans

vous prendre les pieds dans le fil ! De la taille de deux paquets de cigarettes (195 x 75 x 30 mm), vous pouvez emporter ce radiotéléphone dans votre poche (il pèse 625 g), de la maison au bureau ou dans votre voiture (avec adaptateur spécial et antenne). D'une autonomie de 8 heures et équipé de batteries de recharge, il possède en outre un répertoire de 40 numéros, un compteur de durée des communications et des mollettes de réglage d'intensité de la sonnerie et de l'écouteur. Ce radiotéléphone portable émet sur la bande de fréquences 414,8-417,98 MHz et reçoit sur 424,8-427,98 MHz, où il existe 256 canaux espacés de 12,5 kHz. Il fonctionne sur le réseau national Radiocom 2000 - 400 MHz, sur abonnement. Toute une série d'accessoires sont disponibles, dont un chargeur de bureau.

9 Afin d'éviter les aller et retour de la main entre la souris et le clavier (et les déplacements correspondants du curseur), Prohance propose Promouse, souris informatique dotée de son propre clavier. Outre deux touches de déplacement du curseur, elle possède

10 boutons supplémentaires remplaçant les touches les plus fréquemment utilisées d'un clavier de PC (escape, page up/down, end, enter, insert, delete, etc.). La résolution de Promouse est programmable de 20 à 200 points par millimètre, c'est-à-dire que l'on peut régler la vitesse de déplacement du curseur en fonction du mouvement plus ou moins rapide de la main. De plus, cette souris envoie à l'ordinateur l'information concernant son déplacement 400 fois par seconde (au lieu de 75 à 200 fois habituellement). Cela permet de contrôler avec une bien meilleure précision la position du curseur, atout particulièrement intéressant pour réaliser des graphiques. Livrée avec un logiciel et un manuel d'utilisation, cette souris fonctionne sous DOS 2.01 ou plus récent.

10 L'UV-Biometer 501 de Solar Light permet d'évaluer les risques de brûlure, voire de cancer de la peau liés aux ultraviolets B (les plus dangereux) quand on s'expose au soleil, que ce soit à la plage ou sur la neige. L'appareil comporte un détecteur qui sélectionne les longueurs d'onde cor-

7 UNE GAMELLE AUTO-CHAUFFANTE

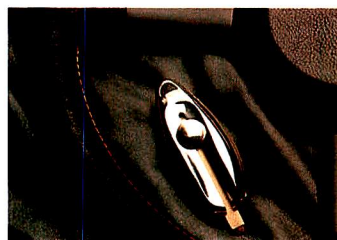
29,50 F le plat,
dans les grandes surfaces
et chez Dipal,
641 av. du Dr Lefevre,
06270 Villeneuve-Loubet



10
MESUREZ LES ULTRA-VIOLETS NOCIFS
45 000 F, chez RMP, Division électro-optique,
3-5 Villa Marcés, 75011 Paris

11 LE VOLANT QUI TOURNE A VIDE

Env. 2500 F,
dans les magasins
d'accessoires automobiles,
en mai 1992





8 LE TELEPHONE EN POCHE

29 000 F,
chez tous les
revendeurs
agréés Alcatel

respondant aux UVB (280 à 320 nano-mètres), et un boîtier électronique enregistreur extrêmement sensible qui mesure la dose érythémateuse minimale/heure (DEM/h, quantité minimale de rayonnements provoquant la coloration de la peau) à partir de laquelle les risques ne font que croître. Situé à l'extérieur, il peut fonctionner entre -20 et + 50 °C. Afin d'optimiser son rendement par tout temps, le détecteur de l'UV-Biometer est maintenu en permanence, par un système thermoélectrique, à une température d'environ 20 °C. Pour garder une trace écrite des résultats, visibles sur l'écran à cristaux liquides, il suffit de connecter l'appareil à une imprimante. Le détecteur mesure 13 cm de haut et pèse environ 1 kg, le boîtier de 16 x 8 x 24 cm, pèse 1,8 kg

11 Peur que l'on vous vole votre voiture? Débranchez le volant... C'est ce que fait l'antivol Malvy, boîtier métallique compact (25 mm d'épaisseur) qui se place entre le volant et la colonne de direction (l'installation du boîtier prend 25 mn) et les désolidarise l'un de l'autre. Une fois ôtée la clé codée, le volant tourne dans le vide. Pour rendre

le véhicule à nouveau utilisable, on réintroduit la clé codée dans le boîtier. Ce produit, réalisé en collaboration avec le CEA, sera monté en série à partir de 1994. Les compagnies d'assurances le considèrent déjà comme quatre fois plus efficace que les meilleurs antivol.

