

SCIENCE & VIE

MENSUEL - N° 875

AOUT 1990

LA VIE AILLEURS ?

145 FB - 6 FS - Scan 3,75 - 550 Prtas - 550 Esc - 20 Dh - 2.750 Dt - 4800 L - USA NYC \$ 3.95 - ROI : 1370 CFA - 940 CFP

M 2578 - 875 - 20,00 F



● Auto :
attention au
radar mobile !

● Cerveau :
des neurones
en survie



"Gland"
par Yvonne Fonce de Bretville, comtesse.



LE JEU AUX 2500 MOTS A FAIRE DEVINER EN UN COUP DE CRAYON.

SCIENCE & VIE

Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.
Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans
5 rue de La Baume - 75415 Paris Cedex 08 - Tél. 40 74 48 48
FAX : (1) 42 89 42 27 - TELEX : 641 866 F
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS
Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY,
PAUL DUPUY

• DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : PAUL DUPUY
Directeur général : JEAN-PIERRE BEAUVALET
Directeur financier : JACQUES BEHAR
Directeur commercial publicité : STÉPHANE CORRE
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 : DOMINIQUE LAURENT,
FRANÇOISE SERGENT, MARIELLE VÉTEAU
Rédacteurs : MICHEL EBERHARDT, RENAUD DE LA TAILLE,
ALEXANDRE DOROZYNSKI, PIERRE ROSSION, JACQUES
MARSAULT, PIERRE COURBIER, CHRISTINE MERCIER,
JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR, MARIE-LAURE MOINET,
ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER, DIDIER DUBRANA
Secrétaire : MARIE-ANNE GUFFROY

• ILLUSTRATION

ANNE LÉVY
Photographe : MILTOS TOSCAS

• DOCUMENTATION

CATHERINE MONTARON

• CONCEPTION GRAPHIQUE

TOTEMA, ANTONIO BELLAVITA

• MAQUETTE

CHRISTINE VAN DAELE
LIONEL CROOSON

• RELATIONS EXTÉRIEURES

MICHÈLE HILLING
Assistée de : MARIE-LAURE GRATREAU

• SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements : PATRICK SARRADEIL
Vente au numéro : JEAN-CHARLES GUEREAULT
Assiste de : MARIE CRIBIER
téléphone vert : 05 43 42 08 réserve aux dépositaires
Belgique : A.M.P. 1 rue de la Petite-Isle 10 70 Bruxelles

• CORRESPONDANTS

New York : SHEILA KRAFT, 300 Winston Drive, Cliffide
PK NJ 07010 USA
Londres : LOUIS BLONCOURT, 16, Marlborough Crescent
London W4, 1 HF
Tokyo : LIONEL DERSOT - Sun Height 205
2-14-1 Sakuragaoka
Setagaya-Ku - Tokyo 156

• PUBLICITÉ

EXCELSIOR PUBLICITÉ INTERDECO
27 rue de Berri - 75008 Paris - Tél. (1) 45 62 22 22
Directeur de la publicité : RICHARD TZIPINE-BERGER
Chef de publicité : FREDERIC PAPIN

• À NOS LECTEURS

Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changements d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,20 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 INSERÉS NE SONT PAS RENDUS
COPYRIGHT 1989 SCIENCE & VIE



PRIX NORMAL D'ABONNEMENT À SCIENCE & VIE

1 AN - 12 Numéros
220 F 2 ans : 400 F

1 AN - 12 Numéros
+ 4 Hors Série
295 F 2 ans : 520 F

ÉTRANGER :

BENELUX : 1 an simple 1595 FB - 1 an couplé 2135 FB
EXCELSIOR PUBLICATIONS - BP N° 20 IXELLES 6
1000 BRUXELLES

CANADA : 1 an simple 43 \$ Can. - 1 an couplé 80 \$ can.
PERIODICA Inc. CP. 444, Outremont, P.Q. CANADA H3V 4 R6.

SUISSE : 1 an simple 68 FS - 1 an couplé 87 FS
NAVILLE & CIE, 5-7, rue Levrier, 1211 GENEVE 1.

USA : 1 an couplé 70 \$.
International Messengers Inc. P.O. Box 60326 Houston
Texas 77205

AUTRE PAYS : 1 an simple 271 F - 1 an couplé 341 F
Commande à adresser directement à SCIENCE & VIE.
Recommandé et par avion nous consulter.



DE VENEZ REPORTER JOURNALISTE

Le plus beau, le plus exaltant des métiers du monde désormais à votre portée. Grâce à sa méthode moderne, inédite, facile à assimiler, UNIVERSALIS (Institut International d'enseignement privé par correspondance) vous offre une occasion unique de transformer merveilleusement votre existence en vous préparant RAPIDEMENT ET À PEU DE FRAIS à l'exercice de cette profession passionnante et de prestige.
Pendant vos loisirs, tout à votre aise, quels que soient votre âge, vos études, vos occupations, votre résidence, UNIVERSALIS vous initie à la technique de l'information et à la pratique du reportage, de l'enquête, de l'interview (presse écrite, radio, télévision) dans tous les domaines de l'actualité quotidienne : faits divers, affaires criminelles, politique, sports, mondain, événements de province et de l'étranger, etc.
Demandez notre documentation gratuite :
UNIVERSALIS, 11, rue Fg Poissonnière, 75009 Paris
Belgique : rue Louvrex 30, 4000 Liège - T. 041/2351.10

BON POUR UNE DOCUMENTATION GRATUITE ET SANS ENGAGEMENT

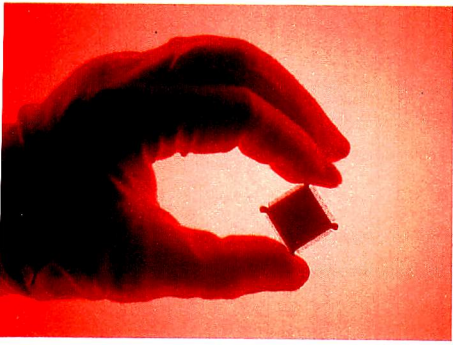
Nom

Prénom

Adresse

C.P. Ville

F17



Manque de puces.
Nos téléviseurs haute définition de demain auront besoin de 6 fois plus de semi-conducteurs que nos postes actuels. Nos fabricants pourront-ils fournir ? P. 112

S O

SAVOIR



Forum

Première photo de famille

Jean-François Robredo



L'Univers fait des vagues

Jean-François Robredo

Extraterrestres, faites-nous un signe !

Yves Delaye

Gare au gourou !

Accouchez dans l'eau glacée, maintenez votre bébé en plongée forcée, secouez-le en le tenant par la tête, lancez-le en l'air sans ménagement. Tcharkovski vous promet alors des êtres supérieurs ! P. 50

Nous sommes tous des symbiotes

Alexandre Dorozynski

Nouvel atlas des bêtes et des plantes en France

Pierre Rossion

Le miracle de la multiplication des neurones

Jacqueline Renaud

Informatique de la logique floue

Renaud de La Taille

La mystique biologico-marine

Michel Rouzé

Le nouveau poème du Rhône

Jacqueline Denis-Lempereur

Énigme sous la Méditerranée

Muriel Martineau

4	Le radon plus dangereux que les centrales nucléaires ?	
	<i>Marie-Françoise Lantiéri</i>	67
10	Le Sahara a conquis le Sahel	
	<i>Didier Dubrana</i>	70
14	Echos de la recherche	
	<i>Dirigés par Gerald Messadié</i>	73

POUVOIR

La guerre sans hommes

Germain Chambost

80

Le nouveau Canadair est arrivé

Claude Toutand

et Germain Chambost

86

Paris-Air-Trophées : le composite à l'honneur

Germain Chambost

90

Montchanin, décharge chimique

Jacqueline Denis-Lempereur

92

Echos de l'industrie

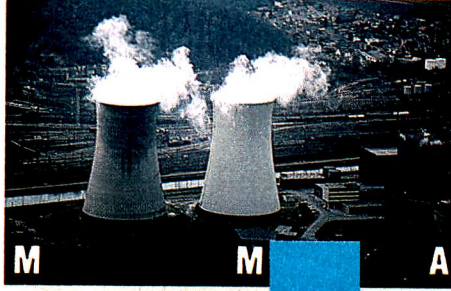
Dirigés par Gérard Morice

99

Encart abonnement *Science & Vie*
2 pages, entre la 2^e de couverture et la page 1

Tous les crédits des photos et des dessins de ce numéro sont en page 152

Rhône : la mort en perfusion. Véritable poubelle des industries et des agglomérations riveraines, le Rhône se charge de tous les poisons, qu'il va ensuite injecter dans la Méditerranée. P. 54

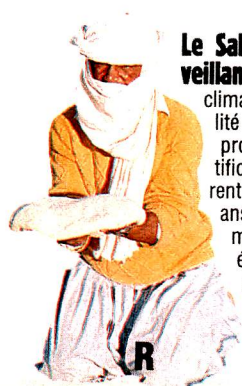


M

M

A





Le Sahara sous surveillance. Caprices du climat ou responsabilité humaine, les processus de désertification qui dévorent depuis quarante ans le Sahel commencent à être étudiés sérieusement. P. 70

I R E UTILISER



Attention au nouveau radar roulant
Henri-Pierre Penel **106**

L'intelligence artificielle gagne les compacts
Roger Bellone **110**

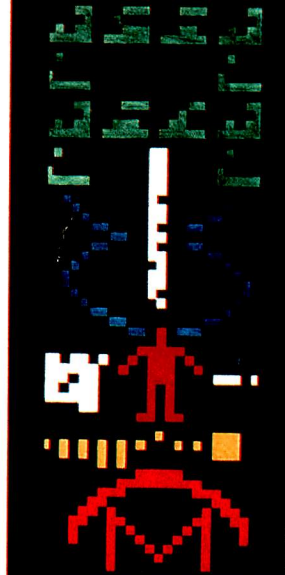
Les puces japonaises mangeront-elles la TVHD européenne ?
Roger Bellone **112**

4 000 cadres pour l'agro-alimentaire
Isabelle Bourdial **117**

Science & Jeux
Gilles Cohen, Pierre Courbier, Renaud de La Taille, Yves Delaye et Henri-Pierre Penel **120**

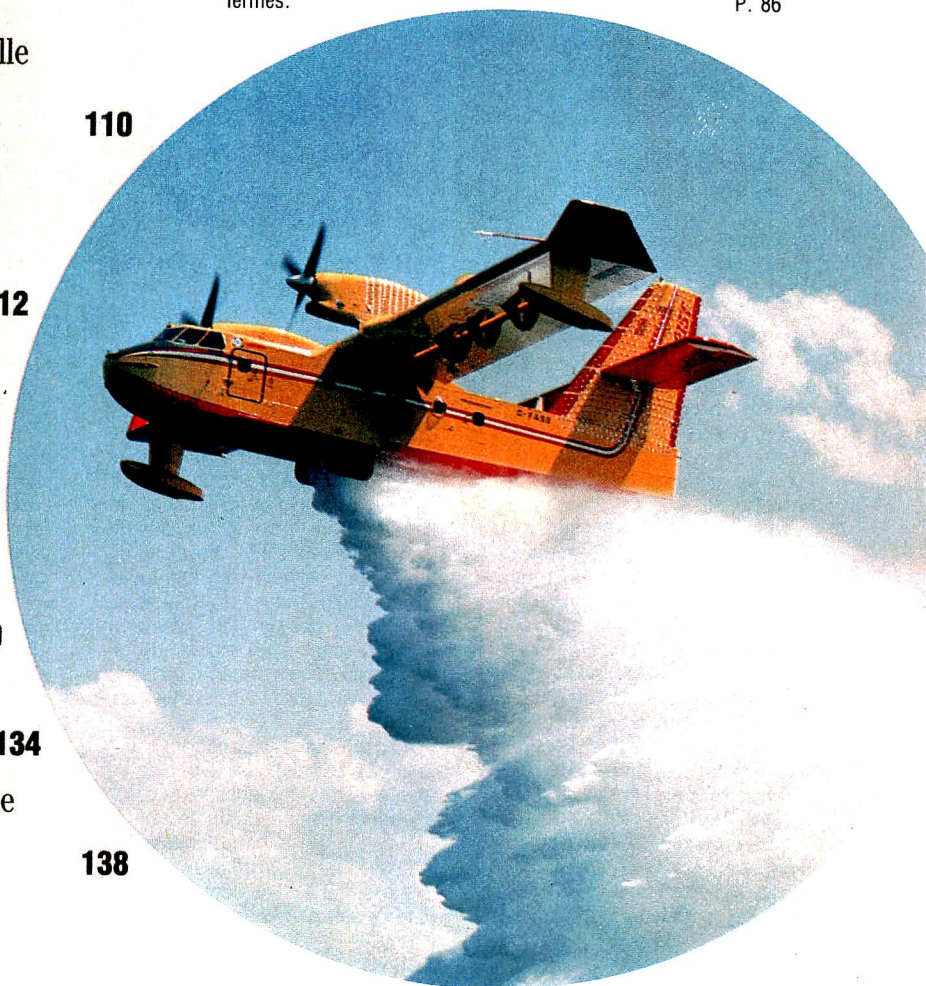
Science & Vie
à lu pour vous **134**

Echos de la vie pratique
Dirigés par Roger Bellone **138**



Nous comprendront-ils ? Ce dessin codé a été envoyé dans l'espace par le radiotélescope d'Arrecibo, énorme bol de 305 m de diamètre, dont on voit les détecteurs sur notre couverture, suspendus par des filins très haut au-dessus de sa surface. Le même télescope va servir à écouter d'éventuels messages en provenance d'éventuelles civilisations extraterrestres, qui vivraient sur d'autres systèmes de type solaire. Espérons que nous les comprendrons. P. 20

Le nouveau pompier volant. Plus moderne, plus puissant, capable de transporter plus d'eau dans ses soutes, le dernier modèle du célèbre Canadair n'attend plus que les commandes fermes. P. 86



FORUM

Glaces polaires et effet de serre

« J'ai lu attentivement votre article consacré à la climatologie dans la rubrique "Echos de la recherche" (n° 873) », écrit M. F. C., de Valence. « Vous mentionnez une constatation importante des glaciologues : au cours des deux dernières décennies, les calottes polaires se sont considérablement accrues, surtout la nordique, et leur poids augmente la mobilité des glaciers. En conséquence, les fontes printanières et estivales libèrent beaucoup plus d'eau froide, qui gagne d'abord les grands fonds océaniques et chasse vers le haut les eaux moins froides. Peut-on raisonnablement envisager un réchauffement progressif des océans qui serait réglé par une plus grande abondance de précipitations, donc de neiges aux pôles ? Les risques d'immersion ne seraient-ils pas plutôt liés à un refroidissement général des océans, les précipitations neigeuses n'étant plus là que pour jouer un rôle de régulation ? Ce risque peut-il être modéré par l'inversion des saisons entre les deux pôles ? »

Voilà beaucoup de questions auxquelles il est, pour le moment, impossible d'apporter des réponses certaines ; les travaux des chercheurs dans ce domaine indiquent, en effet, qu'on est loin d'avoir établi un modèle climatologique cohérent. On peut toutefois définir deux hypothèses, indiquées par les travaux que nous avons rapportés. La première est que le réchauffement de l'atmosphère aurait accru les glaces polaires ; c'est-à-dire que celles-ci joueraient un rôle régulateur, sans lequel le réchauffement aurait été beaucoup plus rapide. La seconde, astucieusement relevée

par notre correspondant, est qu'il se produirait une réaction à l'action des glaces polaires, à savoir le réchauffement des surfaces océaniques par remontée des eaux les moins froides, et que celui-ci entretiendrait indirectement le réchauffement terrestre. Mais ce ne sont là que des hypothèses et elles demeureront telles jusqu'à ce qu'on ait intégré tous les faits disponibles dans un modèle général cohérent.

Malentendu sur le "vol du Saint-Esprit"

M. T. H., professeur à Mulhouse, n'a pas apprécié le titre de notre article d'ornithologie sur "Le vol du Saint-Esprit à Notre-Dame" : « De telles expressions sont regrettables et d'ailleurs méchantes. Elles contribuent à vous donner une image négative auprès des lecteurs », écrit-il. Rappelons donc que l'expression qui définit les évolutions très spécifiques de la crécerelle sur les façades de Notre-Dame, à Paris, n'est pas de notre fait, qu'elle est employée couramment par les ornithologues du Corif et du Fonds d'intervention pour les rapaces, qu'elle n'a strictement rien de "méchant" et qu'elle a fait sourire plus d'un ecclésiastique.

Les références aux notions théologiques et religieuses sont abondantes dans le langage courant ("s'agiter comme un diable dans le bénitier", "le saut de l'ange", "les pets de nonne"...) et il ne nous semble pas que celle-ci comporte quoi que ce soit d'offensant.

Les incertitudes de l'ozone

« Le courrier des lecteurs du "Science & Vie" de juin, reçu ce matin, m'enchanté », écrit un médecin passionné par l'environnement, le Dr C. C., de Commeny. « Vous citez les propos de M. J. S., de Fleuville qui, avec un grand bon sens, cherche à comprendre "physiquement" les choses... et confirme mes idées personnelles. En octobre 1989, j'échangeais des propos avec M. Tazieff sur les trous d'ozone aux pôles, dans les zones de grosses manifestations connues des lignes de force de la ceinture de Van Allen. Par ailleurs, il y a d'autres arguments logiques. Ainsi, on ne connaît l'ozone que depuis environ deux siècles. Alors que ce gaz existe, à n'en pas douter, de toute éternité géophysique... On ne connaît les "trous" dans la couche d'ozone que depuis les recherches météorologiques et les satellites artificiels, donc depuis quelques décennies. Mais qu'était la couche d'ozone au temps de Jésus, de Ramsès II ou de Cro-Magnon ? »

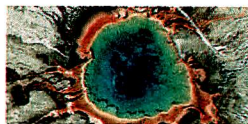
Les scientifiques sont bien conscients du fait qu'on ignore, en effet, l'histoire des variations de la couche d'ozone ; d'où l'intérêt des programmes d'observation, mais aussi des mesures destinées à freiner son éventuelle dégradation par des rejets gazeux terrestres.

M. J. S., dont nous avons publié la lettre pertinente dans notre numéro de juin ("Ozone et cinétique des gaz"), nous demande : « Quelle portée les démarches de non-spécialistes, comme la mienne, peuvent-elles avoir pour infléchir les positions des vrais scientifiques, ceux qui pratiquent les revues austères ? » La réponse est : quand des non-spécialistes témoignent d'une compétence telle que celle de ce lecteur, qui est, rappelons-le, ingénieur, et qu'ils font des observations aussi pertinentes que les siennes, ils peuvent enrichir la réflexion des spécialistes (qui lisent aussi des revues non "austères" telles que la nôtre). « Quelqu'un sait-il comment calculer la dérive d'une molécule de masse différente du gaz environnant dans un champ coulombien ? »

(suite du texte page 6)

1 luxueux VOLUME gratuitement chez vous pendant 10 jours

AVEC "LES VOLCANS", PASSIONNEZ-VOUS POUR LE PLUS FABULEUX SPECTACLE DE LA NATURE



Par exemple, savez-vous qu'en mars 1986, un département français s'est agrandi? C'est l'île de la Réunion, grâce aux coulées de lave qui se sont jetées dans l'océan suite aux éruptions du Piton de la Fournaise.

Les volcans est le premier volume de la prestigieuse collection LA PLANÈTE TERRE, un voyage extraordinaire qui vous mènera du plus profond des abysses au plus haut des sommets, une collection indispensable à qui désire percer les mystères de notre monde.

Renvoyez vite votre bon d'examen pour découvrir gratuitement Les volcans et profiter d'un prix exceptionnel!

De tous les spectacles que nous offre la nature, l'éruption d'un volcan est sans doute le plus fascinant et le plus admirable...

Avec **Les volcans** vous en serez le spectateur privilégié. Spectateur émerveillé, mais aussi averti: conçu par les plus éminents vulcanologues, **Les volcans** constitue l'un des ouvrages les plus clairs, les plus complets et les plus passionnants jamais écrits sur ce sujet... explosif!

49F
SEULEMENT
169F

EDITIONS
TIME
LIFE

UNE COLLECTION PRESTIGIEUSE, DIGNE DE VOTRE BIBLIOTHÈQUE.

Chaque volume a pour caractéristiques:

- 176 pages grand format (23 x 28 cm) sur papier de qualité supérieure,
- une reliure solide et très élégante,
- des diagrammes, tableaux et illustrations présentant les grands mécanismes qui régissent notre univers,
- plus de 150 photographies saisissantes, pour la plupart en couleur,
- des textes passionnants, réalisés en étroite collaboration avec les plus grands savants.

VIE ET MORT AU PIED DU VESUVE

À l'heure de l'éruption, le Vesuve se présente sous un aspect terrifiant. Les flammes s'élèvent en colonnes énormes, les pierres sont projetées à des centaines de mètres de hauteur. Les habitants du pays avoisinant fuient en précipitation. Les flammes s'élèvent en colonnes énormes, les pierres sont projetées à des centaines de mètres de hauteur. Les habitants du pays avoisinant fuient en précipitation.