12 Conçu par Peugeot, le scooter de demain sera électrique. Son poids, près de 90 kg, dont 30 kg de batteries et 8 kg de moteur, restera lourd comparé aux 55-73 kg des modèles actuels. Sa vitesse maximale sera de 45 km/h pour une autonomie de l'ordre de 40 km, variable selon la vitesse moyenne. La batterie se recharge sur une prise de courant domestique en 6 à 7 heures ; ou alors en 10 min avec un chargeur spécial (dans les garages), ce qui lui donne une autonomie de 15 km, souvent suffisante pour rentrer chez soi. Bien entendu, cet engin est silencieux et non polluant. Il sera vendu à un prix comparable à celui d'un scooter thermique de 49,9 cm³ de cylindrée.

**12
LE SCOOTER
ELECTRIQUE**
Chez Peugeot
(pas encore
commercialisé)



▲ L'écritain public sur Minitel.

Vous voulez rédiger une lettre de félicitations ou résilier un contrat d'assurance? Tapez 3617 Plumetel. Mille lettres types y sont stockées pour la plupart des usages de la vie courante : invitations, félicitations, réclamations, résiliations de contrats, etc. Un service "page blanche" vous permet d'écrire des missives plus personnelles. Tous les documents sortent sur une imprimante laser et vous sont expédiés sous 48 heures. Le prix de revient moyen d'une lettre est de 22 F, sur la base de 10 min de connexion (2,19 F la minute), y compris les frais d'édition et d'envoi.

▲ Les échos de cette rubrique ont été réalisés par Roger Bellone, Christine Mercier et Paule Sully.

9 UNE SOURIS A CLAVIER

Env. 890 F,
Actid,
5 rue Malakoff,
35000 Rennes

OUI. OUI.

Faire Nadeau Forest

SAVOIR ÉCOUTER.

L'ouïe est un sens très important. C'est celui qui nous relie aux autres. Et quand les autres vont mal, le besoin d'être écouté devient, pour eux, aussi vital que celui de parler. Être à l'écoute des autres, de tous ceux qui appellent 24 h sur 24, chaque jour de l'année, c'est la vocation de S.O.S. AMITIÉ. Une vocation qui respecte la totale liberté de parole de celui qui téléphone. De plus en plus d'appels demandent de plus en plus de volontaires qui refusent les lois du silence et de l'indifférence.

SAVOIR S'ENGAGER.

Devenir écoutant à S.O.S. Amitié, c'est dire oui au bénévolat, au sérieux, à l'exigence, à la discrétion. C'est dire oui à tous les appels, un oui qui redonne confiance et goût à la vie. C'est dire oui à toute une équipe de jeunes et de gens plus âgés déjà engagés dans ce combat. Si vous prenez l'engagement de dire oui à cette annonce, c'est que nous aurons bien été entendus. Merci.

S.O.S. AMITIÉ RECRUTE
DES ÉCOUTANTS BÉNÉVOLES.



S.O.S AMITIÉ

S.O.S. AMITIÉ - 12, RUE DU HAVRE 75009 PARIS

Agen • Albi • Angers • Annecy • Ardennes • Arras • Avignon • Belfort-Montbéliard • Besançon • Bordeaux • Brest • Caen • Clermont-Ferrand • Dijon • Grenoble • Paris • Bagnollet • Boulogne-Evry • La Rochelle • Le Havre • Le Mans • Lille • Limoges • Lyon • Marseille • Aix • Metz • Montpellier • Mulhouse • Nancy • Nantes • Nice • Orléans • Pau • Poitiers • Reims • Rennes • Rouanne • Rouen • Saint-Étienne • Sarrebourg • Toulon • Toulouse • Tours • Troyes.

UNE OREILLE PARTOUT !

AVEC LE SUPER MICRO-ESPION TX 2007

270 F l'appareil

Vous souhaitez entendre ou enregistrer secrètement tout ce qui se dit dans un endroit précis, magasin, bureau, dépôt, maison, caravane, voiture, appartement, etc. ? Vous voulez surveiller un bébé qui dort, une personne malade, une voiture ou un garage, un commerce ou une maison, une situation ambiguë, nuit et jour ? C'est désormais possible avec le TX 2007. Lorsque vous recevez ce formidable petit appareil électronique, branchez une simple pile de 9 volts et installez-la là où vous voulez tout surveiller. Il est très facile à cacher. Dès lors, le TX 2007 émet sur la bande FM et vous pouvez repérer l'écouter sur votre poste de radio, comme une émission normale, jusqu'à 500 mètres de distance en ville et 5 kms en plaine.

Très sensible : entend un chuchotement à 10 mètres. Collé contre un mur, vous fait entendre les bruits à travers la cloison. Fréquence réglable (88-106 MHz). L'appareil est pré-régulé sur 107 FM à la livraison. Garantie 3 ans. **TRES SIMPLE D'UTILISER** - BRANCHEZ UNE SIMPLE PILE 9 VOLTS ET C'EST TOUT - VOUS ENTENDEZ TOUT SUR VOTRE RADIO FM, WALKMAN, CHAÎNE HI-FI, AUTO-RADIO, etc. et vous serez étonné à votre tour comme 140 000 acheteurs à ce jour ! Essayez vite (sans risque pendant 15 jours) cette petite merveille, véritable petite radio-fibre miniature qui peut porter à 20 kms si l'on ajoute piles et antenne ! Vous pouvez avoir confiance car : spécialistes et fabricants, nous fournissons depuis 7 ans les administrations, détectives, professionnels de la sécurité, etc., etc.

VOTRE GARANTIE : si dans les 8 jours qui suivent sa livraison chez vous, pour une raison quelconque, vous n'êtes pas satisfait de votre TX 2007, vous serez intégralement remboursé par le Directeur Général M. A. FRANÇOIS. Sans discussion.

GRATUIT : En commandant dans les 8 jours, vous recevrez en plus : le GUIDE DE L'ESPIONNAGE avec trucs, secrets, révélation, scandales, et le passionnant CATALOGUE DES PRODUITS TRES SPECIAUX !!

Vous pouvez commander par téléphone : 91 34 34 94 - par fax : 91 49 11 91 - par Minitel 3615 PRAGMA
Vous pouvez vous procurer l'appareil en magasin à notre adresse ci-dessous à Paris, (et aussi à Marseille : PRAGMA 276, bd Chave 13005 - Tél. 91 34 34 94)
BON DE COMMANDE RAPIDE (48 h) À DÉCOUPER ET ENVOYER À

"CIA-KGB" 95, bd Diderot 75012 PARIS
(métro Reuilly-Diderot) - Téléphone (1) 40 09 88 33

☐ Oui, envoyez-moi TX 2007 au prix de 270 F + 25 F de Colissimo recommandé.
☐ Je désire piles alcalines 9 volts au prix de 30 F l'une.

NOM _____ Prénom _____

Adresse _____ Ville _____
Code Postal _____
Réglement par : ☐ Chèque ci-joint ☐ Mandat lettre
☐ **CC** Carte Bleue (N° et date de validité svp)
☐ Je règle au facteur en contre-rembours. (+35 F)

26 JAN 95

APPELS DE PHARES DU FOND DE L'UNIVERS

(suite de la page 45)

Or les résultats obtenus par le détecteur BATSE du satellite GRO indiquent une valeur moyenne de 0,35 seulement, soit un écart de 30%. Cela signifie qu'on ne "voit" pas autant de sources qu'on s'attendrait à en trouver si elles étaient réparties dans l'espace de façon homogène, c'est-à-dire si leur distribution (en profondeur) était uniforme.

Comment expliquer un tel déficit ? La première idée est de l'attribuer au fait que la "profondeur de champ" du détecteur dépasse les frontières de notre Galaxie, ce qui entraîne pour lui un "manque à observer" au-delà de la Galaxie (où la distribution est homogène).

Malheureusement, ce n'est pas la bonne solution car on devrait alors voir simultanément une distribution angulaire (en latitude et en longitude) non isotrope, caractérisée par un renforcement des observations de sursauts dans le plan de notre Galaxie. C'est exactement ce qu'on obtient par exemple avec les étoiles, qui nous apparaissent plus nombreuses lorsqu'on regarde dans le plan du disque galactique (c'est la nuée d'étoiles de la Voie lactée que l'on voit dans le ciel) plutôt qu'en dehors du disque galactique (c'est le reste du ciel, où l'œil voit un nombre infiniment moindre d'étoiles).

Mais ce n'est pas ce qu'on observe dans le cas des sursauts gamma, puisque les résultats fournis par BATSE montrent une distribution angulaire très isotrope. Par conséquent, il faut trouver une autre solution.