Recevez en cadeau ce coffret de pierres semi-précieuses: améthyste, agate, cristal de roche, aventurine... Leurs reflets chatoyants vous fascineront.

POUR ÊTRE SÛR DE RECEVOIR VOTRE COFFRET DE PIERRES AVEC LES VOLCANS EN EXAMEN GRATUIT, RETOURNEZ LE BON CI-DESSOUS DÈS AUJOURD'HUI.

BON D'EXAMEN GRATUIT

A retourner rapidement et dûment rempli, sous enveloppe non affranchie à: **TIME-LIFE INTERNATIONAL, Libre Réponse N° 6798 - 75385 PARIS CEDEX 08**

OUI, je désire consulter **Les volcans**, 1^{er} volume de la collection LA PLANÈTE TERRE. Envoyez-le moi pour un examen gratuit de 10 jours. Si je réponds sous 8 jours, je recevrai en même temps mon cadeau: une collection de 9 minéraux dans un coffret. Si je décide de garder **Les volcans** je réglerai la facture qui accompagne ce volume au prix spécial de 49 F (plus frais d'envoi: 18 F). Vous m'envoyez alors les volumes suivants de la collection LA PLANÈTE TERRE, à raison d'un toutes les 6 semaines environ, toujours pour un examen gratuit de 10 jours, au prix normal de 169 F (plus frais d'envoi: 18 F). Je ne suis nullement tenu(e) d'acheter un nombre minimum de livres et je suis en droit d'arrêter ma collection à tout moment en vous le faisant savoir par écrit. Si le volume **Les volcans**, ne répond pas exactement à mon attente, je vous le retournerai dans les 10 jours suivant sa réception. Vous cesserez toute autre expédition de cette collection et je ne vous devrai rien.

INSCRIVEZ EN MAJUSCULES VOS NOM ET ADRESSE:

F19B5R5

M ☐ Mme ☐ Mlle ☐ Nom _____ Prénom _____

N° _____ Rue _____ Code postal _____

Ville _____

N° de téléphone _____

Signature
obligatoire

Dans la théorie, bien sûr, ce point ressortit à la cinétique des gaz. S'il s'agit d'un gaz monoatomique, par exemple, la probabilité qu'une molécule à la vitesse T ait une vitesse comprise entre v et $v + dv$ est donnée par la loi de distribution des vitesses de Maxwell :

$$P(v)dv = \frac{Ae^{-\frac{1}{2}mv^2}}{2kT} v^2 dv$$

A étant la constante de normalisation, m la masse des molécules, k la constante de Boltzmann et T la température absolue. Dans la pratique, il en va tout autrement, parce qu'on ignore la valeur et la constance de nombreux paramètres.

Inconnu et prétentions scientifiques

Nous avons reçu ces derniers temps de nombreuses lettres de la teneur de celle de M. P. J., de Montmaur, qui nous écrit : « Je n'apprécie guère (et pense ne pas être un cas isolé) certaines de vos prises de position quant aux phénomènes paranormaux. On ne vous reproche pas de ne pas pouvoir en donner le comment et le pourquoi, mais plutôt de les tourner en dérision. C'est une manière peu élégante de masquer une ignorance qui n'a rien d'infamant... Le paranormal fait occasionnellement partie de notre existence et pas sous la seule forme du charlatanisme... Personne ne prétend que l'acupuncture, l'homéopathie, la radiesthésie, le don de guérir, la télékinèse, la télépathie, la lévitation, la voyance et tant d'autres manifestations sont des phénomènes scientifiques. Ils sont par nature irrationnels... Les repousser péremptoirement est faire preuve d'étroitesse d'esprit, voire d'intolérance. »

Cette lettre est, en effet, exemplaire par les malentendus qu'elle reflète : disons donc à notre correspondant qu'il n'existe pas de "phénomènes scientifiques" ; la mitose cellulaire, les neutrinos ou le magnétisme terrestre sont des phénomènes tout aussi mystérieux que ceux qu'il cite ; mais il y a

bien une façon scientifique de les expliquer.

On a pu, à l'aide d'expériences innombrables, les étudier et en prouver la réalité ; on a également pu dégager certaines lois qui les régissent, bien qu'on soit encore loin d'en avoir tout expliqué.

En ce qui concerne les domaines auxquels notre correspondant se réfère, ce que nous rejetons, et avec preuves à l'appui, c'est l'imitation naïve ou frauduleuse d'explication scientifique qui en est donnée.

Nous l'avons dit, mais nous le redisons volontiers : quand des preuves et des éléments d'explication cohérents seront fournis, nous nous empresserons d'en rendre compte. Cela étant, quand des tenants de l'astrologie ou de l'homéopathie assurent que ces théories ont une base scientifique, nous sommes contraints de leur opposer que ces bases sont imaginaires et que, jusqu'à nouvel ordre, leurs assertions relèvent de la superstition.

Allergie à "Science & Vie"

« Je souffre d'un grave problème, nous confie M. H. H., de l'Essonne : je suis allergique à "Science & Vie", mais au sens propre du terme ! Je m'explique : dès que j'ouvre votre magazine, des séries d'éternuements m'accablent... Cela m'amène à vous poser la question suivante : comment agissent les produits, les parasites (acariens) et autres facteurs allergisants ? »

Nous sommes contrariés de faire à ce lecteur le même effet que le tabac à priser. Il est possible qu'il soit allergique à l'encre du magazine, mais il se peut également que notre magazine soit entreposé dans des lieux où il recueillerait une poussière qui cause les éternuements en série. Quant aux facteurs allergisants, ils agissent par l'excitation d'anticorps de notre système immunitaire, une fois qu'ils sont entrés en contact avec les muqueuses du système respiratoire, la peau ou bien avec le système digestif. Ces anticorps entraînent la libération d'histamine, qui a un effet irritant.

250 savants espagnols contre l'astrologie

A l'exemple des 192 savants américains qui, en 1975, signèrent une déclaration commune contre l'astrologie, plus de 250 savants espagnols viennent de signer une déclaration, dont le texte a été rédigé par le département d'astrophysique de l'Universidad Complutense de Madrid.

Ils nous en ont adressé copie aux fins de faire connaître à nos lecteurs cette démarche sans précédent dans la tradition scientifique espagnole.

« Les savants de plusieurs disciplines se sont alarmés de l'acceptation croissante de l'astrologie dans diverses régions du monde. Nous soussignés astronomes, astrophysiciens et savants d'autres disciplines souhaitons mettre le public en garde contre l'acceptation irraisonnée des prédictions et des conseils donnés en privé et en public par les astrologues. Ceux qui voudraient croire dans l'astrologie, devraient savoir qu'il n'y a pas de base scientifique à ses assertions. Dans des temps reculés, les gens prêtaient foi aux prédictions et avis des astrologues parce que l'astrologie faisait partie intégrante de leur vision magique du monde. Ils considéraient les objets célestes comme des domaines ou des signes des dieux et les croyaient intimement liés aux événements terrestres ; ils n'avaient aucune idée des distances de la Terre aux planètes et aux étoiles. Maintenant que ces distances peuvent être calculées et qu'elles l'ont été, nous pouvons mesurer à quel point la gravité et les autres effets produits par les planètes et les étoiles plus lointaines sont infinitésimaux. C'est tout bonnement une erreur de croire que les forces exercées par les étoiles et les planètes au moment de la naissance puissent conditionner l'avenir de n'importe quelle façon. Et il n'est pas vrai non plus que les positions de certains

(suite du texte page 8)

Etudes secondaires

- ☐ Classe de 6^e ☐ Classe de 5^e ☐
☐ Classe de 4^e ☐ Classe de 3^e ☐ Brevet
des collèges ☐ Secondes ☐ Premières
A.B.S. ☐ Première G ☐ Premières
F1.F3.F8 ☐ Terminales A.B.C.D. ☐ Ter-
minales G1.G2.G3 ☐ Terminales F1.F3.
F8 ☐ Baccalauréat ☐ Programme an-
nuel ☐ Enseignement de soutien.

Etudes de droit

- ☐ Admission non-bacheliers ☐ Capa-
cité en droit ☐ D.E.U.G. de droit ☐
D.E.U.G. de sciences économiques ☐
Institut d'études politiques ☐ Droit euro-
péen.

Etudes supérieures de sciences

- ☐ Admission non-bacheliers ☐
D.E.U.G. sections A et B ☐ Etudes médi-
cales : P.C.E.M. ☐ Mathématiques su-
périeures.

Grandes écoles

- ☐ Classe de mathématiques supérieu-
res M.M' P.P' ☐ Concours d'entrée éco-
les vétérinaires ☐ Entrée écoles su-
périeures de commerce ☐ Entrée Institut
d'études politiques ☐ Ecoles normales.

Carrières sociales et paramédicales

- ☐ C.A.P. employé de pharmacie ☐ Bac-
calauréat F8.

- Examens d'entrée écoles :** ☐ Aide-
soignante ☐ Auxiliaire de puériculture
☐ Moniteur éducateur.

- ☐ Infirmier(e) ☐ Infirmier(e) en psychia-
trie ☐ Sage-femme (carrière médicale)
☐ Masseur ☐ Ergothérapeute ☐ Labo-
rantin ☐ Manipulateur d'électroradiolo-
gie ☐ Pédicure ☐ Educateur de jeunes
enfants ☐ Assistante sociale ☐ Ortho-
phoniste ☐ Educateur spécialisé ☐
D.E.F.A. (fonctions d'animation).
☐ Ecoles de cadres infirmier(e)s.

Assurances

- ☐ B.T.S. assurance.

ETUDES METIERS AVENIR



Apprenez efficacement
à votre rythme
par correspondance
avec

L'ECOLE UNIVERSELLE

Comptabilité - Banque

- ☐ C.A.P. ESAC comptabilité-banque ☐
B.E.P. ☐ B.P. ☐ Bacc. G2 ☐ B.T.S.
comptabilité ☐ D.P.E.C.F. ☐ D.E.C.F. ☐
Chef comptable ☐ Comptable ☐
Comptable sur informatique ☐ Secré-
taire comptable ☐ Assistant de gestion
☐ 4 degrés comptabilité.

- Perfectionnements :** ☐ Comptabilité
générale ☐ Technique comptable ☐
Gestion prévisionnelle.

Commerce - Tourisme

- ☐ Bacc. G3 ☐ B.T.S. action commer-
ciale ☐ B.T.S. commerce international
☐ B.T.S. tourisme et loisirs ☐ Ingénieur
commercial ☐ Gérant succursale ☐
Vendeur ☐ Représentant ☐ Hôtesse
☐ Hôtesse de tourisme.

Publicité - Marketing

- ☐ B.T.S. communication et action publi-
citaires ☐ Chef de publicité ☐ Chef de
produit ☐ Rédacteur publicitaire ☐
Responsable marketing.

Informatique

- ☐ Analyste ☐ Analyste programmeur
☐ Programmeur de gestion ☐ Contrô-
leur de gestion sur informatique ☐ Opé-
rateur de saisie ☐ Codificateur ☐ Pupi-
treur.
☐ Initiation ☐ Pratique du micro-ordi-
nateur.

Langues étrangères

- ☐ Cours universel anglais avec casset-
tes ☐ Allemand, Espagnol, Italien avec
cassettes ☐ Arabe ☐ Russe ☐ Anglais
commercial ☐ Allemand commercial ☐
First certificate in English ☐ Certificate
of proficiency in English ☐ Certificat eu-
ropéen d'anglais (Eurocert) ☐ Chambre
de commerce britannique ☐ Chambres
de commerce espagnole, franco-alle-
mande ☐ Interprète ☐ Traducteur com-
mercial.

Culture générale

- ☐ Orthographe ☐ Rédaction ☐ Le
Français notre langue ☐ Résumé de
texte ☐ Analyse ☐ Commentaire ☐
Synthèse ☐ Philosophie ☐ Grapholo-
gie ☐ Lecture rapide ☐ Conversation
☐ Perfectionnement culturel ☐ Rédac-
tion littéraire ☐ Histoire des civilisations
☐ Analyse œuvres littéraires ☐ Histoire
des religions ☐ Littératures europée-
nnes ☐ Histoire du cinéma ☐ Mise à ni-
veau : Mathématiques, Physique, Chi-
mie.

Culture scientifique

- ☐ Mise à niveau mathématiques, physi-
que, chimie ☐ Ecologie ☐ Connaissan-
ces médicales ☐ Pratique du micro-
ordinateur.

Dessin - Peinture Décoration

- ☐ Cours élémentaire de dessin ☐
Cours pratique, cours universel de des-
sin et peinture ☐ Dessinateur de publi-
cité ☐ Dessinateur illustrateur ☐ Dessi-
nateur figurines de mode ☐ B.D. ☐
Dessin humoristique ☐ Décorateur d'in-
térieurs et ameublement ☐ Antiquaire
☐ Arts et styles ☐ Histoire de l'art.

Etudes musicales

- ☐ Solfège ☐ Musique instrumentale ☐
Histoire de la musique ☐ Pédagogie de
la musique ☐ Ecriture musicale ☐ Contrô-
le sonore avec cassettes.

Banque

- ☐ C.A.P. banque ☐ B.P. employé
banque.

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

610V50

corps célestes fassent que certains jours et certaines périodes soient plus fastes à des actions d'une sorte ou de l'autre, ou encore que le signe sous lequel on est né détermine la compatibilité ou l'incompatibilité avec d'autres gens. »

Querelles exquises sur le bon usage de la langue

« En général, on n'écrit pas pour dire qu'on est content, c'est vous qui le dites dans votre rubrique "Forum". "Que l'on est content" m'eût semblé plus académique, mais ce n'est là qu'un premier motif d'irritation, » nous écrit M. G. R., d'Argenteuil.

Répondons d'emblée : c'est dans la langue soutenue, c'est-à-dire caractérisée, comme le dit la *Grande Encyclopédie Larousse*, par une recherche volontiers archaïsante "qu'on place un "l" devant le pronom on". Comme nous ne recherchons pas l'archaïsme, nous nous sommes donc dispensés de cet "l". Dirait-on donc : "Quand on veut noyer son chien, l'on l'accuse de la rage." ?

A propos de purisme, observons que notre correspondant a omis l'accent circonflexe sur "eut". Toujours est-il que M. R. s'est décidé à nous écrire.

« Vous étiez jusqu'à l'an passé d'ardents défenseurs de la langue française, or, que lis-je en page 33 du numéro de janvier ? "...n'excédent pas dix mètres au grand maximum". Selon mon dictionnaire Quillet — de la langue française justement — grand maximum est un pléonasme. Le *Larousse des difficultés de cette même langue* précise que maximum étant un superlatif il est inutile de le faire précéder de grand... Et cite un (mauvais) exemple, plus subtil encore : "Cette somme est un maximum à ne pas dépasser." Nous sommes toujours défenseurs de notre langue. "Un grand maximum" est certes un pléonasme, mais l'expression est si courante qu'il faut être

bien chagrin pour trouver qu'à l'utiliser nous trahirions notre mission ! En tout état de cause, nous ne voyons guère que l'exemple du *Larousse des difficultés de la langue française* soit mauvais.

« Je lis ensuite, en page 111 de ce même numéro, "un raider devient un attaquant, le sponsoring du mécénat, ainsi en a décidé un arrêté public au Journal officiel". Je m'interroge. Depuis quand un arrêté décide-t-il ? Et redite moi (sic) ça à haute voix. Que serait un arrêté qui ne serait pas public ; une lettre de cachet ? Quant au Journal officiel, sa raison d'être ne serait elle pas justement de rendre public ce qui a été arrêté par les autorités compétentes ? »

Répondons sur le fond, d'abord : étant une décision exécutoire prise par une ou plusieurs autorités de la hiérarchie administrative, un arrêté décide, en effet. Ensuite, le *Journal officiel* ne publie que la majorité des arrêtés ministériels, jamais les arrêtés préfectoraux ni municipaux, qui sont toutefois publics. Certains arrêtés ministériels, toutefois, n'y sont pas publiés.

Sur la forme, faisons observer à notre correspondant que "Redites-moi" comporte obligatoirement un s et un trait d'union.

« Et l'article sur le sexe et les rythmes circadiens, poursuit M. R. Très bien de nous donner l'origine étymologique du mot circadien, mais que celui qui en ignore le sens se penche sur son dictionnaire habituel, par contre, que doit faire celui à qui l'anglais reste hermétique (parce qu'il a passé son temps à apprendre le grec, l'allemand ou le russe). Doit-il jusqu'à la fin de ses jours ignorer la volupté des trois S dont vous parlez dans l'encadré de la page suivante, "Sun, sex and snow" ? Mammes de Jean Le Bon, revenez-nous... »

Faisons observer à ce correspondant que le sens de "circadien" est donné dans les premières lignes de notre article : "... circadiens (de vingt-quatre heures)", et que la note sur l'étymologie du mot est éloquent : "du latin, circa, environ, et dies, jour." Il est vrai que nous eussions pu nous dispenser des termes anglais, mais il est aussi vrai que c'est sans doute aux

"mânes" de Jean Le Bon que notre correspondant fait appel, non à ses mannes — sécrétions sucrées, ou grands paniers d'osier à deux anses.

« Encore un petit effort et, à l'aube du troisième millénaire, le français ne sera plus qu'un idiome anonné par quelques indigènes abrutis d'eau de feu, parqués dans quelque réserve », conclut notre lecteur. Mais non, mais non ! La démographie française ne se porte pas si mal !

La forêt amazonienne et les routes : la modération ne nuirait pas

Auteur d'un ouvrage sur l'Amazonie, qu'il connaît donc, M. André Guignard nous écrit : « Quand il s'agit de défendre la nature, en particulier celle-là, je suis toujours preneur... mais je refuse catégoriquement d'adhérer à l'écologie extrême. » C'est que, dans une lettre que nous remercions de ne pas pouvoir publier entièrement, ce correspondant dénonce les accusations outrancières des routes que l'on trace en Amazonie : « Pour les Amazoniens, leur territoire, qui apparaît de plus en plus comme une immense réserve de matières premières, a besoin de routes. Ils savent bien que les cours d'eau, qui restent toujours les seules voies de pénétration, sont dépassés, et que seule la route est une prise de possession de leur vaste domaine... »

Après avoir décrit les risques des pistes forestières, qui exposent le voyageur à la voracité des caïmans, par exemple, ou à l'attaque des serpents venimeux, M. Guignard écrit : « La conclusion est claire : il y a les préoccupations écologiques... mais la route est une absolue nécessité à l'expansion du Brésil, même si elle doit pratiquer des saignées dans sa masse de verdure. »

Ce rappel à la modération nous semblait opportun. ●

COLLECTIONNEZ LE SAVOIR AVEC LES RELIURES SCIENCE & VIE

Pratiques et élégantes, voici les reliures SCIENCE & VIE.
Elles vous permettront de conserver intacte votre collection
et de la consulter facilement.
Chaque reliure est conçue pour classer six numéros.

OFFRE
SPÉCIALE

70F SEULEMENT

Le lot de deux reliures
au lieu de 90 F.
Profitez-en vite !



BON DE COMMANDE

SV 875

à retourner, paiement joint, à Science & Vie,
5, rue de La Baume, 75008 Paris.

Nom

Prénom

Adresse

Code postal Ville

• Je souhaite recevoir lots de 2 reliures au prix de 70 F. franco. Étranger : 90 F.

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

PROFITEZ
VITE
DE
CETTE
OFFRE
SPÉCIALE



PREMIÈRE PHOTO DE FAMILLE

Partie il y a treize ans, la sonde Voyager est à 6 milliards de km de nous. En se retournant, elle a photographié le système solaire en entier. Cette mauvaise photo possède la magie des œuvres incomparables. Sur la droite : le Soleil. A sa gauche, un petit cil de lumière, c'est Vénus. Un peu plus loin à gauche encore, un trait à peine perceptible nous donne rendez-vous avec l'émotion : c'est là que nous sommes. C'est notre planète Terre !

Malgré la sobriété et la rigueur toute scientifique de l'image, l'impression est forte : minuscule grain de poussière dérivant dans un océan de vide sur lequel règne le Soleil, la Terre apparaît pour la première fois — et peut-être la dernière si nous n'y prenons garde — dans sa véritable dimension. Une dimension spatiale que nous savons maintenant sans aucune commune mesure avec les proportions démesurées de son environnement proche, sans parler de celles de l'Univers dans son entier. Mais aussi, et c'est là que réside toute la charge poétique de l'image, une dimension propre qui se gonfle de tout ce que nous savons sur l'extraordinaire complexité de notre îlot de matière qui a su donner la vie et la laisser s'épanouir avec exubérance.