On peut reprendre le raisonnement avec toute sorte d'hypothèses, on aboutit à la conclusion, par élimination, que le seul moyen d'expliquer les résultats de BATSE — un déficit en profondeur qui est le même dans toutes les directions de l'espace — est de supposer que les sources de sursauts gamma existent un peu partout dans tout l'Univers, et que les plus lointaines ne sont pas toutes "vues" par le détecteur. Le raisonnement, on l'a vu, est subtil, mais sa conclusion est imparable.

La conséquence est vertigineuse. D'un seul coup, les distances auxquelles devraient se situer les sources de sursauts gamma se trouvent multipliées par un facteur 10^7 à 10^8 (elles seraient donc dix à cent millions de fois plus lointaines). Et comme l'énergie pour produire ces sursauts varie suivant le carré de cette distance, elle doit donc être multipliée par un facteur 10^{14} à 10^{16} . Cela nous mène au chiffre de 10^{44} joules ⁽³⁾. Voilà le prix à payer pour émettre un sur-

saut gamma cosmologique. L'addition est plutôt "salée".

A ce prix-là, il ne reste plus guère de candidats. Si l'on raisonne uniquement sur l'énergie, sans tenir compte des autres contraintes, on peut tout de même proposer un scénario : la coalescence — c'est-à-dire la "fusion" — d'un système binaire formé par deux étoiles à neutrons (ou mieux : l'association d'une étoile à neutrons et d'un trou noir). De tels systèmes ont été observés dans le cas où l'un des deux objets massifs tournant autour de l'autre est un pulsar.

En particulier, le pulsar binaire qui répond au doux nom de PSR 1913 + 16 est connu depuis 1974 grâce à ce rayonnement radio caractéristique. L'observation montre que l'orbite du pulsar autour de son compagnon décroît régulièrement, en parfait accord avec la théorie de la relativité générale d'Einstein, qui attribue cette décroissance à l'émission d'ondes gravitationnelles. Donc la coalescence apparaît inéluctable.

Il serait extraordinaire qu'on puisse expliquer ainsi l'origine des sursauts, et que la fin d'un système binaire dense soit marqué par un "cri" de rayons gamma. Lors du congrès de Huntsville, en octobre dernier, où les premiers résultats de BATSE ont été présentés, Tsvi Piran, astrophysicien de l'université de Cambridge, en Grande-Bretagne, a évoqué un tel scénario, dont Bohdan Paczynski, de Princeton, aux Etats-Unis, est depuis des années l'un des promoteurs. Brandon Carter, de l'observatoire de Paris-Meudon, propose, quant à lui, d'expliquer les sursauts gamma par le passage d'une étoile au voisinage d'un trou noir massif dans une galaxie lointaine.

Il reste à développer ces modèles théoriques, et surtout à trouver des tests observationnels qui permettent de les mettre à l'épreuve. Jusqu'où faudra-t-il aller pour expliquer l'origine cosmologique des sursauts gamma ? Quelle sera en fin de compte leur interprétation ? Devant un tel défi, comme l'a fait remarquer très sagement un des astrophysiciens participant au congrès de Huntsville, «le temps est venu de nous taire et de réfléchir !»

Daniel Tarnowski

(1) Par définition, l'électron-volt (eV) est l'énergie acquise par un électron accéléré par une différence de potentiel de 1 volt. Ses multiples sont le keV (kiloélectron-volt, soit 10^3 eV), le MeV (mégaélectronvolt, soit 10^6 eV) et le GeV (gigaélectron-volt, soit 10^9 eV).

(2) Aux aficionados du calcul, signalons que la longueur d'onde d'un rayonnement, exprimée en nanomètres, et l'énergie E des photons, exprimée en eV, sont reliées par $E = 2 \pi \times 1971/\lambda$.

(3) Si l'électronvolt est une unité bien adaptée aux mesures de petites quantités d'énergie, le joule l'est tout autant pour les grandes quantités : 1 joule = $0,6 \times 10^{19}$ eV.



Votre solitude, c'est uniquement dans votre tête

Il y a forcément quelque part un être qui répond à votre idéal.

Pour que son chemin et le vôtre se croisent, il faut rencontrer des personnes qui recherchent quelqu'un comme vous, mais dont la sensibilité profonde correspond à la vôtre.

C'est cette aventure que vous propose Ion International : rencontrer des personnes dont le caractère, défini par une véritable Étude psychologique, s'harmonise avec le vôtre.

Et cette aventure ne peut que réussir puisque vos contacts seront renouvelés jusqu'au succès complet.

"3000 COUPLES RACONTENT"

Un document passionnant. Des témoignages qui répondent à vos questions : "Les tests sont-ils utiles et exacts ? Et les taux de réussite ? Et l'Amour avec un grand A ?" (envoyé sur demande).

Pour recevoir une documentation complète, faites 36.15 code Ion sur votre Minitel ou retournez ce coupon à :

Ion International

Une écoute attentive et chaleureuse...
Venez nous voir, ou téléphonez.



Veillez m'envoyer gratuitement et sans engagement sous pli neutre et cacheté, votre brochure 24 pages couleur.

M., Mme, Mlle _____

Prénom _____ Age _____

Adresse _____

Tél. _____

■ PARIS (75009) 94, rue Saint-Lazare. Tél. : (1) 45.26.70.85

■ TOULOUSE (31300) 16, rue Nungesser-et-Coli.

Tél. : 61.59.48.58

■ BRUXELLES (1040) rue Belliard 205 BP 15.

Tél. : (02) 230.99.98

■ GENEVE (1206) 4, route de Florissant.

Tél. : (022) 46.84.88

POURQUOI ON DIT CE QU'ON NE PENSE PAS

(suite de la page 71)

lement qu'ils détenaient le monopole de la vérité concernant l'échec de la prophétie ; d'autre part grâce à une campagne qui occulterait le problème en le déplaçant sur un autre terrain. Nos scientifiques avaient vu juste, car ces réactions se manifestèrent toutes les deux. Ceux des fidèles qui s'étaient réunis le soir du 21 décembre pour attendre ensemble l'accomplissement de la prophétie se sont confortés mutuellement dans leur foi, même après l'échec de la prédiction.

En revanche, les adeptes qui s'étaient isolés chez eux dans l'expectative de la fin du monde perdirent la foi. « Sans le soutien social des autres membres, note Festinger, la dissonance créée par la non-confirmation de la prophétie suffit à leur faire perdre la foi dans le mouvement où ils étaient pourtant engagés à fond », car lorsque la dissonance atteint la limite du supportable, l'individu ne cherche plus d'information susceptible de la réduire mais, au contraire, des données visant à l'accroître

Après ces événements, la partie de la communauté qui avait préservé plus que jamais sa croyance fut saisie d'une fièvre de prosélytisme, alors que pendant la période où elle attendait la réalisation de la prophétie, elle n'avait que faiblement cherché à propager ses idées. On aurait pourtant pu croire que ces gens se feraient encore plus discrets. Au contraire, ils se sont lancés dans des conférences de presse, des interviews, un battage publicitaire incroyable pour démontrer que, si la Terre n'avait pas sombré sous les eaux, c'est que précisément la foi des adeptes avait été plus forte que les décrets de la fatalité. Pour les chercheurs en psychologie sociale, la théorie de la dissonance cognitive trouve, dans ce cas insolite, une parfaite illustration.

Pour réduire la dissonance, l'homme peut aussi chercher à trier sélectivement l'information qu'il absorbe. A la suite d'un choix, il retient préférentiellement les données qui confirment la pertinence de la décision prise. Dans une expérience, on a présenté à des acquéreurs récents d'une voiture une dizaine d'enveloppes portant chacune le nom d'un fabricant d'automobiles et contenant des articles publicitaires pour cette marque. 85 % des propriétaires d'une nouvelle voiture ont choisi l'enveloppe relative au produit qu'ils venaient d'acheter : ils ont cherché à effacer la dissonance par un acte d'autojustification.

Aronson estime que « si la dissonance existe, c'est parce que le comportement d'un individu ne

concorde pas avec l'idée qu'il se fait de lui-même ». Et il ajoute : « La théorie de la dissonance ne repose pas sur le postulat que l'homme est un animal rationnel mais qu'il est plutôt un animal rationalisant, c'est-à-dire qu'il tente d'apparaître rationnel à la fois aux autres et à lui-même. »

Deux auteurs français, Jean-Léon Beauvois et Robert Joulé, proposent ce qu'ils appellent eux-mêmes une version radicale de la dissonance cognitive, fondée sur deux postulats :

- l'homme n'agit pas en fonction de ses pensées, mais pense en fonction des actes que les "circonstances" lui ont imposés.

- La cohérence n'est pas la non-contradiction des idées ou des savoirs, mais la possibilité laissée à l'homme de trouver, coûte que coûte, des garanties idéologiques à des actes dont la rationalité nous échappe.