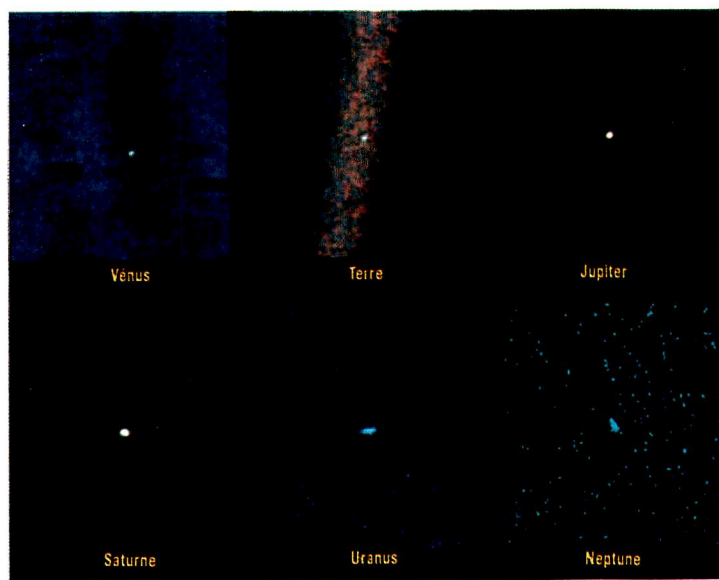
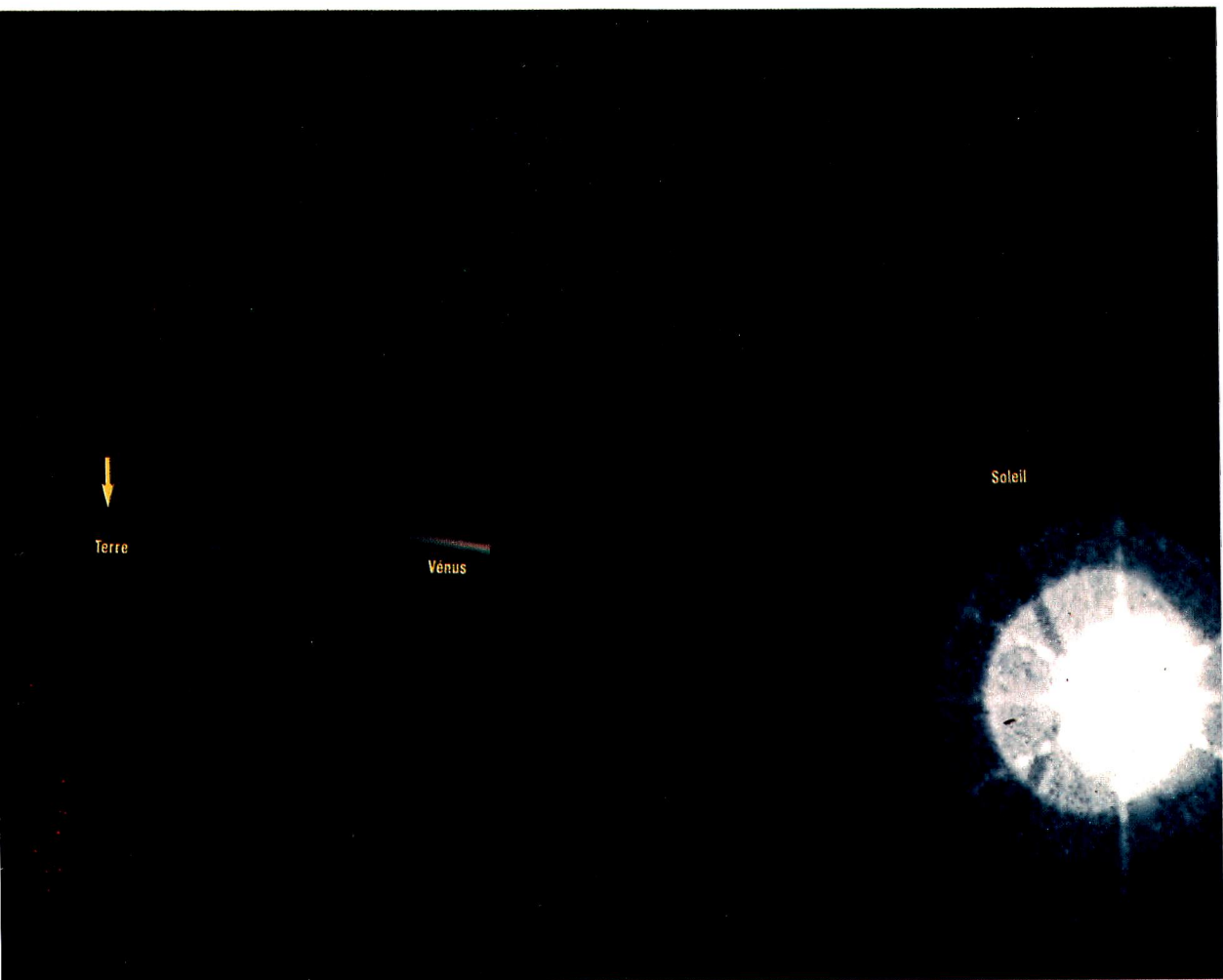
Ces deux impressions, indissociables l'une de l'autre, sont maintenant inscrites sur cette précieuse photographie. Car, si une telle prise de conscience n'est pas la marque d'originalité de notre époque, loin s'en faut, elle s'appuie pour la première fois sur une preuve extérieure : à l'ère des balbutiements de la science, des spéculations philosophiques, des formulations théoriques et des preuves indirectes, succède en cette fin de siècle, grâce à la conquête spatiale, celle des observations directes. Par sondes interposées, les yeux de l'homme ont pris de la hauteur au point de

pouvoir retourner son regard sur lui-même et d'accomplir une véritable introspection cosmique.

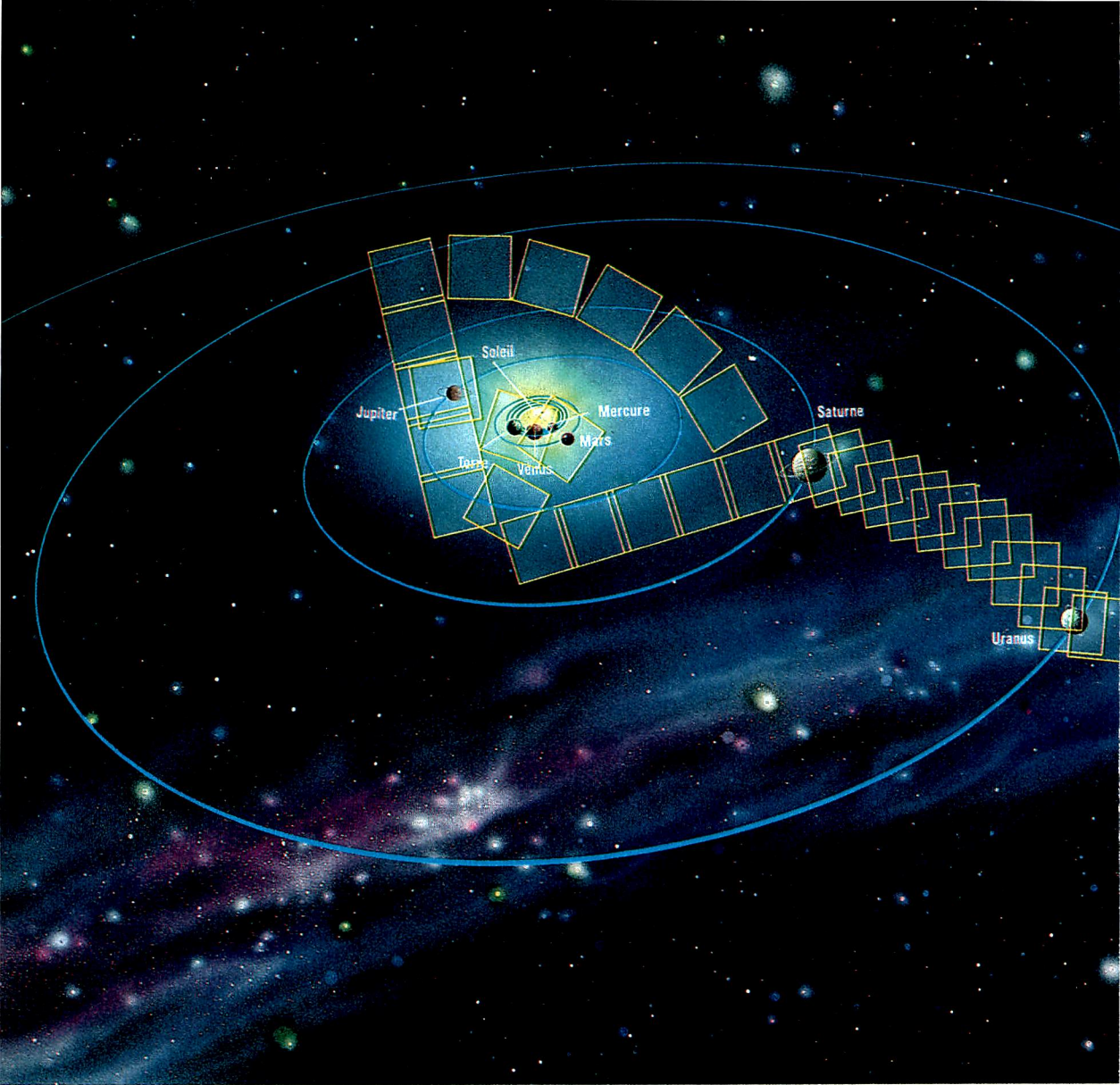
En effet, cette vision unique de la Terre et du système solaire, nous la devons à la sonde *Voyager 1*. Lancée de Cap Canaveral le 5 septembre 1977, elle avait pour but de visiter les deux planètes géantes que sont Jupiter et Saturne. Accompagnée par sa sœur jumelle *Voyager 2*, lancée un mois avant, elle atteindra Jupiter en mars 1979 et Saturne en novembre 1980. De ce périple planétaire, l'engin spatial nous enverra les plus belles cartes postales que l'on puisse imaginer. Jupiter d'abord, dont la masse est trois fois plus importante que celle de l'ensemble des autres planètes du système solaire, apparaît comme un monde torturé par des vents violents. La tache rouge qu'elle présente, observée depuis la Terre, est un fantastique ouragan qui pourrait contenir trois fois notre planète et qui tourne sur lui-même en six jours.

A l'actif de la sonde aussi, les révélations sur les quatre satellites galiléens de Jupiter. De points dans le ciel, ces quatre lunes se sont révélées de véritables mondes vivants : Io et ses volcans de soufre, Ganymède et ses cannelures parallèles, Europa lisse comme une boule de billard et Callisto entièrement recouvert de cratères.

L'"escal" sur Saturne ne sera pas moins fructueuse. Le seigneur des anneaux possède une couronne d'une incroyable complexité formée de mil-



6 membres de la famille photographiés à 6 milliards de km. Ces portraits planétaires (photo ci-contre) ont été réalisés en trois temps, avec trois filtres différents (violet, bleu et vert), puis recombinaison pour en reconstituer les couleurs véritables. Les images d'Uranus et de Neptune montrent un bougé dû au mouvement de la sonde au moment de la prise de vue. En revanche, la qualité du cliché de Saturne permet d'apprécier ses anneaux. Quant à Mercure, elle était cachée par l'éclat du Soleil, et Mars était dans une situation telle que sa faible lueur n'a pas été captée par *Voyager 1*. Le document ci-dessus est composé de trois photos. A la première (Soleil et ciel noir), ont été ajoutées, sur leurs positions réelles, celles de Vénus et de la Terre. Le Soleil apparaît plus large qu'il n'est en réalité, et les rayons ne sont que des effets de diffraction sur la caméra. La trace blanche qui pointe vers la Terre est aussi un effet d'optique dû aux rayons du Soleil et à l'angle de prise de vue. Après traitement d'image, la Lune, pourrait être la troisième planète à se montrer sur la photo.

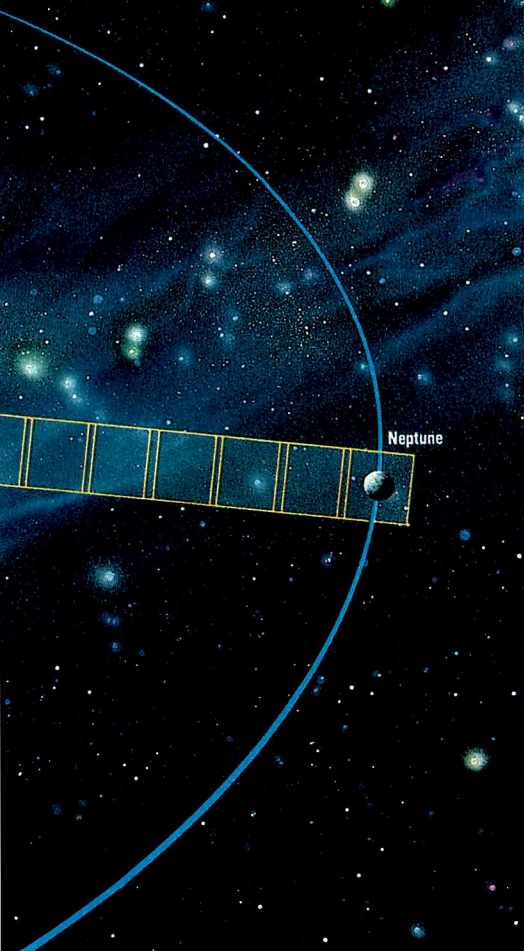


liards de milliards de cailloux dont la taille varie entre quelques mètres et moins d'un millimètre. Puis vient Titan. La plus grosse lune de Saturne intriguait les astronomes au plus haut point. Certains imaginaient des conditions favorables à l'apparition de la vie. Elle constituera la dernière visite de *Voyager 1*. En effet, le survol rapproché de Titan dévie la sonde du plan de l'écliptique (sur lequel tournent toutes les planètes autour du Soleil) et la propulse vers le haut sans espoir de nouvelles rencontres. Après avoir transmis ses précieuses informations sur Titan et son atmosphère d'azote, d'hydrogène et d'hélium, elle quitte momentanément l'avant-scène astronomique. C'est *Voyager 2* qui terminera, seule, l'odyssée planétaire en visitant Uranus en janvier 1986 et Neptune en août 1989,

avec les succès scientifiques que l'on connaît (voir *Science & Vie* n° 865).

Malgré cette éclipse, la sonde *Voyager 1* n'a jamais été oubliée par les scientifiques américains. Elle a notamment servi de laboratoire réel pour comprendre et tester des solutions aux nombreuses pannes survenues sur *Voyager 2*. Mais le vaisseau à la dérive nous réservait une dernière surprise qui n'appartient qu'à lui. En effet, les spécialistes de la navigation spatiale attendaient le moment opportun où la configuration des planètes du système solaire serait favorable pour la première photo de famille. Ce fut le 14 février 1990. Alors que *Voyager 1* naviguait à quelque 6 milliards de kilomètres de la Terre, soit environ 40 fois la distance Terre-Soleil, perchée à 32° au-dessus du plan de l'écliptique, elle

Une mosaïque de 39 photos fait apparaître le système solaire dans sa véritable dimension. Mercure, Vénus, la Terre et Mars sont regroupées autour du Soleil dans un cercle dont le rayon fait seulement 228 millions de km. Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune sont situées sur des orbites à respectivement 0,7 milliard, 1,4 milliard, 2,8 milliards et 4,5 milliards de km. Bien que l'influence du Soleil soit toujours prépondérante, la chaleur et la luminosité diminuent considérablement (sur Neptune, le flux de lumière est 900 fois plus faible que sur Terre). Pluton, dernière planète du système solaire, à quelque 6 milliards de km, n'a pu être photographiée par *Voyager*.



a pu réaliser 60 prises et photographier ainsi six des neuf planètes du système solaire.

Sur la mosaïque des 39 images, prises au grand angle, composée par les spécialistes de la NASA, Vénus, la Terre, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune sont parfaitement visibles et identifiées. Mercure, la plus proche du Soleil, à seulement 58 millions de kilomètres de l'astre du jour, est complètement masquée par l'éclat lumineux de la couronne solaire. La position de Mars, à 228 millions de kilomètres du Soleil, n'était pas favorable, et son signal lumineux n'a pu être pour l'instant définitivement identifié. Restait le petit dernier du système, Pluton, situé à près de 6 milliards de kilomètres du Soleil : sa position très excentrée et sa surface très sombre ne permettaient pas sa détection. Il semblerait

également que sur une des photographies *Voyager 1* ait pu capter la faible lueur de la Lune, mais sa mise en évidence demanderait un traitement informatique poussé.

La photo des planètes intérieures dont nous avons parlé au début est en fait un composé de trois images. La première, qui contient le Soleil et le fond de ciel noir, a été faite avec la caméra grand angle. Les images de Vénus (108 millions de km du Soleil) et de la Terre (150 millions de km), réalisées avec une deuxième caméra, ont été superposées aux endroits exacts qu'elles occupaient lors de la première photo. La qualité des images de Jupiter (778 millions de km du Soleil) et de Saturne (1,4 milliard de km) est très bonne et permet même, dans le cas de Saturne, de distinguer ses fameux anneaux. En revanche, concernant Uranus (2,8 milliards de km) et Neptune (4,5 milliards de km), le temps de pose nécessaire, 15 secondes, a demandé une rotation compensatoire de la sonde, responsable du petit étirement des images. Sur la mosaïque des 39 images grand angle, la position de toutes les planètes correspond à l'emplacement exact de chacune d'entre elles au moment des prises de vue.

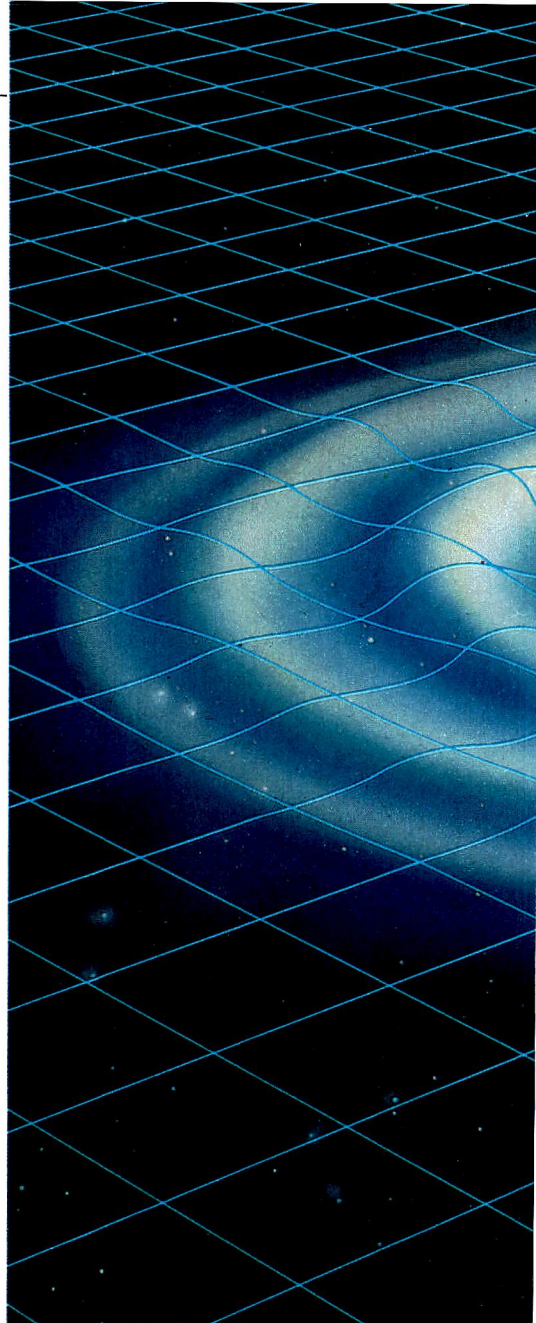
Ainsi se termine le reportage photographique le plus extrême et le plus coûteux jamais commandé. Leur mission accomplie au-delà de toute espérance, les sondes *Voyager* s'éloignent maintenant de la Terre nous laissant le plus beau livre d'images cosmique que l'on pouvait imaginer (67 000 images transmises, dont un grand nombre reste encore à traiter !). Ce n'est que vers les années 2020, quand la production d'électricité deviendra insuffisante pour communiquer avec les hommes, qu'elles entameront une dérive sans fin qui se terminera en une lente désagrégation. D'ici là, certains astronomes ne désespèrent pas de les utiliser "encore une fois", pour observer les régions les plus éloignées de notre système solaire ou même rechercher une hypothétique dixième planète. En attendant, la moisson est si riche qu'elle permet de contenter les plus pointus des scientifiques, les amoureux du ciel ou les simples admirateurs occasionnels. C'est peut-être ce caractère universel qui, parlant à tous sans besoin de culture scientifique, fait des dernières images transmises par *Voyager 1* un bien précieux pour l'humanité. Jamais, peut-être, l'adage qui dit qu'une image vaut mieux qu'un long discours n'aura été aussi judicieux. **Jean-François Robredo**