En affirmant cela, Beauvois et Joulé ne se livrent pas à un simple jeu de provocation intellectuelle. Ils se réfèrent à de nombreuses et solides études expérimentales, aux résultats souvent déconcertants. Par exemple, sous l'action de manipulations élémentaires, 76 % des individus acceptent l'implantation dans leur jardin d'un panneau publicitaire encombrant et laid. Sans manipulation, ils sont 16,7 % seulement à tomber dans le... panneau. Ou encore, s'ils sont "correctement" manipulés, 74,1 % feront un don à une œuvre (fictive) contre le cancer, taux qui se réduit à 45 % en l'absence de manipulation.

Pour ces deux chercheurs, « il ne fait pas de doute que la liberté réelle ou illusoire, laissée aux sujets de se comporter de telle ou telle façon, n'a pour résultat que de leur permettre de mieux rationaliser des conduites qui relèvent d'un tout autre déterminisme que celui de leur liberté ». Ils estiment que « c'est l'engagement comportemental qui nécessite la rationalisation de l'acte ». Autrement dit, l'acte ne découle pas de la pensée mais résulte des circonstances. La pensée vient après coup justifier l'acte. En revanche, Aronson situe l'origine du processus à l'intérieur de l'individu, en introduisant la notion de conscience morale comme facteur explicatif de la réduction de la dissonance : « C'est parce qu'il viole ce qu'on pourrait appeler l'identité morale du sujet, que l'acte doit être justifié ». Quoi qu'il en soit, il faut bien postuler un système de rééquilibrage permanent qui nous remette en accord avec nous-même chaque fois – et c'est souvent – que notre harmonie intérieure est menacée, c'est-à-dire lorsque survient en nous cet état de dissonance cognitive. Ce mécanisme essentiel permet alors à chacun de nous de justifier son existence d'individu devant sa propre conscience.

Jacques Lecomte

ENTREPRISE DE TRAVAIL TEMPORAIRE : LA REPRISE

(suite de la page 125)

leurs anciens clients. Mais très souvent, leur carrière se poursuit dans le réseau, où ils deviennent d'abord responsables de huit à dix agences (chefs de centre régional), puis d'une et ensuite de quatre à cinq régions. Ils peuvent également prendre la direction d'une nouvelle branche d'activité du groupe — accédant, là encore, à un poste de management de haut niveau. A titre d'exemple, Ranstad France prévoit de pourvoir cinq postes de managers en 1992, soit par promotion, soit en recrutant des bacs + 3 minimum avec une expérience d'encadrement de commerciaux sur le terrain. A l'issue de leur première année, ils deviendront responsables de la gestion de cinq agences et évolueront ensuite vers l'une des directions régionales du groupe.

Le personnel d'agence est habituellement rémunéré sur la base d'un fixe auquel s'ajoute un intéressement proportionnel au chiffre d'affaires réalisé par son "portefeuille" d'intérimaires. Chez l'un des "poids lourds" du secteur, les juniors sont embauchés entre 9 200 F (niveau BTS-DUT) et 11 500 F (écoles supérieures de commerce et d'administration des entreprises) mensuels ; ce qui correspond à des fixes respectifs de 8 500 F et 10 500 F. Au bout de dix-huit mois ils sont susceptibles d'être considérés comme "confirmés" et leur rémunération oscille entre 11 500 et 14 000 F. En prenant la responsabilité d'une agence (de deux à quatre ans après), ils perçoivent 14 000 F et leur salaire peut ensuite grimper jusqu'à 17 000 F⁽⁸⁾.

Variable d'une entreprise à l'autre, le fixe est parfois compris dans l'intéressement ! C'est le cas chez Intérim Nation où ce dernier, qui équivaut à 4 à 6 % du chiffre d'affaires réalisé par l'intéressé, inclut un fixe (plafonné entre 8 000 et 9 500 F) ; les rémunérations globales de départ oscillant ainsi entre 11 000 et 13 000 F. Mais l'intéressement est parfois réduit à sa plus simple expression : «Un intéressement élevé va souvent de pair avec une stratégie de spécialisation dans un secteur économique. Nous estimons cette politique trop risquée, à la fois pour la société et pour son personnel qui, du coup, se trouvent très exposés aux aléas de la conjoncture. Les commerciaux spécialisés dans l'industrie automobile en savent quelque chose», conclut Geneviève Sicard.

Hervé Lhuissier

(8) Tous ces chiffres sont donnés intéressement compris.

LA CULTURE GENERALE

clé de votre réussite aujourd'hui !

Oui, dans toutes vos relations, pour tous les emplois, on vous jugera sur votre culture. Votre réussite professionnelle et personnelle en dépendent.

Oui, grâce à la Méthode de Culture Générale de l'ICF, claire et pratique, vous pouvez en quelques mois compléter vos bases, acquérir plus de confiance et une bien meilleure aisance, affirmer votre personnalité et être à l'aise dans tous les milieux..

20 cours (Arts, littératures, droit, philosophie, économie, sciences, politique, etc...). Le parcours santé de l'équilibre et de la réussite.. accessible à tous.

Documentation gratuite à : Institut Culturel Français, Service 7191, 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois, Tél. : (1)42.70.73.63



BON D'INFORMATION GRATUITE

à compléter et retourner à ICF, service 7191
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Veuillez m'envoyer à l'adresse ci-dessous, la documentation complète sur votre méthode.

Nom :

Adresse :



**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

Information Commerciale



LE WHISKY ABERLOUR EN PRIMEUR

Authentique single malt des Highlands, Aberlour est la première marque de whisky à proposer aux connaisseurs l'achat en primeur d'un fût, d'une contenance de 360 bouteilles de 70 cl, disponibles à la veille de l'an 2000.

Société **PERNOD**

Tél. : 49 81 50 81

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

PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page,
de gauche à droite et de haut en bas)

Couverture: Copik; p. 2: Dr J. Burgess/Science Photo Library - DR A. Paringaux - Finzo; p. 3: P. Dumas/Sipa - NASA; p. 4-12: Finzo; p. 16-17: NASA; p. 18-19: NASA - Aviation Week/Space Technology; p. 20-25: NASA; p. 26: Sittler/REA; p. 27: NASA; p. 28-31: G. Delpit; p. 33: E. Malemanche; p. 34: G. Delpit; p. 36-37: ESO - NASA; p. 38-45: Graphitt; p. 46-47: Stewart Dickson; p. 48: G. Marié; p. 49: Courtesy DTM; p. 50-51: Stewart Dickson; p. 52: Dowsett/SPL/Cosmos; p. 55: M. Dehoky; p. 56: Camera Press - UCLA - Camera Press - I. Python; p. 58: Leroy/Biocosmos/SPL/Cosmos; p. 59: I. Python; p. 61: Mary Evans Pict. Lib. - Niels Bohr Inst.; p. 62: G. Gerster/Rapho; p. 63: Rogers-Randolph/Univ. of Oxford; p. 64: Gerster/Rapho; p. 66-67: P.-M. Forget; p. 84: De Selva/Tababor; p. 72-73: J.-F. Pénichoux; p. 74: National Museum of Natural History/Smithsonian Inst. - L. de Selva/Tababor; p. 75: Lauros - Giraudon; p. 76: L. Dale Gordon/TIB - Kharbine/Tababor - J.-L. Stage/TIB; p. 77: National Mus. of Nat. Hist./Smithsonian Inst.; p. 78: Inst. Pasteur/CNRI - Sipa Icono; p. 79: CNRI; p. 80-81: P. Boulat/Cosmos; p. 82: DITE; p. 83: Kharbine/Tababor; p. 84: De Selva/Tababor; p. 87: R. Sabatier; p. 88: W. H. Walker/Mary Evans Pict. Lib.; p. 89: Goldmann - Researchers/Rapho; p. 90: R. Sabatier; p. 91: NASA; p. 92-93: A. Paringaux; p. 96-99: C. Lacroix; p. 100-107: Matra; p. 108-109: Greenpeace - Deloffre/Greenpeace; p. 110: I. Python; p. 112-113: Greenpeace - DR; p. 114: I. Python; p. 115-121: N. Paparmiltiadès - DR; p. 122-125: Finzo; p. 126-129: DR; p. 131: E. Malemanche; p. 133: M. Toscas/Galerie 27; p. 134-135: M. Roux-Saget; p. 138: M. Toscas/Gal. 27; p. 140-142: M. Roux-Saget; p. 148-155: E. Malemanche - DR.

L'HÉMOGLOBINE ARTIFICIELLE

(suite de la page 61)

Saccharomyces. Voilà qui éveille soudain l'intérêt des industriels et des transfuseurs. Une telle hémoglobine n'aurait plus l'inconvénient, après son injection dans le sang, de retenir l'oxygène capté. Somatogen a demandé à la FDA l'autorisation de démarrer avant fin 1991 les premiers essais cliniques.