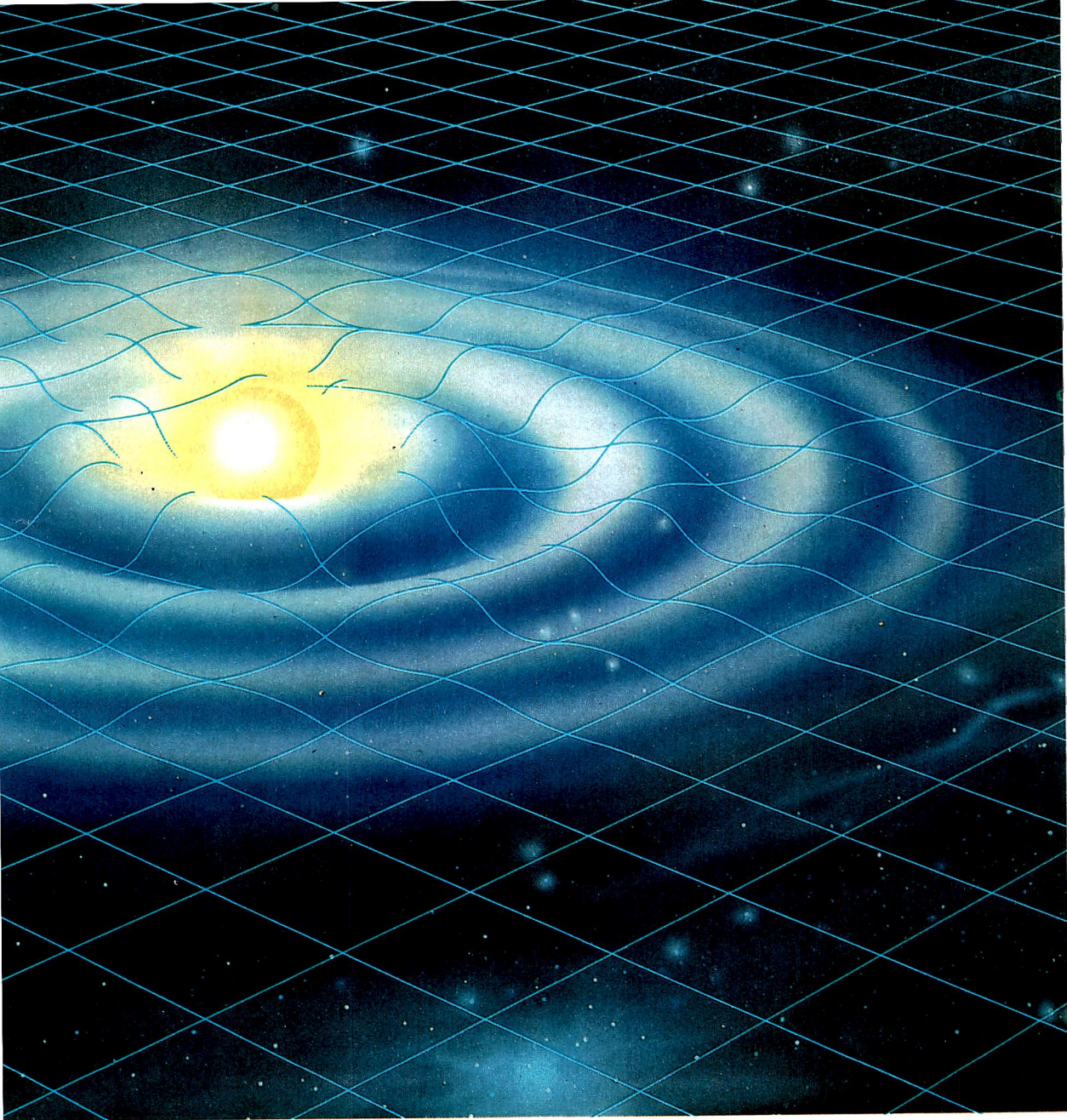
L'UNIVERS FAIT DES VAGUES

*Explosions d'étoiles,
trous noirs et
autres phénomènes
astronomiques
violents engendrent
dans l'espace des
ondes gravitationnelles
qui se propagent à la
vitesse de la lumière et
véhiculent des
informations inédites
sur l'Univers.
Aujourd'hui, les astro-
physiciens disposent
d'un télescope spécial
pour capter ces ondes.*

En ce 29 mai 1919, le Soleil a rendez-vous avec la Lune. Une banale éclipse de Soleil, qui va pourtant se révéler d'une importance capitale pour la science astronomique du XX^e siècle. C'est l'astronome anglais Arthur Eddington qui en sera le promoteur. Installé derrière son télescope, il ne perd pas un seul instant du spectacle. Son objectif : vérifier la prévision, faite il y a quelques années seulement par un certain Albert Einstein, selon laquelle les rayons lumineux peuvent être déviés quand ils passent au voisinage d'une grande concentration de matière.

Aujourd'hui, les conditions sont réunies : les étoiles de l'amas des Hyades vont passer derrière l'astre du jour. Si la théorie est exacte, lorsque la lumière de ces étoiles va frôler le bord du Soleil, leur image dans le ciel sera décalée par rapport à leur position normale. Quelques minutes plus tard, la conclusion s'impose : les décalages enregistrés sont conformes aux prévisions d'Einstein. Cette mesure constitue en fait la première preuve de la théorie de la relativité générale et de son affirmation la plus surprenante : l'espace peut être déformé par la matière. Notre vision du monde ne sera plus jamais la





même. En effet, comme le démontre cette expérience, d'un cadre absolu et immuable l'espace devient un cadre mou, déformable et pour tout dire relatif. Autrement dit, l'espace n'est plus indifférent à la matière, il est déformé, courbé par cette dernière et ce d'autant plus que la densité de matière est importante.

On comprend dans ce contexte que la déviation des rayons lumineux des étoiles de l'amas des Hyades résulte en fait de la courbure de l'espace due à la présence du Soleil. Les rayons ont suivi ce qu'il est convenu d'appeler les géodésiques de

L'espace déformable. L'espace n'est pas un milieu immuable, indifférent aux objets qui l'occupent. Conformément aux équations d'Einstein, il s'agit plutôt d'un cadre mou qui peut être déformé par les grandes concentrations de matière. Cette déformation spatiale se manifeste, notamment, en courbant les rayons lumineux qui passent à proximité de telles concentrations (engendrant ce qu'on appelle des mirages gravitationnels-voir *Science & Vie* n° 859, p. 26). Et, dans le cas d'événements cosmiques très violents (supernovæ, étoiles à neutrons, trous noirs), qui libèrent des quantités colossales d'énergie, cette déformation de l'espace se propage à la manière des vagues de l'océan. Ces "ondes gravitationnelles", comme les appellent les astronomes, se déplacent à la vitesse de la lumière.

l'espace-temps, ce qui, observé depuis la Terre, se traduit par un décalage spatial de l'image entraînant un effet de mirage gravitationnel : on voit dans le ciel une étoile qui n'y est pas, en tout cas pas à l'endroit où elle nous paraît se trouver (voir *S & V* n° 845, p. 144, 859, p. 26).

Depuis cette expérience, l'espace n'a pas, si l'on peut dire, connu la tranquillité. Quels sont les événements qui le modifient le plus ? Que se passe-t-il quand les déformations sont très importantes ? Que peuvent nous apprendre ces modifications de l'espace sur les phénomènes qui les engendrent ou sur les objets dont les images sont déformées ? A toutes ces questions, les physiciens ont commencé à donner des réponses.

Mais le plus surprenant reste encore à venir. Il semble même que, grâce à cette particularité de l'espace, une nouvelle astronomie va naître dans les toutes prochaines années. Soixante-dix ans après les équations d'Einstein, une nouvelle révolution astronomique est en marche.

Pour bien la comprendre, reprenons l'exemple de la courbure de l'espace due au Soleil. Notre étoile

est une énorme boule de matière dérivant dans l'espace depuis 4,5 milliards d'années à la manière d'une gigantesque bouée posée au milieu de l'océan. Sa seule présence modifie l'espace environnant, mais de manière très légère et sans conséquence importante pour son environne-

ment proche. Supposons maintenant qu'au lieu d'être posé tranquillement, le Soleil soit propulsé dans l'espace à la manière d'une pierre qu'on jette dans l'eau. Pour continuer la métaphore, le Soleil provoquera des ondulations de l'espace qui se propageront à la manière des vagues provoquées par le jet de la pierre dans des eaux calmes. Et de la même manière qu'un pêcheur à la ligne voit ces vagues s'approcher de lui et s'échouer sur le rivage, des astronomes attendent, sur cet flot de l'Univers qui constitue la Terre, l'arrivée des vagues de l'espace qu'ils appellent plus prosaïquement ondes gravitationnelles.

L'observation d'un tel phénomène, imaginé dès l'élaboration de la théorie de la relativité générale, est aujourd'hui possible. Et certains astronomes n'hésitent pas à annoncer que l'étude de ces ondes est, comme nous l'avons dit, révolutionnaire. L'expression ne semble pas abusive. En effet, la science astronomique repose essentiellement sur l'étude des rayons du spectre électromagnétique. Autrement dit, les seules informations que nous avons sur l'Univers nous sont transmises par la lumière. Avec les ondes gravitationnelles, c'est un domaine de recherche totalement nouveau et totalement vierge qui s'ouvre à leurs yeux. Les déformations de l'espace n'ayant rien à voir avec le spectre électro-

magnétique, il est facile d'imaginer que les messages véhiculés sont, eux aussi, différents. Il s'agit donc bien d'un saut qualitatif dans la connaissance de notre Univers.

La seconde grande motivation des chercheurs concerne la nature même des phénomènes qui seront étudiés par l'intermédiaire de ces vagues de l'espace. Pour nous resituer par rapport au Soleil, provoquer des vagues spatiales demande des conditions mettant en jeu une incroyable puissance et une colossale violence. Dans notre système solaire, de tels événements sont peu probables. En revanche, des phénomènes plus lointains et connus des astronomes semblent avoir de telles caractéristiques. Les plus connus sont les supernovae (voir plus loin) ; les trous noirs avaleurs d'étoiles ; les pulsars, véritables toupies célestes, etc.

Cette nouvelle fenêtre sur l'Univers va donc nous donner accès aux phénomènes les plus fantastiques du cosmos. Après l'impression de stabilité et de tranquillité qui a prévalu jusqu'au début du XX^e siècle, l'astronomie moderne entre de plain-pied dans l'ère des cataclysmes, de la violence et de l'apocalypse permanents.

Selon la théorie, l'événement le plus typique susceptible de provoquer des vagues dans l'Univers est l'explosion mortelle d'une étoile qu'on appelle plus couramment supernova. Si l'on suit le schéma de l'évolution stellaire, lorsqu'une étoile a brûlé tout son combustible (l'hydrogène), elle s'effondre sur elle-même sous l'effet de son propre poids. Les atomes qui la composent viennent alors s'entrechoquer et se serrer les uns contre les autres au point que, par exemple, la masse du Soleil se trouverait concentrée sur un diamètre de seulement dix kilomètres.

Un tel cataclysme, dont l'exemple le plus récent s'est produit en 1987 dans le Grand Nuage de Magellan, produit des effets visibles bien connus des astronomes : formidable éclair lumineux (l'étoile devient aussi brillante qu'une galaxie tout entière) et éjection d'un halo de matière dans l'espace interstellaire. Mais, d'après la théorie relativiste, l'accélération de la matière consécutive à l'effondrement gravitationnel courbe l'espace de manière si violente que la déformation locale va se propager dans l'espace sous la forme d'ondes (ou de vagues à la manière, précisément, d'une pierre jetée dans un étang, qui ride la surface de l'eau).

En fait, plusieurs phénomènes peuvent produire de tels tremblements de l'espace. Les astronomes les ont classés en deux catégories : les événements périodiques et les événements uniques. Dans le premier ensemble, on trouve essentiellement des étoiles à neutrons (étoiles très massives constituées uniquement de neutrons) et des pulsars (étoiles tournant sur elles-mêmes à des vitesses de plusieurs tours à la seconde). Dans la catégorie des

Une nouvelle fenêtre ouverte sur l'Univers

événements ponctuels on retrouve les supernovæ (morts d'étoiles) et certains systèmes d'étoiles binaires tournant l'une autour de l'autre.

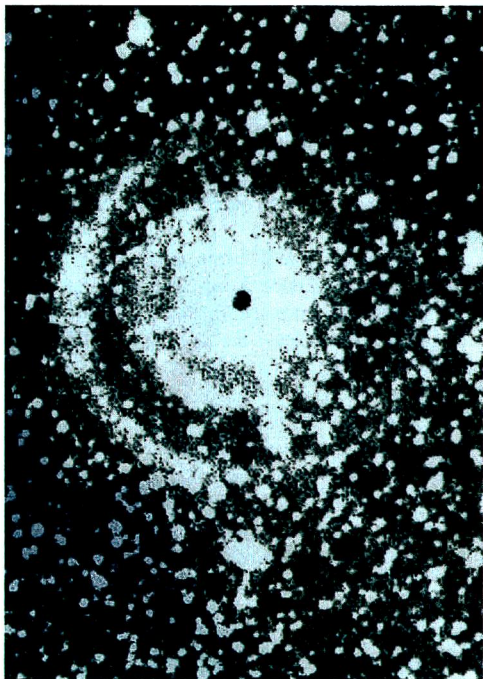
Le décor est planté. La théorie des ondes existe, les phénomènes qui peuvent en provoquer aussi, la motivation des chercheurs ne manque pas ; restait à construire des instruments capables de les détecter et de les analyser. Mais, là, c'est loin d'être simple...

En effet, lorsqu'une onde gravitationnelle traverse une pièce, elle modifie les rapports spatiaux des objets présents dans cette pièce. Ainsi, si deux

objets sont situés sur le même plan horizontal, le passage d'une vague au milieu va les rapprocher puis les éloigner. Cette variation relative de distance entre deux objets, que les astronomes cherchent à mesurer, se nomme amplitude. En fait, l'entreprise se révèle une véritable gageure. Jugez plutôt : si, dans le meilleur des cas, une étoile venait à exploser dans un amas d'étoiles proche, l'amplitude serait seulement de l'ordre de 10^{-21} , ce qui correspond, pour fixer les idées, à la dimension d'un atome d'hydrogène par rapport à la distance Terre-Soleil !

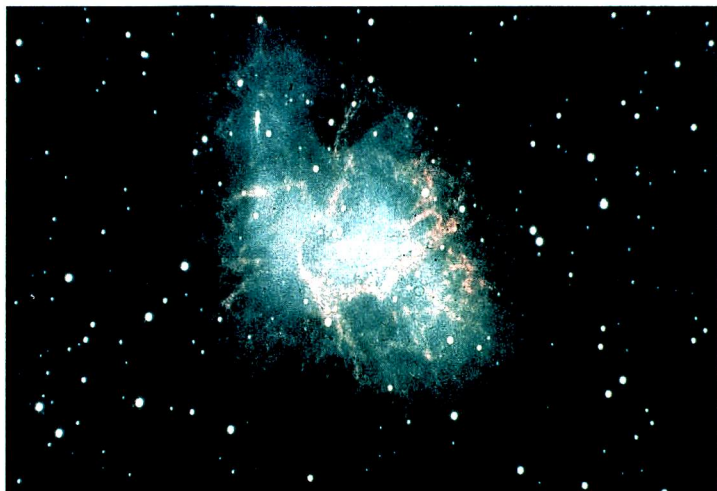
Comment détecter des variations spatiales aussi petites ? La question fut soulevée, bien que de façon toute théorique, par Einstein lui-même. Les moyens de l'époque ne permettant pas un tel exploit technique, les vagues de l'Univers restèrent figées sur le papier pendant plus de quarante ans. Il fallut attendre la fin des années cinquante pour que le physicien Joseph Weber, s'appuyant sur les travaux de l'Anglais Felix Pirani, entreprenne la première expérience.

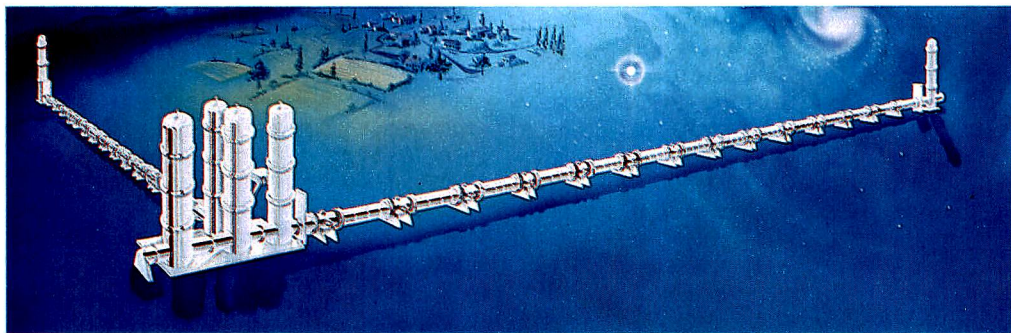
Le principe en était relativement simple. Puisque lorsqu'une onde traverse un lieu ou un corps, les rapports spatiaux se modifient, il suffit de mesurer



◀ **La chasse aux supernovæ.** C'est la mort des étoiles — phénomène appelé supernova — qui est la source d'ondes gravitationnelles les mieux détectables sur Terre. On connaît bien les conséquences visibles de ces fabuleuses explosions d'étoiles : flash lumineux d'une intensité inouïe, éjection de matière et de particules très énergétiques, échos lumineux, etc., comme on a pu l'observer en février 1987, lors de l'explosion de la supernova 1987 A — dans la galaxie du Grand Nuage de Magellan — que l'on voit ci-contre avec ses anneaux d'échos lumineux, qui sont des pics de luminosité émis par la matière environnante après son excitation par le flash de l'explosion. Les chercheurs veulent maintenant enregistrer les ondulations de l'espace dues à ces explosions.

▶ **La preuve par le pulsar.** Les pulsars, restes d'explosions de supernovæ, sont des étoiles qui tournent sur elles-mêmes à des vitesses qui vont de quelques tours/seconde (comme c'est le cas du pulsar qui occupe le centre de la nébuleuse du Crabe, ci-contre) à plus de mille tours/seconde pour certaines. Une masse de matière tournant à de telles vitesses déforme l'espace et produit des ondes gravitationnelles. C'est justement en étudiant le pulsar PSR 1513-40 + 16 que les astrophysiciens ont mis en évidence pour la première fois l'existence d'ondes gravitationnelles. En effet, ils se sont aperçus que sa vitesse de rotation décroissait régulièrement, et ont expliqué ce phénomène par une perte d'énergie due à l'émission de telles ondes.





VIRGO : UN DETECTEUR DE 6 km ...

Pour détecter le passage d'une onde gravitationnelle, il faut un appareil d'une sensibilité telle qu'il réagirait à une déformation de la taille d'un atome d'hydrogène sur une longueur équivalente à la distance Terre-Soleil ! Grâce à l'utilisation astucieuse de miroirs parallèles, la lumière effectue d'innombrables allers et retours avant d'être enregistrée, et la taille du détecteur a pu ainsi être ramenée à des dimensions plus "modestes".

de manière extrêmement précise les variations de longueur d'une barre d'aluminium que l'on suppose traversée par une telle onde. Plus facile à dire qu'à faire ! Après quelques espoirs déçus (fausses détections), et malgré des améliorations de l'expérience, les derniers chercheurs désespèrent aujourd'hui de pouvoir enregistrer une quelconque variation significative. La raison de cet échec est double. D'une part, pour qu'une onde entraîne une variation de longueur de la barre, il faut que la longueur d'onde de la vague entre en résonance avec la longueur d'onde de vibration du cylindre. Dans l'expérience de Weber, la longueur d'onde du métal utilisé était bien trop réduite pour favoriser une détection. D'autre part, et c'est leur principal inconvénient, ces barres d'aluminium sont trop peu sensibles. Enregistrer des variations de longueur de l'ordre de 10^{-21} exige un matériel extrêmement stable pour que le phénomène à observer ne soit pas noyé dans le bruit des vibrations thermiques

inhérentes au matériel.

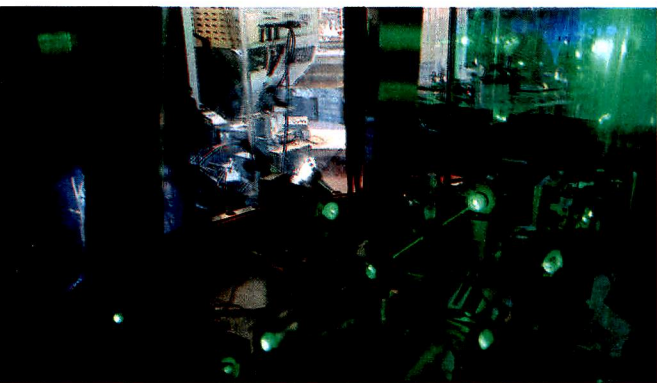
Malgré l'obstination de certains, il semble que les expériences dites "des cylindres de Weber" doivent être abandonnées. Les chercheurs se sont donc efforcés de trouver des détecteurs à la fois plus sensibles (stables) et balayant une gamme de fréquences beaucoup plus large (de quelques hertz à quelques kilohertz).

Dès le début des années soixante, une nouvelle technique a commencé à faire son chemin dans l'esprit des chercheurs. Il s'agissait de construire un instrument spécialement destiné à mesurer les amplitudes ou variations de distances relatives de l'espace : la solution proposée est l'interféromètre. Le premier interféromètre est construit en 1972, mais sa sensibilité trop faible (10^{-16}) ne permet pas de détection significative. L'idée était bonne, restait à améliorer l'instrument. C'est ce que se proposent de faire plusieurs grands projets actuellement à l'étude ou en cours de réalisation dans le monde.

Le premier, fruit d'une collaboration franco-italienne, a été baptisé Virgo (en l'honneur de l'amas d'étoiles de la Vierge que l'on va plus particulièrement observer). Quatre laboratoires italiens et quatre français (l'université d'Orsay, l'observatoire de Meudon, l'institut Poincaré et l'Ecole polytechnique) se partagent les responsabilités. Deux autres projets sont en bonne voie d'adoption : le projet

... ET UN LASER ULTRAPUR ...

Pour enregistrer le passage d'une onde gravitationnelle sur le futur détecteur Virgo, on mesurera le changement (infime) de longueur d'un bras du détecteur par rapport à l'autre. Pour cela, on scinde un rayon laser en deux faisceaux envoyés chacun dans un bras (ci-contre, un modèle réduit de Virgo). Après de multiples allers et retours de chaque faisceau dans son bras, on les compare en les faisant passer dans un interféromètre. Toute différence entre les deux faisceaux à l'arrivée, implique que l'un des deux a parcouru un chemin plus long que l'autre, et donc qu'une onde gravitationnelle a traversé le dispositif, modifiant les longueurs des bras par rapport à leurs longueurs initiales identiques. Mais, pour que le procédé soit fiable, il faut que le rayon laser de départ soit ultrapur pour éviter de fausser les résultats.





... POUR ENREGISTRER LES ONDES GRAVITATIONNELLES DE L'AMAS DE LA VIERGE

L'amas de la Vierge (ci-dessus), sera une cible privilégiée du futur détecteur d'ondes gravitationnelles Virgo (baptisé ainsi à bon escient). La grande concentration de galaxies (plusieurs milliers) de cet amas proche de nous multiplie les chances d'observer des événements générateurs d'ondes gravitationnelles. En conjuguant les calculs statistiques et la sensibilité de leur nouveau télescope très particulier, les astronomes espèrent enregistrer, grâce à Virgo, un événement par semaine en moyenne.

moins brillante). La distorsion de l'espace est ainsi dûment enregistrée. Mais si le principe est bien connu et les contraintes de taille finalement maîtrisées, la réalisation pratique se révèle, elle aussi, extrêmement délicate. Devant la finesse des mesures à effectuer (de l'ordre d'un millième de rayon d'atome !), il faut bien sûr s'affranchir de la plus infime perturbation extérieure. Et en premier lieu des micromouvements d'origines sismique, naturelle ou humaine (véhicules, déplacements, etc.).

Le site retenu pour l'installation de l'interféromètre Virgo (à Cascina, près de Pise) est connu pour sa grande tranquillité tellurique. Quoi qu'il en soit, pour renforcer encore la sécurité, les techniciens vont placer des isolants sismiques à chaque miroir. Par ailleurs, la cavité où voyageront les photons de lumière sera parfaitement pure, ou, comme disent les physiciens, "ultravide". En effet, la moindre variation dans les conditions physiques du parcours entraînerait des fluctuations de la lumière qui masqueraient celles dues aux ondes gravitationnelles. Ajoutons à tout cela qu'il faut une source de lumière laser ultrapure et ultrastable, des miroirs ultra-homogènes de silice ultrapure, etc. Au total, un

(suite du texte page 148)

américain baptisé Ligo et un projet anglo-allemand. Signalons deux autres pays qui sont sur les rangs pour des réalisations similaires : l'Australie et le Japon.

Principaux obstacles de tous ces projets : leur coût (350 millions de francs pour Virgo, 200 millions de dollars pour Ligo) et le gigantisme des installations. En effet, dans le cas de Virgo, pour atteindre la sensibilité désirée (10^{-23}), les spécialistes avaient besoin d'un interféromètre géant ayant des bras d'environ... 120 kilomètres de long ! Premier défi, donc : contourner la difficulté du gigantisme. Défi relevé puisque les scientifiques ont imaginé un interféromètre pliant ! Le système de détection proprement dit repose sur la technique de Michelson. Elle consiste à envoyer un faisceau de lumière laser sur une lame qui sépare le rayon en deux parties identiques. Les deux demi-rayons partent donc dans deux tunnels de direction différente, frappent un miroir au bout des tunnels pour venir se recombinaison sur la lame séparatrice et finalement frapper ensemble un détecteur. Dans le cas de Virgo, en plaçant des miroirs intermédiaires entre la plaque séparatrice et le miroir de renvoi, la lumière peut parcourir plusieurs dizaines d'allers et retours avant d'être recombinée. Grâce à ce système deux bras de 3 kilomètres chacun suffisent au lieu des 120 kilomètres préalablement nécessaires.

Dans cette expérience, le moment crucial est la recombinaison. C'est à ce moment qu'a lieu le phénomène d'interférence. En effet, si les deux demi-rayons ont parcouru des distances différentes (signature du passage d'ondes de gravitation qui modifient les distances), la recombinaison crée des franges d'interférence qui seront parfaitement détectées (la frange centrale du faisceau étant plus ou

EXTRATERRESTRES, FAITES-NOUS UN SIGNE !

La bioastronomie, désormais une science à part entière, consacre toute la puissance de ses moyens techniques et de ses cerveaux, des savants de différentes disciplines, à la chasse scientifique aux extraterrestres. S'ils existent, ce qui est plus que probable, il ne reste plus à ceux-ci qu'à se manifester.

Mardi 19 juin 1990, 8 h 30. Dans la salle de cinéma de Lanslevillard (haute Maurienne), transformée pour la circonstance en salle de congrès, 130 scientifiques, représentant 27 pays, aussi attentifs que les élèves d'une classe de cours élémentaire le jour de la rentrée, écoutent le Dr Georges Marx, de l'université de Budapest (Hongrie). En tant que président de la commission 51 de bioastronomie de l'Union astronomique internationale, Georges Marx ouvre ce troisième Symposium international des bioastronomes, spécialistes de la vie dans l'Univers. Les bioastronomes ne se réunissent en symposium que tous les trois ans, d'où la densité des travaux. Au programme de la présente session, qui doit durer une semaine : l'examen scientifique de pas moins de 70 communications sur l'état de leur science.

Car les bioastronomes, scientifiques de tous bords, sont gens très actifs : ils ne passent pas leur temps à attendre qu'une civilisation avancée nous contacte. Au contraire, ils "attaquent" sur tous les fronts, fondant des hypothèses sur des faits sûrs et vérifiables, avançant des propositions en associant des chercheurs de domaines scientifiques connexes. Leur vaste sujet a été divisé en cinq branches (*) énumérées ci-dessous, puis reprises plus en détail avec, pour chacune, les nouveautés annoncées au symposium :

- recherche de planètes autour d'étoiles de type solaire et définition des conditions pour que certaines soient propices au développement de la vie.
- Recherche de molécules organiques dans l'espace.
- Détermination des conditions nécessaires à l'apparition des précurseurs biologiques aboutissant

aux acides aminés, briques de base des organismes vivants.

- Etude du développement de la vie biologique primitive.

- Recherche de civilisations avancées par l'étude des ondes radio en provenance de la Galaxie.

D'autres systèmes solaires ? La première branche de la bioastronomie se consacre à la recherche de planètes orbitant autour d'étoiles, et à la définition des conditions pour que certaines soient propices à l'apparition et au développement de la vie. Dans ce domaine, c'est l'amélioration des techniques de mesure des vitesses radiales qui est la plus prometteuse. Rappelons que la vitesse radiale est la composante de la vitesse de déplacement d'un astre par rapport à la ligne de visée de l'observateur. Ces dernières années, la précision a été accrue d'un facteur 100 ; c'est dire qu'il est désormais possible de mesurer des microvariations de cette vitesse, traduisant la présence d'un corps perturbateur en orbite autour de l'étoile en question. Ainsi l'étoile *Epsilon eridani* a-t-elle un compagnon représentant quatre fois la masse de Jupiter.

Au total, une dizaine d'étoiles ont été cataloguées comme candidates hautement probables à un système planétaire. L'avenir consistera à mettre au point des tests pour différencier, parmi ces compagnons, ceux qui sont des planètes et ceux qui ne sont que des naines "brunes", corps célestes entre étoile et planète. En fait, selon une étude d'Antoine Duquennoy et de Michel Mayor,

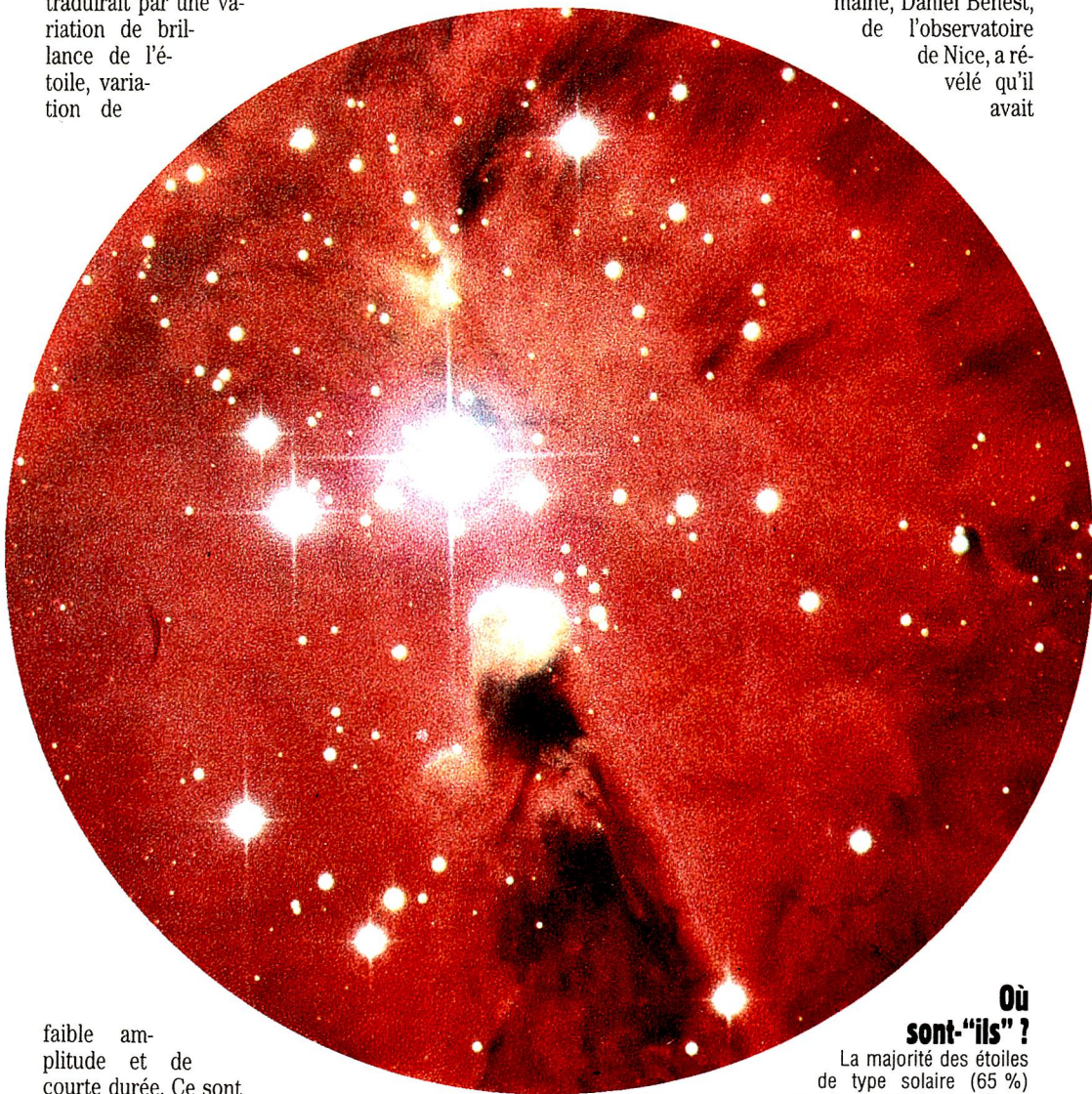
(1) Voir notre article "A l'écoute des extraterrestres", dans *Science & Vie* n° 873 (juin 1990), p. 37.

(2) Voir notre article "Mars, l'eau et la vie", dans *Science & Vie* n° 867 (décembre 1989), p. 42.

de l'observatoire de Genève, 65 % des étoiles de type solaire pourraient abriter un système planétaire. La détection d'un de ceux-ci n'est donc plus qu'une question de sensibilité des moyens utilisés. Autre méthode pour découvrir des planètes dans l'espace : l'étude des éclipses que celles-ci doivent provoquer en passant devant leur étoile. Ce phénomène se traduirait par une variation de brillance de l'étoile, variation de

entre la planète et l'étoile ainsi que de l'inclinaison du plan de son orbite par rapport à nous. La méthode utilisée est au point ; elle a été testée sur une centaine d'étoiles et ses résultats sont concluants. Aussi, le démarrage du programme définitif, portant sur environ 2 000 étoiles, est annoncé pour l'année prochaine.

Enfin, pour clore ce domaine, Daniel Benest, de l'observatoire de Nice, a révélé qu'il avait



faible amplitude et de courte durée. Ce sont les astronomes de l'observatoire de l'université catholique du Chili qui se sont attaqués au problème. Les variations à enregistrer sont inférieures à vingt-quatre heures et à 1/100^e de magnitude (il est pratiquement impossible de photographier un phénomène impliquant une si faible différence sur une durée si courte). Bien entendu, cela dépend aussi de la distance

Où sont-ils ?

La majorité des étoiles de type solaire (65 %) pourraient avoir des systèmes planétaires. En d'autres termes, une vie extraterrestre pourrait exister en de nombreux endroits du ciel, par exemple sur l'une ou l'autre des innombrables étoiles entourant la nébuleuse du cône, ci-dessus. La détection d'un de ces systèmes n'est qu'une question de sensibilité des moyens utilisés. Les bioastronomes sont même à l'écoute de signaux intelligents qui trahiraient l'existence d'une civilisation avancée. Ils sont confiants : nous en recevrons.

trouvé par le calcul que des orbites planétaires stables pouvaient exister autour des systèmes d'étoiles doubles, alors que, jusque-là, on ne croyait pas cela possible. La nouvelle est d'importance lorsqu'on sait que 70 % des étoiles seraient doubles ou multiples.

Comme on peut le constater, même si la première planète extrasolaire n'a pas encore été observée *de visu*, la probabilité d'existence de tels systèmes frise maintenant la quasi-certitude.

Vingt nouvelles molécules organiques. Les chapitres de la chimie organique et de l'évolution prébiotique ont également connu des développements importants, qui ont donné lieu à plusieurs communications au symposium de Lanslevillard. Ainsi, William Irvine, de l'université du Massachusetts, a révélé

que ce sont désormais plus de 90 molécules organiques qui ont été détectées dans l'espace, au lieu des 70 connues jusqu'à présent. Ronald Brown, de l'université Victoria (Australie), et Leonid Marochnik, de l'institut de recherche spatiale d'URSS, ont abondé dans ce sens en précisant que la formation de molécules organiques — et donc de la vie — dans l'espace doit être regardée comme un processus automatique dès que les conditions sont réunies.

La vie aurait-elle commencé dans l'espace ?

Selon les spécialistes des comètes et des météorites, cela ne fait aucun doute. A partir des travaux de Cliford Matthews, de l'université de Chicago, et Chantal Levasseur-Regourd, de l'université de Paris, on peut brosser le canevas suivant : les noyaux cométaires sont très riches en eau (80 % dans le cas de la comète de Halley), mais aussi en molécules

AU CAS OÙ...

Voici la déclaration adoptée lors du symposium de Lanslevillard sur la conduite à adopter après la découverte d'une intelligence extraterrestre.

« Nous, les institutions et individus participant à la recherche d'une intelligence extraterrestre, agréons les principes suivants pour diffuser l'information en cas de découverte :

1. Tout individu, institut de recherche public ou privé, ou agence gouvernementale qui croit avoir détecté un signal ou une autre évidence d'une intelligence extraterrestre (appelé par la suite la découverte), doit en vérifier par les moyens les plus sûrs, l'origine extraterrestre, plutôt qu'une origine naturelle ou humaine, avant toute annonce publique. Si l'évidence extraterrestre ne peut être confirmée, le découvreur doit publier la découverte comme étant celle d'un phénomène inconnu.

2. Avant toute annonce publique, le découvreur devra rapidement en informer les autres parties signataires de cette déclaration, pour qu'elles puissent l'informer ou la confirmer par des moyens et des méthodes d'observations indépendantes, et de façon que le signal puisse être observé en permanence. Les signataires ne feront aucune déclaration publique avant confirmation de la découverte. Le découvreur informera ses autorités nationales.

3. Après que la découverte semblera d'évidence un signal intelligent extraterrestre, le découvreur informera le



reste de la communauté astronomique par le Bureau international des télégrammes astronomiques de l'UAI. Il en informera également le secrétaire général des Nations unies en accord avec l'article 11 du traité d'exploration de l'espace. En raison de leur intérêt pour la question, il devra également en informer les organismes suivants : Union internationale des télécommunications, Fédération astronautique internationale, Académie internationale d'astronautique, Institut international des lois de l'espace, commission 51 de l'Union astronomique internationale, Union internationale des sciences radio.

4. La confirmation de la détection d'une intelligence extraterrestre devra être diffusée rapidement et largement au travers des canaux scientifiques et des médias publics, en respectant les principes de cette déclaration. Le découvreur aura le privilège de la première annonce.

5. Toutes les données nécessaires à la confirmation de la découverte seront fournies à la communauté scientifique

par des publications, des conférences, des réunions et autres moyens appropriés.

6. Toutes les données devront être enregistrées de façon permanente et stockées pour être disponibles pour une étude ou interprétation ultérieure par les membres de la communauté scientifique.

7. Si la preuve d'une intelligence extraterrestre réside en signaux électromagnétiques, les parties signataires de cette déclaration devront rechercher un accord international pour protéger de la façon appropriée les fréquences concernées.

8. Aucune réponse au signal ne devra être faite avant qu'une consultation internationale n'ait eu lieu. Cette procédure de consultation fera l'objet d'une déclaration séparée.

9. Le comité SETI et la commission 51 de l'UAI conduiront une étude permanente des procédures de détection et d'analyse du signal. Après la découverte, un comité international d'experts sera constitué pour analyser le signal et pour fournir les conseils nécessaires à l'informatique du public. Pour faciliter la constitution rapide de ce comité à n'importe quel moment dans l'avenir, le comité SETI tiendra à jour une liste des personnes représentatives des institutions visées plus haut, ainsi que de toutes les personnes compétentes en ce domaine. Cette liste sera continuellement disponible au secrétariat de l'Académie internationale d'astronautique. Cette académie sera le dépositaire de la présente déclaration et fournira chaque année la liste des parties signataires. »

organiques ; la Terre a dû être bombardée par un grand nombre de comètes dans les premiers temps de sa formation ; ces impacts auraient ainsi fourni l'eau et les composés organiques nécessaires au départ de la vie.

Michel Maurette, du Centre de spectrométrie nucléaire et de spectrométrie de masse d'Orsay, spécialiste des micrométéorites, devait faire remarquer que, lorsqu'un noyau de comète ou une météorite géante rencontre la Terre, l'impact est extrêmement violent ; l'échauffement qui en résulte, notamment lors de la traversée de l'atmosphère, pulvérise littéralement le corps, d'où une destruction des composés organiques qu'il peut receler. Il en résulte des hypothèses complexes visant à déterminer des trajectoires particulières qui permettent un freinage de la chute sans que l'élévation de température soit trop importante. La chose est possible, mais aléatoire. En revanche, Michel Maurette révéla au symposium que, lors de ses dernières campagnes de recherches en Arctique et Antarctique, il a eu la surprise de trouver, contre toute prévision, que 80 % des micrométéorites n'avaient pas fondu à la suite de la traversée de l'atmosphère en s'autoprotégeant par un matériau semblable à celui utilisé pour les satellites ! Il faut donc maintenant tenir compte du rôle que ces micrométéorites ont pu jouer, alors que jusqu'à présent on pensait qu'elles étaient détruites à leur arrivée.

Michel Maurette va plus loin : selon lui, les micrométéorites riches en carbone, qui représentent 80 % du total, sont de véritables "usines" de chimie prébiotique. Or, leur très petite taille est un facteur favorable à leur dilution dans les océans, ce qui n'est pas le cas des corps massifs. Bref, les comètes auraient fourni l'eau, et les micrométéorites la vie ou du moins les éléments nécessaires. Voilà qui change quelque peu les scénarios habituels.

La biologie n'est pas l'apanage de la Terre.

François Raulin, du laboratoire de physico-chimie de l'environnement à l'université Paris-XII, a précisé, en effet, qu'on a maintenant la certitude de la présence de composés organiques dans l'atmosphère de Titan, le principal satellite de Saturne. Cependant, cette atmosphère ne contient pas d'eau. Elle est au contraire fortement réductrice : présence de méthane, d'ammoniac, etc., éléments de base néces-



La vie sur Terre venue de l'espace ?

Lorsqu'un noyau de comète ou une météorite géante rencontrent la Terre, l'échauffement dû au frottement dans l'atmosphère et à l'impact (ci-dessous, le Meteor Crater d'Arizona) détruit les composés organiques que ces corps peuvent receler. Sauf lorsqu'il s'agit de micrométéorites, si légères qu'elles tombent comme des feuilles mortes et arrivent au sol intactes (comme 80 % de celles qu'a trouvées Maurice Maurette, ci-contre, enfouies dans les glaces arctiques et antarctiques).



saires, avec le carbone, à la formation de molécules organiques. Titan apparaît alors comme un laboratoire naturel pour étudier l'évolution des éléments prébiotiques à l'échelle d'une planète. En ce sens, on attend avec intérêt la mission Cassini, qui doit, à l'horizon 2002, larguer un module de descente dans l'atmosphère du satellite, afin d'en analyser avec précision la composition.