En France, de telles recherches sont envisagées, ou peut-être même déjà en cours, sous la direction du Pr Poyard, de l'INSERM, en collaboration avec l'institut Mérieux. Mais les orientations stratégiques et industrielles de ce groupe ne semblent pas encore totalement définies.

Sans prétendre être exhaustif, on peut encore citer Delta Biotech, une filiale des brasseurs écossais Brass, qui connaît très bien les levures et qui a réussi, lui aussi, à obtenir de l'hémoglobine recombinante dans *Saccharomyces*. Les travaux en sont encore à l'étape du laboratoire et du fermenteur pilote.

Les chercheurs et les industriels qui courent à la recherche de l'hémoglobine ont dû certainement se faire la réflexion que nous livre le Pr Houdebine, spécialiste des animaux transgéniques à l'Institut national de recherche agronomie (INRA) de Jouy-en-Josas: «Pourquoi diable choisir des animaux qui vont fabriquer de l'hémoglobine dans leur propre sang, animaux qu'il faudra saigner puis purifier pour séparer l'hémoglobine du porc de celle de l'homme? Alors qu'il est bien plus pratique de faire exprimer cette protéine humaine — on sait déjà le faire — dans le lait des mammifères!» Marie-Laure Moinet (S & V n° 822, p. 32) a parlé de la «vache pharmacienne» qui peut fabriquer des protéines humaines dans son lait. Il suffit alors d'écraier le lait, car c'est dans la crème que se trouvent, en grande quantité, les polypeptides humains. Il ne reste plus qu'à les séparer — ce qui est assez aisé — des éléments gras et des lipides animaux. Verra-t-on les géants de la pharmacie baratter de la crème pour en tirer un beurre d'hémoglobine? Tout est possible.

Même si tous les obstacles étaient franchis, l'utilisation de l'hémoglobine artificielle resterait délicate. Dans une hémorragie, en effet, le patient ne perd pas seulement de l'hémoglobine mais aussi des quantités de liquides et de protéines. Il se déshydrate. Une injection qui ne contiendrait que de l'hémoglobine pourrait conduire à l'arrêt de la fonction rénale. Faute de compléments à l'hémoglobine, on risque de guérir le patient... pour le faire mourir aussitôt après.

Jean-Michel Bader

BIG SCIENCE

En 1992, LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE vont vous entraîner dans ce qu'on appelle outre-Atlantique la "Big Science" que l'on pourrait traduire par science lourde.

Il s'agit de projets scientifiques d'envergure, le plus souvent orchestrés par des nations, mettant en scène des milliers d'acteurs et coûtant des milliards de francs.

Ce sont donc ces grandes aventures scientifiques que nous allons vous raconter en décrivant les conditions qui les ont vu naître et les transformations qu'elles ont entraînées dans la vie concrète des chercheurs.

Six numéros au programme 1992 :

LE PROJET MANHATTAN,

ou la construction de la première bombe atomique

(N°7 le 13 février),

LA NAISSANCE DE LA RADIO-ASTRONOMIE

(N°8 le 15 avril),

L'HISTOIRE DU CONCORDE

(N°9 le 17 juin),

L'INVENTION DE LA PILULE CONTRACEPTIVE

(N°10 le 12 août),

DE SPOUTNIK À GAGARINE

ou les débuts de l'aventure spatiale soviétique

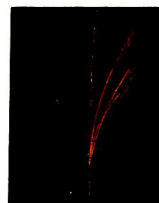
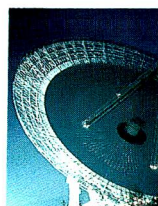
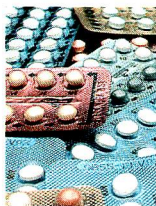
(N°11 le 14 octobre),

LA CONSTITUTION DE LA PHYSIQUE GÉANTE

(N° 12 le 16 décembre).

**LES CAHIERS
DE SCIENCE & VIE**

**PRESENTENT LA COLLECTION 1992
LES GRANDS PROJETS SCIENTIFIQUES DU XX^e SIECLE**



A man in a tan shirt and pants is walking across a large, mossy fallen tree trunk in a lush jungle. The background is filled with dense green foliage and tall trees. The scene is brightly lit, suggesting sunlight filtering through the canopy.

CAMEL

Aventure

CAMEL AVENTURE : DES SERVICES SUR L'AVENTURE. TAPÉZ 3615 CAMEL.