Mars, planète mythique de la science-fiction, devait être aussi à l'honneur de ce symposium. Plus de quatre communications lui furent consacrées. Il en ressort que l'eau était certainement présente sur la planète rouge il y a environ 3,5 milliards d'années. Les photographies des sondes spatiales ne laissent aucun doute à ce sujet. L'eau y était même abondante. Même si, à l'heure actuelle, il n'y en a pas en surface, tout laisse penser qu'il en subsiste une grande quantité congelée profondément dans le sol (*). Y trouvera-t-on des formes de vie primitive, ou au moins leurs fossiles ? La réponse sera apportée au début du siècle prochain par les futures missions d'exploration martienne !

A l'écoute des extraterrestres. Dernier domaine

(suite du texte page 150)

NOUS SOMMES TOUS DES SYMBIOTES

Les espèces évoluent plus rapidement que ne le prévoit la théorie darwinienne. Pourquoi ? Parce qu'elles s'associent et s'entraident pour vivre et que l'union fait la force, répond en substance Lynn Margulis, biologiste américaine.

De tous les organismes sur Terre, seules les bactéries sont des individus. Une telle phrase, prononcée par la biologiste Lynn Margulis lors d'une réunion scientifique il y a quelques années, provoquait des murmures d'incrédulité, voire de réprobation. Ainsi tous les êtres vivants, de l'amibe à l'homme, ne sont-ils pas des individus, membres d'une espèce ou d'une autre, dont les caractères sont transmis d'une génération à la suivante ?

Aujourd'hui, les déclarations du Pr Margulis sont prises au sérieux. « Bactéries mises à part, dit-elle, tous les organismes, absolument tous, sont le résultat de l'association de plusieurs organismes individuels, qui se sont rencontrés dans le lointain passé, se sont unis par intérêt mutuel, ont mis leurs gènes en commun, et ont donné lieu à des organismes complexes de plus en plus performants. » La symbiose est ainsi promue au rang d'un des « moteurs » de l'évolution, au même titre que les mutations — ces changements du patrimoine génétique, survenant généralement par suite d'une erreur de la répllication de l'ADN d'un gène. La symbiose met à la disposition d'un organisme une quantité de gènes étrangers parmi lesquels il peut puiser, pour favoriser sa survie dans un environnement changeant.

De nombreux biologistes, d'abord hostiles à accorder une si grande importance au phénomène de la symbiose, ont bien été obligés de changer d'avis face au nombre impressionnant de données présentées par Lynn Margulis et son école. On reconnaît que la symbiose n'est pas une curiosité biologique, mais un mécanisme très répandu. On accepte l'idée, autrefois hérétique, que les eucaryotes — cellules complexes dotées d'un noyau — ont vu le jour non pas à la suite de mutations accidentelles, mais parce que des groupes de cellules primitives procaryotes (sans noyau) se sont associées pour leur donner

naissance.

Le terme symbiose définit l'interaction continue et obligatoire, avec contact physique, entre deux ou plusieurs organismes qui en bénéficient. La symbiose se distingue du parasitisme — exploitation d'un organisme par un autre, sans bénéfice pour l'exploité — et du mutualisme — coexistence de deux organismes pour leur bénéfice mutuel, mais sans intégration physique permanente entre les deux.

Les termites sont un des exemples les mieux connus d'organismes symbiotiques. Ces insectes (dont on connaît près de 2 000 espèces) abritent dans leur intestin de nombreux organismes procaryotes aussi bien qu'eucaryotes. Parmi ces derniers, la star est *Mixotricha paradoxa*, qui digère la cellulose du bois. Sans elle, le termite ne pourrait tout simplement pas digérer ses repas. *Mixotricha*, eucaryote unicellulaire, est elle-même le résultat d'une symbiose ; sa surface comporte des creux, dans lesquels sont logées des bactéries qui participent à son métabolisme. D'autres bactéries, de forme allongée (des spirochètes), sont accrochées sur les protubérances de la membrane cellulaire, et bougent de façon coordonnée pour propulser *Mixotricha* dans le milieu intestinal du termite.

Mais ce n'est pas tout : les *Mixotricha* ne possèdent pas de mitochondries ; ces organites, qui se trouvent dans le cytoplasme de la plupart des cellules eucaryotes, sont les organes de la respiration cellulaire et les transformateurs d'énergie chimique ; elles ont, en leur intérieur, des bactéries qui, pense-t-on, jouent ce rôle. En fait, les termites ne se nourrissent pas de bois : ce sont les bactéries qu'ils abritent qui le font, et les termites se nourrissent des sous-produits de leur digestion. Sans l'existence de ces multiples organismes symbiotiques, qui représentent environ la moitié du poids d'un termite, ces insectes n'existeraient même pas. A charge



L'intérêt réciproque. L'aveugle et le paralytique de la parabole, sculptés ici par Turcan (musée du Luxembourg), feraient une excellente illustration de la symbiose : le premier "marche" grâce au second, lequel "voit" par les yeux de son fardeau. En fait, pour les biologistes, leur relation est "mutualiste", le terme symbiose impliquant une intégration physique entre les organismes concernés.

de revanche, le termite croque et avale du bois, qui assure la survie des millions de bactéries en son intérieur. Comme les termites, les bovins ont dans leur rumen des bactéries qui digèrent la cellulose ; et l'intestin humain est peuplé de milliards de bactéries qui participent à sa digestion.

Le Pr Margulis soutient que tous les organismes eucaryotes, uni- ou multi-cellulaires, sont des sym-

biotes plus ou moins évidents.

Sa théorie de l'"endosymbiose en série" est étayée par les données fossiles ainsi que par de nombreuses observations d'organismes vivants.

Les premières formes de vie identifiées à ce jour sont des traces microscopiques, datant de 3,4 milliards d'années (donc apparues un milliard d'années après la formation de la Terre) de cellules procaryotes ressemblant aux cyanobactéries (algues bleues) actuelles. Ces cellules simplettes sont restées les seules formes de vie sur Terre pendant environ 2 milliards d'années ; aucune trace fossile de cellule plus complexe jusqu'à il y a 1,5 milliard d'années. C'est alors qu'apparut le premier eucaryote, retrouvé sous forme d'empreinte fossile d'un organisme sphérique, beaucoup plus grand que ses prédécesseurs, et doté d'une membrane cellulaire plus résistante. De tels fossiles, appelés "acritarches", ont été identifiées dans des roches de nombreux sites, en Europe et en Amérique.

Pour les biologistes, le passage du procaryote à l'eucaryote est le bond en avant le plus extraordinaire de l'évolution. Le procaryote contient un message génétique simple, un petit brin d'ADN, pauvre en information, "flottant" dans le fluide visqueux à

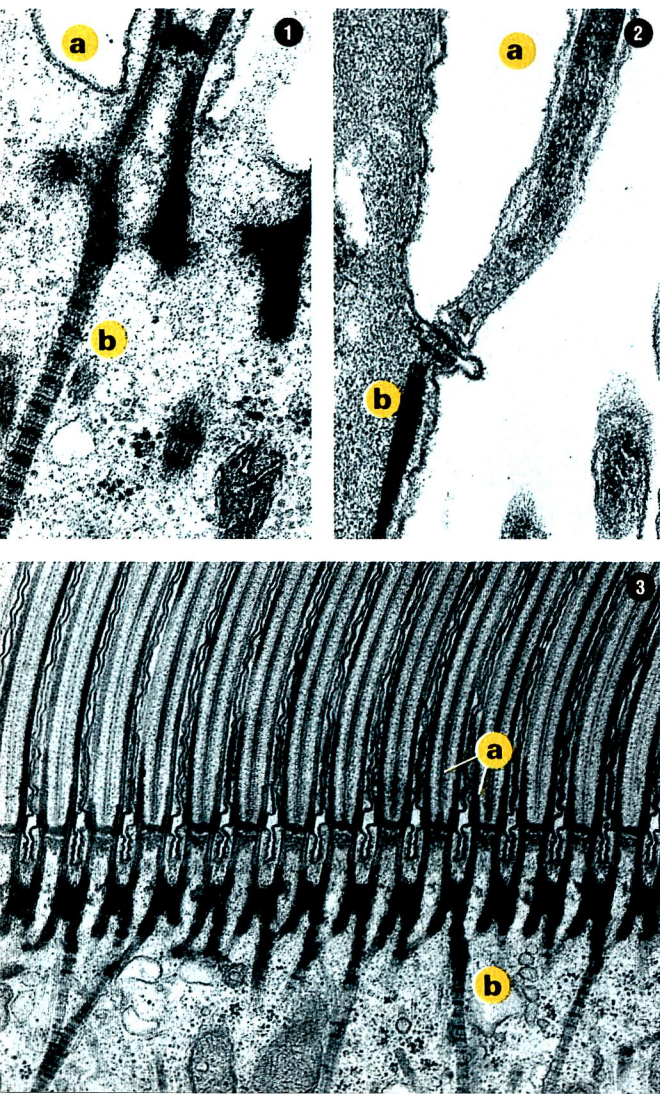
l'intérieur de la cellule, son cytoplasme.

Les cellules eucaryotes, qui constituent aussi bien l'amibe, les plantes ou les animaux, y compris les hommes, contiennent un message génétique un millier et plus de fois plus complexe, un long brin d'ADN enroulé sur lui-même et pouvant former un chromosome, protégé par une membrane délimitant un noyau cellulaire. Chez les eucaryotes, des

organites cellulaires complexes assurent le métabolisme, la fabrication de protéines, la motilité, la relation entre les cellules de l'organisme.

Certains eucaryotes se reproduisent, tout comme les procaryotes, par mitose, simple division cellulaire donnant lieu à deux cellules filles identiques. Mais d'autres eucaryotes se reproduisent sexuellement après méiose et formation de cellules sexuelles assurant un brassage génétique à chaque génération. Pas surprenant, donc, que l'apparition des eucaryotes ait été suivie par un foisonnement extraordinaire d'êtres vivants : en un milliard et demi d'années, on passe de la bactérie, seule forme de vie

Insecte et clam, mêmes symbioses. Examinés de près grâce à la micrographie, les cils vibratiles d'un clam (1 — on en voit toute une rangée sur la photo à plus grande échelle 3) et l'attachement d'un spirochète sur une bactérie de l'intestin d'un termitier (2) montrent une grande similitude. Dans les deux cas, il s'agit d'une symbiose entre une bactérie longiforme (a) et une grosse cellule (b).



sur Terre pendant les 2 milliards d'années qui ont précédé, à l'homme, avec son cerveau, ses états d'âme. Tout cela grâce à la symbiose...

Le Pr Margulis est catégorique : tous les organismes actuels, sauf les bactéries, sont des symbiotes, plus ou moins évidents. « Les animaux et les plantes ne sont capables d'aucune activité biochimique qui n'existe déjà chez des bactéries. Ce qui rend chaque organisme unique, c'est sa façon de combiner ces symbiotes. » Les symbiotes peuvent être totalement intégrés à la cellule même de l'organisme — c'est le cas des mitochondries, organites respiratoires des cellules, lui fournissant de l'énergie sous forme chimique. Les mitochondries sont d'anciennes bactéries intégrées dans le corps cellulaire et possédant leur propre patrimoine génétique sous forme d'un brin d'ADN indépendant de l'ADN du noyau cellulaire. Chez les hommes et d'autres animaux, l'hérédité des mitochondries est transmise par la mère, parce que l'ovule contient de nombreuses mitochondries, alors que le spermatozoïde n'en a pratiquement pas. Un enfant, garçon ou fille, aura les mitochondries de sa mère.

Lynn Margulis et d'autres partisans de la « théorie de l'endosymbiose en série » (*serial endosymbiosis theory*, ou SET) pensent que les ancêtres des mitochondries étaient des prédateurs procaryotes, des bactéries aérobies, apparues lorsque la surface du globe commença à se recouvrir d'oxygène, qui ont envahi d'autres organismes cellulaires simples, anaérobies, voués à la disparition par l'augmentation du taux d'oxygène dans l'atmosphère et dans les mers. Les envahisseurs ont assuré la survie des envahis, et vice versa. Chez les végétaux, l'équivalent des mitochondries sont les chloroplastes, organites de la photosynthèse qui ont également leur propre jeu de gènes. Les chloroplastes se trouvent surtout dans les plantes et chez certaines bactéries photosynthétiques, mais ils peuvent à l'occasion être intégrés par des animaux. Il y a plusieurs années déjà, Robert Trench, de l'université de Santa Barbara, en Californie, avait observé que la *Tridachia crispata*, sorte de limace de mer, perceait de petits orifices dans des algues photosynthétiques et en extrayait les chloroplastes. « Ensuite, disait Trench, la *Tridachia* introduisait les chloroplastes dans ses propres cellules, et continuait de ramper en prétendant être une plante. » (C'est-à-dire qu'elle bénéficiait de la capacité d'utiliser pour son métabolisme l'énergie lumineuse du Soleil.)

Dans certains cas, de telles symbioses deviennent transmissibles, et permettent une grande variabilité de l'organisme qui en résulte. Ainsi, chez les termites, on observe un grand polymorphisme — les insectes prennent des formes différentes selon leur rôle social : il y a de grands ouvriers, de petits ouvriers, des grands et des petits soldats, des soldats aveugles qui défendent la termitière, des

sexués fonctionnels et des sexués de remplacement, la reine, incapable de bouger en raison de son abdomen hypertrophié par le développement de ses ovaires (1). Toutes ces formes sont le résultat d'une association des mêmes symbiotes.

Plusieurs chercheurs ont observé le formidable potentiel de diffusion génétique conféré par la symbiose. Ainsi, Lynda Goff, de l'université de Santa Cruz, en Californie, remarquait que c'est un mécanisme qui permet le transfert "horizontal" de gènes, entre des espèces différentes. La façon "classique" de transmettre des gènes est dite verticale — c'est la transmission des gènes de deux organismes parentaux (qui sont forcément de la même espèce, puisque la définition d'une espèce implique l'interfécondité des organismes qui la composent) à leur progéniture. Le potentiel de variabilité offert par cette transmission verticale est certes important, puisque dans la reproduction sexuée les parents "battent les cartes", c'est-à-dire associent leurs gènes pour en transmettre un mixage à leur progéniture, et que s'ajoutent quelques erreurs de transmission (mutations) qui, de temps en temps, enrichissent ce capital génétique. Mais la transmission horizontale permet une variabilité encore plus grande, puisqu'elle franchit la barrière qui isole deux espèces l'une de l'autre et permet d'associer, dans un organisme unique, des gènes d'espèces différentes. On bat les cartes, mais aussi on triche, en ajoutant des cartes provenant d'autres jeux, on enrichit le bridge avec des cartes de tarot, ce qui donne de nouvelles possibilités de jeu.

Depuis plusieurs années, le Pr Goff étudie les algues rouges, organismes unicellulaires dont de nombreuses espèces sont composées d'organismes différents. Certaines de ces algues sont des parasites très spécialisés, qui n'envahissent qu'une seule espèce cible, ou même une seule race au sein d'une espèce. L'étude au microscope lui a permis de constater que les algues parasites forment des connexions avec la cellule hôte, projetant des filaments par lesquels des gènes, voire des noyaux cellulaires entiers, sont transférés d'une cellule à une autre, modifiant le métabolisme du "receveur".

Un autre chercheur, Kwang Jeon, de l'université de Knoxville, au Tennessee, a assisté dans son propre laboratoire à l'émergence d'un nouvel orga-

ÉVOLUTION : APRÈS DARWIN, LYNN

Lynn Margulis, professeur de botanique et directeur d'un laboratoire de recherche à l'université Amherst du Massachusetts, est une figure célèbre de la biologie aux Etats-Unis. Dès les années 1970, alors qu'elle enseignait à l'université de Boston, elle soutint l'idée que les cellules eucaryotes, celles qui possèdent un noyau, ne sont pas apparues à la suite de mutations, mais par associations (symbiose) de cellules primitives, des procaryotes (dépourvues de noyau).

Dans son récent ouvrage, *Histoire de la biologie*, le grand généticien Ernst Mayr cite le Pr Margulis, rappelant que « de solides théories expliquent à présent le surgissement des eucaryotes ». Cette théorie est moins répandue en France, malgré le fait



qu'elle découle logiquement des travaux de Jacob et Wollmann sur la conjugaison bactérienne (échange de gènes entre des bactéries différentes).

Lynn Margulis est l'auteur de 7 ouvrages — non publiés en France —, dont un écrit avec son fils Dorian Sagan, dont le père est l'astronome et écrivain Carl Sagan.

nisme symbiotique. Il poursuivait, depuis plusieurs années, des études de deux souches d'une amibe, *Amoeba proteus*, dont l'une fut accidentellement décimée par des bactéries. Parmi les survivantes, certaines avaient "adopté" les bactéries en leur intérieur, sans les digérer. Ces amibes ne pouvaient plus survivre sans les bactéries, et les bactéries sans leur hôte. Le Pr Jeon a constaté que le nombre de bactéries par amibe était limité à une quarantaine de milliers ; les bactéries en surnombre sont digérées. Il tente de comprendre, en analysant les gènes des organismes précurseurs et ceux du nouveau symbiote, exactement ce qui s'est produit pour que s'effectue ce bond d'une espèce à une espèce nouvelle.

Les mitochondries, souligne le Pr Margulis, sont loin d'être les seuls organismes cellulaires d'origine symbiotique. Les microtubules en sont aussi. Les microtubules, identifiés dans toutes les cellules eucaryotes, constituent une sorte de squelette cellulaire, intervenant dans la motilité de la cellule, sa différenciation, le transport de substances en son intérieur, et le mouvement des chromosomes au cours de la division cellulaire. Ces tubes microscopiques, d'un diamètre d'environ 25 nm (1 nanomètre = 1 milliardième de mètre), sont constitués de protéines assemblées en cylindres suivant une architecture rigoureuse, laissant en leur intérieur une cavité axiale de 15 nm environ. Les gènes des microtubules, répandus dans de nombreuses espèces vivantes, ont peut-être été transmis par endosymbiose, à partir d'un organisme — tubulaire, bien sûr.

**Une espèce
nouvelle née
au laboratoire**

(1) Voir *Science & Vie* n° 871, p. 64 : "La mort silencieuse des charpentes".

Actuellement, Lynn Margulis tente de prouver que les cils vibratiles qui recouvrent la surface de nombreuses cellules sont tous d'origine symbiotique. Les cellules peuvent avoir deux sortes de protubérances à leur surface, dit-elle : les flagelles, qui sont longues et peu nombreuses (comme la flagelle du spermatozoïde) et les cils, qui sont courts et abondants. Les flagelles sont comparables au gouvernail d'un bateau ou à la queue d'un poisson, et les cils aux rames assurant la propulsion cellulaire. On désigne parfois les cils sous le terme *undulipodia* (les pieds qui ondulent), néologisme dû à des biologistes russes au début du siècle. Ce sont les cils qui propulsent les *Mixotrichia* dans les intestins des termites, et certaines bactéries en ont, chacune, plus de 10 000, qui battent au même rythme, comme les rameurs d'une gigantesque galère.

Les *undulipodia* ont une structure particulière qui se retrouve partout : en coupe microscopique, on voit neuf paires de microtubules arrangées en cercle, avec deux microtubules supplémentaires dans le centre — la structure connue plus simplement sous le terme "9 + 2".

Selon L. Margulis, les ancêtres des *undulipodia* sont des spirochètes, terme englobant une série de bactéries en forme de tire-bouchon, qui s'infiltrent facilement dans les espaces intracellulaires, et ont tendance à s'attacher à d'autres cellules (les bactéries pathogènes de la syphilis sont des spirochètes).

L'endosymbiose inventée en Russie

Mais les preuves biochimiques de cette origine symbiotique sont plus difficiles à obtenir que dans le cas des mitochondries. Il faut, dit-elle, identifier les gènes de spirochètes qui synthétisent des protéines du type tubuline, et montrer que ces gènes se retrouvent dans les *undulipodia*. Cela n'a pas encore été fait. Mais récemment, deux chercheurs de l'université Rockefeller (New York) ont découvert, à la base de chaque cil vibratile d'une algue unicellulaire, une grande quantité d'ADN (plus grande que la totalité du génome de la bactérie coliforme *E. coli*). Selon L. Margulis, cela confirme que des cils étaient dans le lointain passé des bactéries "libres", qui, par symbiose avec ces algues, sont devenues leurs "pieds ondulatoires".

D'autres bactéries pourraient jouer des rôles similaires. Citons-en deux, aux dénominations sinistres, indicatives de leurs activités : le *Bdellovibrio* (du grec *bdello*, sangsue), petite bactérie aérobie en forme de virgule, qui, comme le vibron du choléra, s'attache à d'autres bactéries pour y injecter ses gènes ; le *Daptobacter* (*dapto* = ronger) pénètre à l'intérieur de sa victime pour s'y reproduire.

A partir de telles observations, Lynn Margulis a échafaudé sa "théorie de l'endosymbiose en série". Les procaryotes ont commencé à s'associer. Des

SANS BACTÉRIES INTESTINALES, LE TERMITE

Un des exemples les plus spectaculaires et les plus complexes de symbiose est donné par le termite (1). En effet, c'est grâce aux grands nombres de bactéries *Mixotricha paradoxa* qu'il abrite dans son intestin qu'il peut digérer le bois dont il se nourrit. Et ces bactéries sont elles-mêmes constituées de rien moins que cinq sortes de microorganismes symbiotiques : des spirochètes, grands (2) et petits (3), accrochés à sa membrane, assurent sa propulsion ; d'autres bactéries (4) permettent à ces spirochètes de s'accrocher à la surface de *Mixotricha* ; d'autres encore, les *undulipodia* (5), sont de longues bactéries qui lui servent de gouvernail ; et enfin des bactéries internes (6), encore mal connues, qui joueraient le rôle de mitochondries, organites respiratoires qui alimentent *Mixotricha* en énergie.

L'apport du termite, dans cette relation, c'est qu'il héberge les bactéries *Mixotricha paradoxa* et leur fournit le bois (7) qu'il ingurgite et qui leur sert d'aliment. Quant à l'intérêt du termite, qui ne peut pas digérer la cellulose, c'est qu'en fournissant en bois ses hôtes, ils se nourrissent eux-mêmes et par là l'alimentent des sous-produits de cette digestion sans lesquels il ne pourrait vivre.

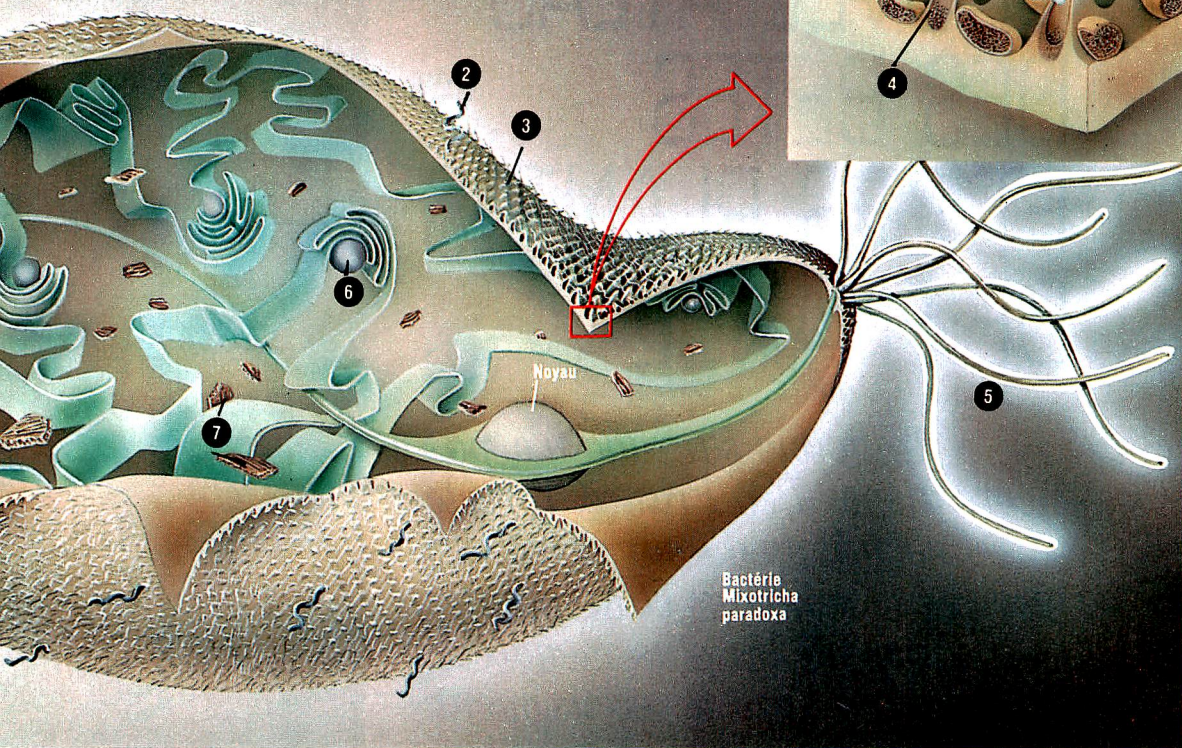


bactéries ayant pénétré dans d'autres sont devenues des mitochondries. D'autres, accrochées à la surface de leurs voisins, sont devenues des "pieds ondulatoires" — les *undulipodia*. Les cellules ont commencé à se déplacer, à se rencontrer, à former des symbioses de plus en plus nombreuses.

Curieusement, la théorie de l'endosymbiose en série, aujourd'hui cheval de bataille de nombreux biologistes, surtout américains, est en réalité d'origine russe. Avant même la révolution soviétique, vers 1900, le biologiste russe Andrei S. Faminsin (1835-1918) avait proposé que des cellules procaryotes étaient le résultat de la "symbiogenèse" de cellules plus simples. Cette théorie fut amplifiée par deux autres biologistes russes, Boris Mikhailovitch Kozopoliansky (1890-1957) et surtout Constantin Sergueievitch Meretchkovsky (1855-1921), qui publia un livre sur la symbiogenèse — ouvrage qui ne fut jamais traduit du russe. Kozopoliansky, lui, avait déjà avancé la théorie de l'origine symbiotique des cils vibratiles à la surface de certaines cellules.

De telles idées ne correspondaient pas du tout au courant scientifique du moment et furent oubliées, d'autant plus que la biologie, en Union soviétique, fut victime du lyssenkisme, qui soutenait les thèses lamarckiennes de l'hérédité des caractères acquis.

NE PEUT SE NOURRIR



La biologie russe fut décapitée par la persécution lyssenkiste. Paradoxalement, la théorie de l'endosymbiose soutient la possibilité de la transmission de certains caractères acquis par un organisme, pour autant que ces caractères soient acquis avec les gènes qui en sont responsables. Lyssenko, eût-il été moins ignorant, aurait sans doute exploité le potentiel lamarckien de cette théorie pour soutenir ses propres idées simplistes de la transmission des caractères acquis.

Plus tard, en 1927, un biologiste américain de l'université du Colorado, Ivan Wallin (d'origine russe), publia un livre suggérant que la symbiose pouvait mener à l'émergence d'espèces nouvelles, mais il fut, lui aussi, quasiment ignoré.

Ce n'est que dans les années 1980, grâce aux nouvelles techniques d'exploration biochimique et microscopique, que naquit l'"endocytobiologie" — la biologie de ce qui se produit à l'intérieur de la cellule —, terme proposé par deux chercheurs allemands, H. E. Schenk et Werner Schwemmler. La

nouvelle discipline est orientée non seulement sur l'étude de la cellule (biologie cellulaire), mais également sur les processus évolutifs et symbiotiques qui ont donné naissance à divers organites à l'intérieur des cellules.

On se rendit compte alors qu'existaient des systèmes génétiques différents de ceux du noyau cellulaire — notamment celui des mitochondries et des chloroplastes — et que les gènes des mitochondries étaient transmis non pas des deux parents à leur progéniture, mais de la mère seulement.

L'ingénierie génétique, en permettant d'établir la séquence de nombreux gènes, d'identifier des gènes par hybridation et de comparer les gènes d'organismes différents, a conduit progressivement à imposer l'idée de l'origine symbiotique des cellules eu-

caryotes, et à la possibilité de transfert de gènes d'une cellule à une autre.

La théorie de l'endosymbiose, considérée il y a quelques années à peine comme un divertissement peu sérieux, trouve aujourd'hui des adeptes de plus en plus nombreux. Lynn

(suite du texte page 152)



NOUVEL ATLAS DES BÊTES ET DES PLANTES DE FRANCE

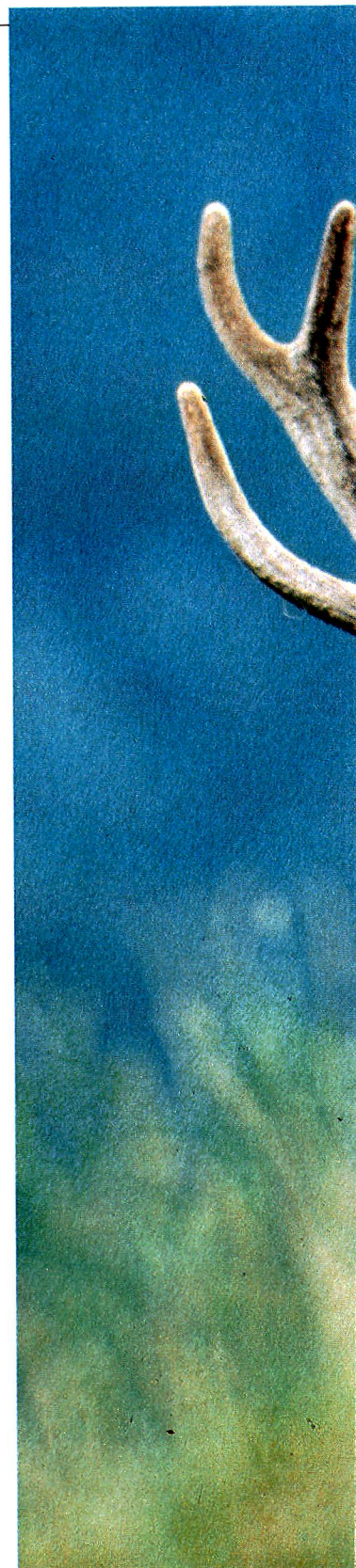
Toute vie sauvage n'a pas encore disparu en France. Il reste 13 000 îlots où survivent des espèces d'animaux et de plantes parmi les plus menacées. Le Museum en fait le recensement.

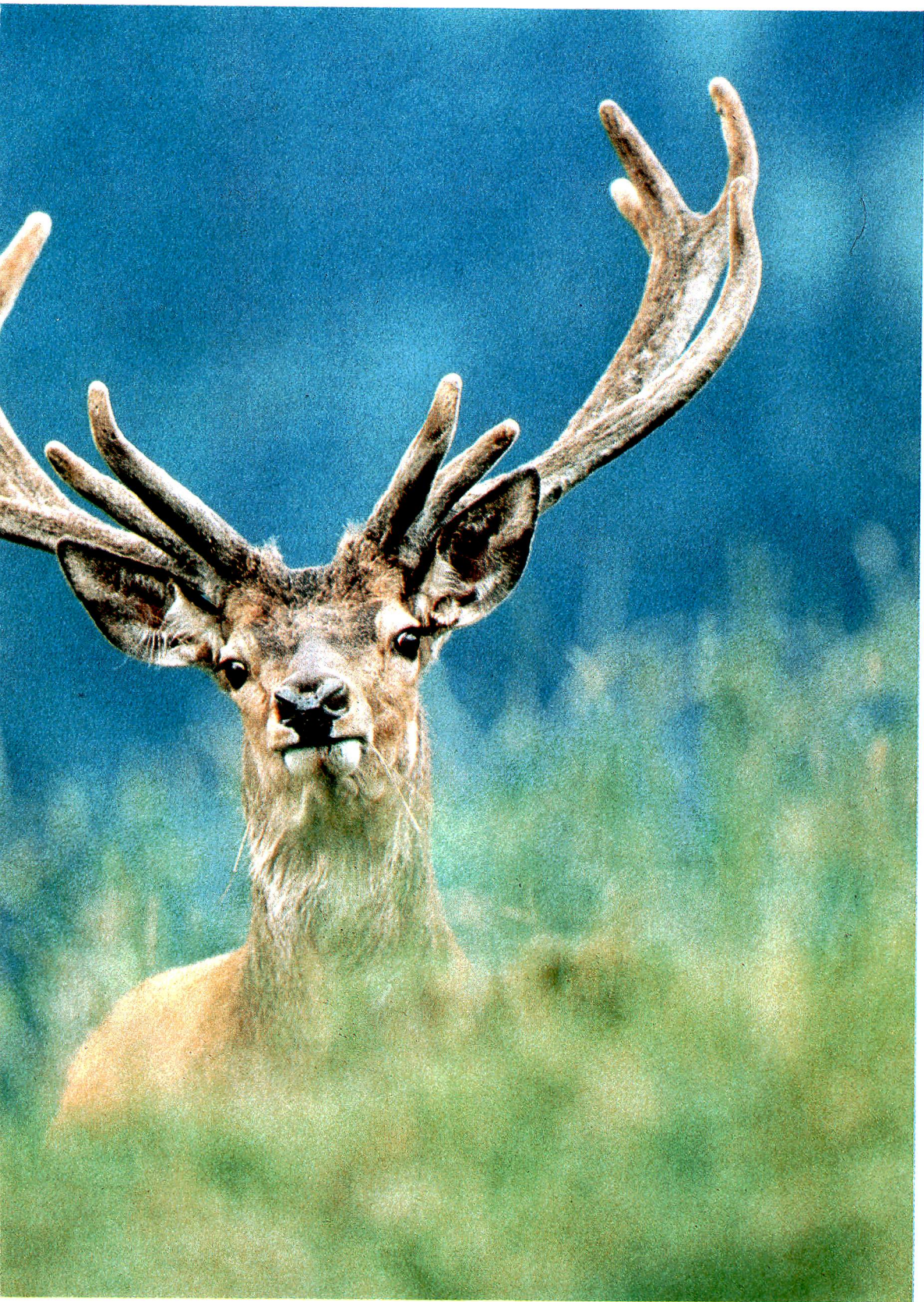
Sous les combles d'un pavillon désuet du Jardin des plantes, où rôdent les ombres de Buffon et de Jussieu, l'imprimante d'un ordinateur débite la carte de France des scarabées. Cette carte, l'une parmi des milliers d'autres, ira bientôt enrichir l'atlas général de la faune et de la flore de France. Un travail de longue haleine, dont un premier bilan a été récemment présenté à Paris, au Museum national d'histoire naturelle.

Commencé en 1979, par le secrétariat de la faune et de la flore du Museum, à l'initiative du ministère de l'Environnement, cet atlas sera l'inventaire de toutes les espèces animales et végétales de la France et des départements d'outre-mer. Tous ces territoires sont actuellement passés au peigne fin dans leurs moindres recoins : zones marines et côtières (baie, détroit, estuaire, delta, marais salant), zones humides intérieures (cours d'eau, lac, étang, marais, tourbière, prairie humide), tous les types de relief (plaine, colline, montagne,



Croiser un cerf élaphe en forêt devient presque banal, alors que tomber sur une *Orchis laxiflora*, orchidée en voie de disparition, relève désormais de la prouesse.

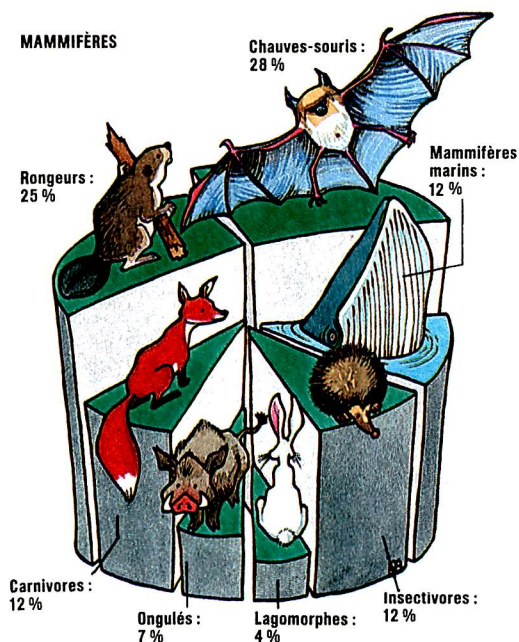




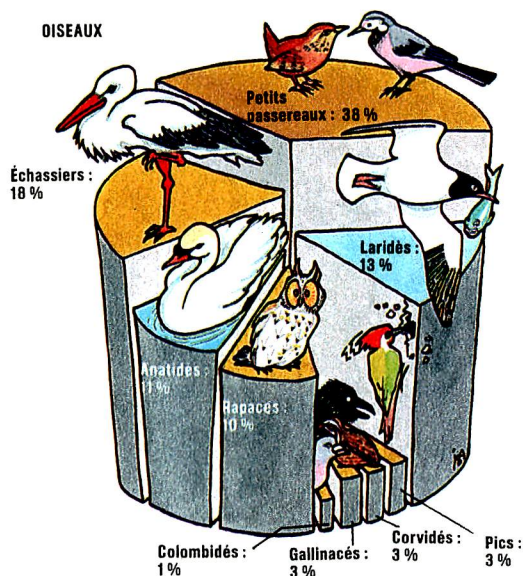
grotte, vallée, plateau) et de végétation (forêt, bois, culture, bocage, lande, maquis, garrigue, friche, prairie, terre cultivée, pelouse).

On est parvenu ainsi à localiser 600 espèces de vertébrés (poissons, batraciens, reptiles, oiseaux, mammifères) et à identifier 60 000 espèces environ d'invertébrés (gastéropodes, lamellibranches, céphalopodes, crustacés, insectes, etc.). A noter que ce dernier chiffre, n'est encore qu'une estimation, car les insectes, les plus nombreux des invertébrés, ne sont pas encore tous répertoriés.

MAMMIFÈRES



OISEAUX



Chez les plantes, on a relevé 5 000 espèces de végétaux vasculaires ou "supérieurs" (plantes à fleurs, fougères, etc.), 10 000 à 15 000 espèces de végétaux non vasculaires ou "inférieurs" (mousses, lichens, champignons, algues, etc.) et une quantité innombrable de microorganismes (bactéries, algues bleues, etc.). Actuellement, seules 600 espèces sur les 5 000 que comptent les végétaux "supérieurs" ont leur fiche signalétique à jour. C'est dire qu'il reste encore beaucoup à faire.

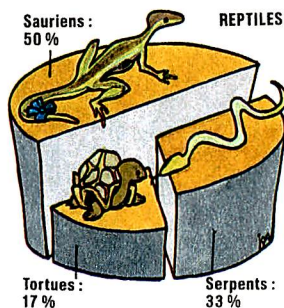
Pour réaliser l'inventaire de la faune et de la flore, on fait appel à des données récentes ou anciennes, remises à jour et obtenues à partir d'enquêtes de terrain. Celles-ci sont effectuées par un réseau de 4 000 bénévoles ou professionnels (biologistes, botanistes, chasseurs, écologistes) qui inventorient chaque spécimen et décrivent avec minutie les plus intéressants, sur des formulaires standard, dans le cadre d'une méthodologie rigoureuse, élaborée par les scientifiques les plus compétents.

Ce travail de Titan a permis, entre autres, de localiser 13 344 zones d'intérêt faunistique ou floristique particulier, du fait de la présence d'espèces ou d'associations d'espèces menacées, remarquables ou protégées. Ces 13 344 zones très intéressantes, mises côte à côte, totalisent 123 000 km², le cinquième à peu près du territoire français. A ces zones on a donné le sigle barbare de ZNIEFF (pour zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique), lesquelles ont été subdivisées selon deux centres d'intérêt:

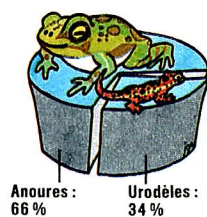
11 179 zones de type 1, où sont représentées les espèces rares ou menacées (comme les orchidées, la grenouille des champs, la loutre, la pie-grièche à poitrine rose, etc.) et qui de ce fait correspondent aux milieux les plus intéressants biologiquement.

2 165 zones de type 2 définies comme de grands ensembles naturels, de plusieurs milliers d'hectares, riches en espèces et peu modifiés par l'homme. On peut supposer que ces zones recèlent beaucoup d'espèces remarquables et peu connues.

L'enquête a souvent donné lieu à d'agréables surprises. Elle a montré, par exemple, que le nombre total d'espèces de vertébrés a augmenté depuis le début du siècle, le nombre d'espèces disparues



AMPHIBIENS



LA LOTERIE DE LA SURVIE

Les oiseaux nicheurs sont les plus nombreux des vertébrés rencontrés en France. On en dénombre 270 espèces, soit 45 % du total des vertébrés. Ensuite, viennent les mammifères (114 espèces), les oiseaux migrateurs (78), les poissons (72), les reptiles (36), les amphibiens (30).

Les chercheurs du Muséum national d'histoire naturelle ont aussi constaté que, parmi les mammifères, ce sont les chauves-souris qui sont les plus nombreuses (28 %), alors que chez les oiseaux ce sont les petits passereaux (38 %), chez les reptiles, ce sont les sauriens (50 %) et chez les amphibiens, ce sont les anoures, c'est-à-dire crapauds et grenouilles, qui sont majoritaires (66 %), malgré la tendance récente de ces derniers à disparaître massivement de la surface de la terre, comme nous l'avons dit dans notre numéro de juillet. Les pourcentages des divers groupes de poissons sont actuellement en cours d'établissement. Aussi n'apparaissent-ils pas ici.

ayant été tempéré par un plus grand nombre d'espèces nouvelles. C'est ainsi qu'on s'est appauvri en deux espèces d'oiseaux (érimature à tête blanche, agrobate roux) et trois espèces de mammifères (loup, phoque moine, rorqual bleu). Pour mémoire, rappelons que le loup ne s'est éteint qu'entre 1930 et 1939. Les derniers spécimens furent localisés dans le Berri et le Limousin, régions alors peu peuplées et offrant des milieux favorables à la reproduction, comme les landes, ou "brandes", peu accessibles à l'homme.

En revanche, quatre espèces d'oiseaux sont apparues spontanément, par extension de leur aire de distribution (tourterelle turque, héron garde-bœuf, hirondele rousseline et faucon crécerellette). Et dix espèces nouvelles ont fait souche, après avoir été introduites par l'homme. Il s'agit de quatre oiseaux (oie cendrée, bernache du Canada, colin de Virginie, faisan vénéré), cinq mammifères (vison d'Amérique, ragondin, rat musqué, lapin de Floride, cerf sika), un reptile (tortue grecque).

Les hommes ont enfin commencé à comprendre que chaque espèce disparue est une perte irréparable pour le patrimoine génétique mondial. Malgré toutes les tentatives, ce n'est pas demain que l'on arrivera à ressusciter les mammouths du quaternaire, enfouis dans les glaces de Sibérie. Même si on réussissait la fécondation *in vitro* à partir de sperme et d'ovules préalablement décongelés, l'étape



suivante, la gestation serait un échec, car on ne disposerait pas de matrice convenable : les femelles de l'éléphant, pourtant proches du mammouth, mais appartenant à une autre espèce, ne pourraient pas servir de mères porteuses, du fait qu'elles n'ont ni la même biologie, ni la même physiologie.

Bref, s'il y a lieu d'être optimiste pour ce qui concerne la diversité biologique des espèces, cet optimisme doit être tempéré par la fragilité de la situation actuelle. Car certaines espèces survivantes n'ont plus qu'un effectif très faible. Or ce n'est pas avec quelques individus qu'on peut assurer durablement la survie de l'espèce et qu'on peut disposer d'un patrimoine génétique riche et varié. En effet, plus les spécimens d'une même espèce sont variés, plus le répertoire de gènes est grand. Par exemple, on connaît, à l'intérieur d'une même espèce, des races animales ou des variétés végétales qui possèdent des gènes de résistance à telle ou telle maladie que les autres races et variétés n'ont pas. Ces variétés résistantes sont donc précieuses, ne serait-ce que pour les agronomes. Ils savent qu'en



Combien de temps reste-t-il à l'ours brun ?

On n'en compte plus que quelques exemplaires, dans les recoins inaccessibles des Pyrénées. L'espèce, bien que protégée, finira-t-elle par subir le même sort que le loup, qui a disparu totalement de nos contrées à la veille de la dernière guerre mondiale ? Certes, ces deux animaux ne sont pas les amis des bergers, dont ils s'attaquent aux troupeaux de moutons, mais on pourrait en dire autant du lynx. Pourtant, depuis 1983, date de la réintroduction de cet animal en France, les incidents ont été peu nombreux.

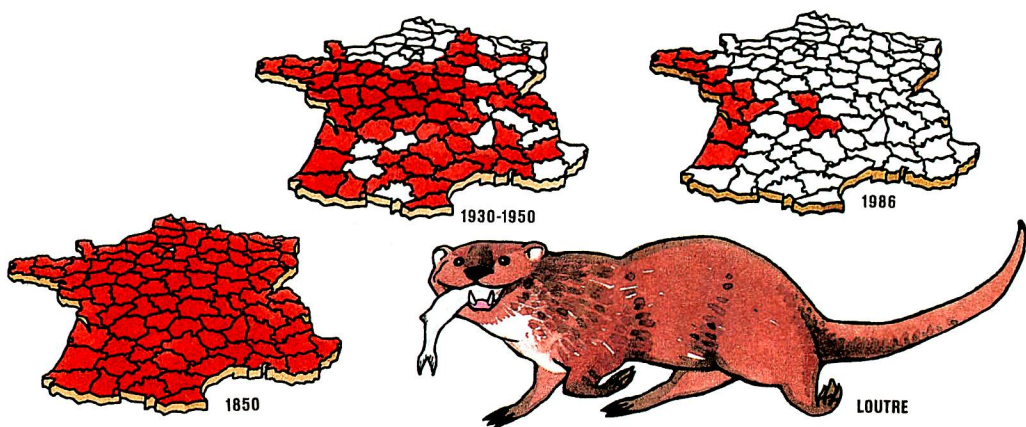




les croisant avec d'autres variétés, sensibles aux maladies, ils peuvent obtenir par sélection des hybrides qui hériteront de ces gènes de résistance.

L'inventaire des vertébrés a également permis de mettre en évidence, au sein de chaque classe animale, l'importance relative des espèces menacées ou sensibles. C'est ainsi que 55 % des mammifères sont actuellement en danger. Ce sont l'ours, le bouquetin (disparu des Pyrénées et réintroduit dans les Alpes), la loutre, le vison d'Europe, les chauves-

souris, etc. La menace guette aussi 40 % des oiseaux (pie-grièche à poitrine rose, aigle de Bonelli, balbuzard pêcheur, etc.), 40 % des amphibiens (grenouille des champs, crapaud vert), 35 % des reptiles (vipère d'Ursini, des Alpes maritimes, vipère de Seoane, des Pyrénées-Atlantiques), 30 % des poissons (esturgeon). Au total, 40 % de l'ensemble des espèces de vertébrés sont menacées. En revanche, 10 % des vertébrés sont en expansion. C'est le cas du pic noir, du flamant rose, du macareux



moine. Mais surtout du cerf élaphe, du chevreuil, du ragondin, du rat musqué.

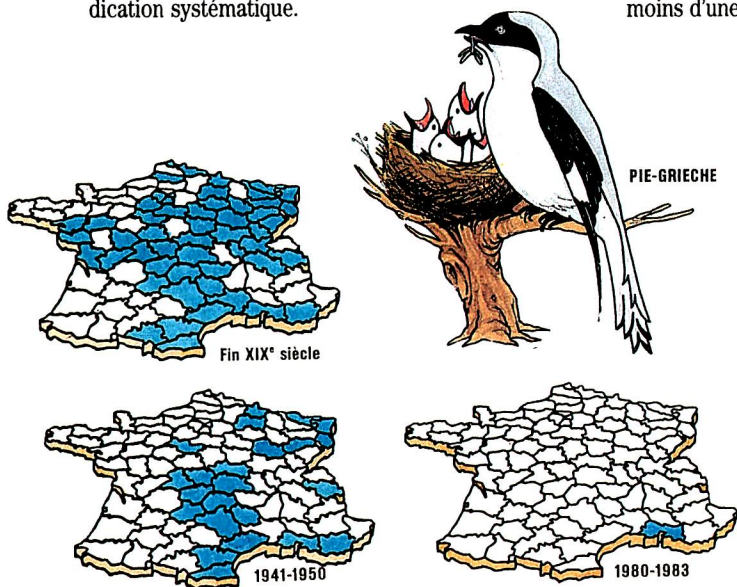
Présent partout en France au début des temps historiques, le cerf élaphe a subi par la suite et surtout au XIX^e siècle, du fait des défrichements et de la chasse, une forte régression. Au XX^e siècle, il a cependant largement été réintroduit dans la plupart de ses habitats d'origine : les forêts vastes de plaine ou de montagne. Quant au chevreuil, son développement a été largement favorisé par la création des plans de chasse, il y a une dizaine d'années.

Le ragondin et le rat musqué, tous deux originaires d'Amérique, furent introduits en Europe au début du siècle pour le commerce de la fourrure. On pense que c'est à la suite d'échappées accidentelles à partir d'élevages ou encore de lâchers volontaires pour le faucardage des étangs, que ces deux espèces ont progressivement colonisé tous les milieux aquatiques, où elles se sont multipliées rapidement du fait de l'absence de prédateurs et de la présence d'une nourriture abondante et variée, à base de plantes aquatiques. Ces deux rongeurs sont hélas nuisibles pour les cultures et pour les aménagements nautiques (digues, barrages), aussi font-elles l'objet de campagnes d'éradication systématique.

On a eu aussi l'heureuse satisfaction de constater que la loutre, que l'on croyait presque disparue, était encore présente dans les marais charentais. Il faut rappeler, en effet, que dans les années cinquante, cet animal qui était présent sur l'ensemble du territoire national a subi, au cours des trois décennies suivantes, une chute vertigineuse de ses effectifs, du fait surtout de la pollution des eaux et du bouleversement de ses habitats, au point de ne subsister que dans quelques zones privilégiées : les marais de la région Poitou-Charentes, l'Auvergne et la Bretagne.

Afin de protéger la loutre, la Société française pour l'étude et la protection des mammifères (SFEPM) lançait en janvier 1989, dans le parc naturel régional du Marais poitevin, sous la tutelle du ministère de l'Environnement, une opération qui a consisté à réunir le maximum d'informations sur le comportement social, le régime alimentaire et l'habitat de ce carnivore sauvage. L'opération a consisté à capturer trois loutres, à les équiper d'émetteurs et à les suivre en permanence pendant trois mois. Ce ne fut pas facile, car la loutre, animal extrêmement méfiant, ne se laisse pas facilement approcher. Pour attraper les animaux il n'a pas fallu moins d'une année entière. On a ainsi appris que le

menu quotidien de la loutre est constitué de petits poissons (épinchette, petite anguille) et de grenouilles ; que son gîte diurne est choisi de préférence dans les massifs boisés humides et les ronciers des berges ; que les distances qu'elle parcourt la nuit sont comprises entre 5 et 10 km ; que son territoire couvre environ 2 500 ha. Selon les déclarations de René Rosoux, chef de l'opération, « il apparaît que la loutre a besoin, pour vivre, à la fois de régions boisées inondables et de marais mouillés : les premières pour les refuges et les eaux claires, les seconds pour la nourriture que recèlent les petits fossés. »



CEUX QUI DISPARAISSENT ...

Parmi les 600 espèces de vertébrés qu'on rencontre sur le territoire français, 40 % sont menacées de disparition. Le recalibrage des rivières et la pollution des eaux sont les principales causes de la baisse des effectifs des loutres. La pie-grièche à poitrine rose est en diminution constante du fait de la destruction de son habitat naturel: les arbres qui bordent les routes. Quant à l'ours, bien que protégé, il continue à être braconné ou empoisonné — accusé de causer des dégâts dans les bergeries — et ne survit plus que dans les Pyrénées. Pour mémoire, rappelons qu'avant lui et pour les mêmes raisons, une destruction systématique avec prime à l'appui a fait que le loup a complètement disparu de France.

Quelques mots enfin sur le lynx, autrefois présent en France, et officiellement réintroduit en 1983. Cet animal, connu pour être un prédateur du cerf et du chevreuil, d'où son autre nom de loup-cervier, a en fait une alimentation variée. Outre les jeunes cervidés, il se nourrit de rongeurs (lièvres, mulots, rats, campagnols), de petits carnivores (fouines, martres), de sangliers, de renards et d'oiseaux. En recensant les proies trouvées dans l'estomac de lynx des Carpates polonaises, on a ainsi relevé: 20 % de lièvres, 20 % de sangliers, 15 % de gallinacés, 15 % de souris et de campagnols, 15 % de chevreuils et 15 % de proies diverses.

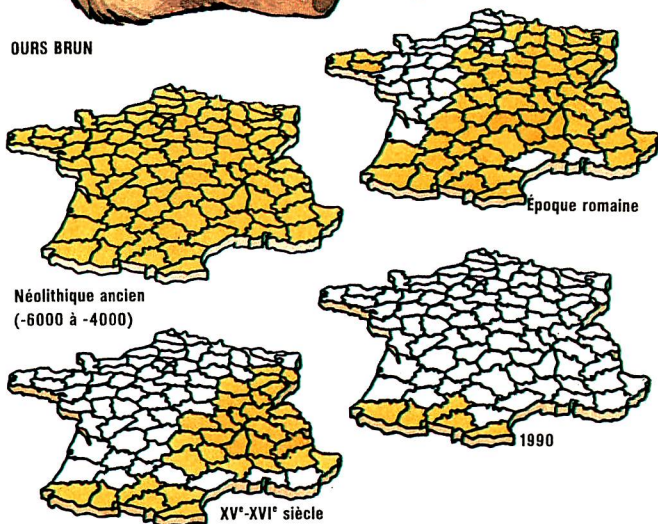
Cette question de la nourriture est très importante, car longtemps elle a constitué l'un des principaux arguments des adversaires de la réintroduction du lynx en France. Selon eux, l'animal devait détruire l'équilibre naturel des régions qu'il aurait fréquentées. En fait, les études ont montré qu'il n'en fut rien. Non seulement le lynx ne menace pas les populations de grands mammifères, mais aussi il est incapable à lui seul d'être un facteur suffisant de régulation de ces populations. En effet, comme tout prédateur, le lynx obéit à la "loi de la moindre dépense en énergie": il choisit les animaux les plus faciles à attraper, c'est-à-dire essentiellement les sujets malades, affaiblis ou tarés.

Depuis 1983, une quinzaine d'individus ont été réintroduits dans les Vosges. Huit ont survécu et se sont même reproduits, les autres ayant été tués par des chasseurs. A cette population, il faut en ajouter une autre, présente dans le Jura, qui a, elle, immigré de Suisse.

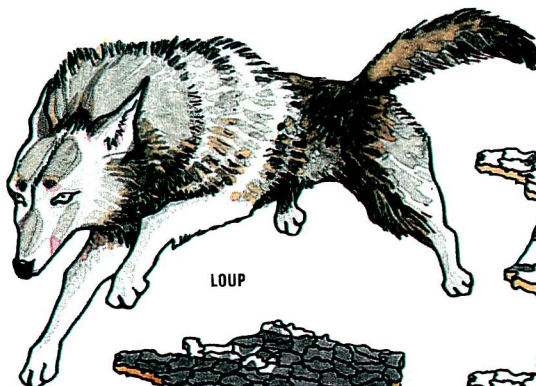
Depuis la réintroduction du lynx en France, on a eu seulement à signaler quelques attaques de moutons, à la frontière des départements de l'Ain et du Jura. Elles concernaient quatre exploitations, couvrant 14 000 ha, à elles quatre. Depuis, les choses se sont arrangées.



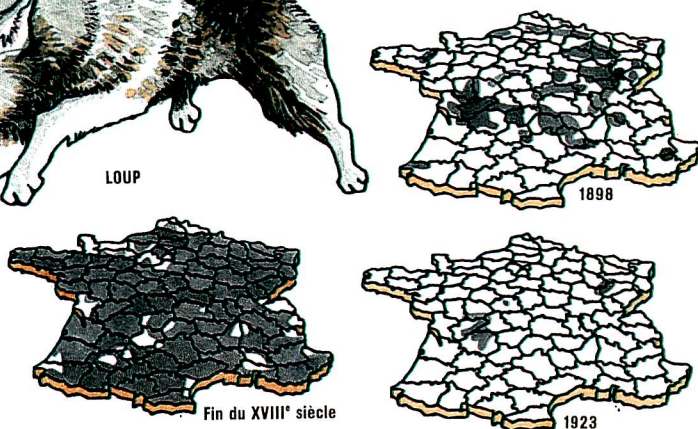
OURS BRUN



Enfin, chez les plantes, relevons que la centaine d'espèces d'orchidées du territoire français bénéficie d'une protection nationale et régionale. Malgré cela, certaines espèces comme *Ophrys vernicia*, sont en voie de disparition totale, alors que d'autres, comme *Cypripedium calceolus* et *Serapias neglecta*, sont en sévère régression. En revanche, *Orchis spitzelii*, que l'on rencontre dans les



LOUP



pinèdes du massif alpin, est en extension. Sur ces 100 espèces, 35 sont des espèces rares ou très rares, 25 sont assez rares, 25 assez communes et seulement 15 très communes. Les botanistes ont également établi que sur ces 100 espèces, les Alpes maritimes en recèlent 70, le Sud-Est 60, le Sud-Ouest, le Centre et le Nord 40, alors que la Bretagne, la Nor-

mandie, la Vienne, la Creuse, l'Allier, la Loire, moins de 30. Rappelons au passage que la litigieuse autoroute Cannes-Grasse, actuellement en cours de construction, n'est pas tendre pour les orchidées, puisque de nombreux pieds d'une vingtaine d'espèces ont été déjà victimes des rouleaux compresseurs ou sont en passe de l'être.

L'HORLOGE QUI RAÇONTE L'HISTOIRE DES ESPÈCES

Pour les biologistes, les disparitions d'espèces animales et végétales s'accroissent. On parle de cinquante mille par an, mais ce n'est qu'un ordre de grandeur. Toute proportion avec le catalogue des espèces existantes est très difficile à établir, étant donné qu'on ignore l'ampleur de ce catalogue; les estimations, en effet, se situent entre 5 et 100 millions, dont on ne connaît environ qu'un million et demi. Les spécimens inconnus se rencontrent surtout chez les invertébrés. C'est ainsi qu'à chaque nouvelle exploration dans la forêt amazonienne, on découvre des quantités d'espèces d'insectes qu'on ne soupçonnait même pas. En outre, l'estimation de ce catalogue est compliquée par le fait que des espèces nouvelles naissent constamment.

Quel est le délai de formation d'une espèce ? Pour les végétaux, par exemple, on estime qu'il faut au moins 200 générations pour qu'une espèce nouvelle soit vraiment différenciée de l'espèce originale ; or, comme on sait que certains arbres ne se reproduisent que vers l'âge de cinquante ans, on mesure la lenteur de cette différenciation.

Selon la théorie classique, on estimait que les espèces nouvelles avaient plus de chances de naître dans des populations importantes, dotées de ce fait d'une très grande richesse génétique. Cette richesse génétique était, en effet, considérée comme favorable à l'adaptation de quelques individus à un changement de milieu. Pour prendre un exemple, imaginons que les arbres de la savane, pour une raison quelconque, se mettent à avoir des troncs très hauts, et donc un feuillage très éloigné du sol. Il est clair qu'une très grande population de girafes a plus de chances qu'une petite de compter suffisamment d'individus au cou exceptionnellement long, qui, seuls, pourront encore se nourrir et permettre donc à l'espèce de survivre.

Ce principe commençait toutefois à se nuancer à la lumière de certains exemples. Des animaux introduits en très petits nombres dans des milieux

nouveaux, ont montré une capacité jusqu'alors insoupçonnée de multiplication, d'adaptation au milieu et de dérive par rapport à leurs souches originelles. C'est ainsi qu'un seul couple de chats a fondé l'entière population féline des îles Kerguelen, tout à fait adaptée à un environnement extrêmement froid.

Cependant, l'exemple le plus probant eut pour origine une petite catastrophe de laboratoire. Hampton Carson et Robert Wisotzky, de l'université d'Hawaï, étudiaient la variabilité génétique des mouches drosophiles, sujets de choix pour ce genre de travail, parce qu'elles se reproduisent très vite. Puis le conditionneur d'air de leur insectarium tomba en panne, et la plupart des mouches moururent. Carson et Wisotzky ont recueilli les survivants, trois mâles et trois femelles, et ont entrepris la reconstitution de leur cheptel; ils sont ainsi rapidement arrivés à quelque deux cents individus. Ils ont donc recommencé à étudier la variabilité génétique de ces mouches et, surprise, ils ont constaté que, non seulement elle s'était maintenue, mais encore qu'elle s'était enrichie.

C'est alors qu'on s'est rappelé l'idée émise vers 1950 par le célèbre biologiste, taxonomiste et spécialiste allemand de l'évolution, Ernst Mayr, selon qui, dans une population importante, la dynamique des variations génétiques est trop faible, car les "nouveauautés" se trouvent diluées dans un nombre d'informations génétiques beaucoup trop vaste. Dans ce genre de populations, une uniformisation permanente s'opposerait ainsi à l'émergence d'unités originales. En d'autres termes, deux individus porteurs d'une mutation ont beaucoup plus de chances de s'accoupler, et donc de fixer le nouveau caractère, dans une petite population que dans une grande (1). Quand une petite sous-population se trouve isolée, ou bien quand une catastrophe réduit brutalement les effectifs, estimait Mayr, on devrait observer une libération de l'inertie génétique et au moins l'amorce d'une spéciation.

Autre modification apportée à la

théorie classique : l'"horloge biologique" n'est pas aussi précise qu'on le croyait. Encore récemment, on pensait pouvoir dater la naissance d'une espèce en mesurant l'accumulation régulière de ses mutations à partir d'une espèce originelle. Quand on sait qu'une mutation se produit dans un temps t , on peut, en comptant les mutations qui séparent une espèce de l'espèce parente, estimer la date de la spéciation. Et inversement, quand on connaît le nombre n de mutations qui séparent une espèce donnée de son espèce d'origine, on peut de la même manière estimer cette date. On disposait donc là d'une sorte d'horloge biologique.

Il fallut, cependant, bien vite déchanter. C'est ainsi que des chercheurs suédois, étudiant deux populations de poissons vivant dans un même lac, en déduisirent, grâce à la fameuse horloge, que les deux espèces de poissons s'étaient différenciées il y avait très longtemps. C'est alors que des géologues malicieux firent observer qu'à l'époque supposée, le lac n'existait pas ! De tels exemples n'ont pas manqué, et ce genre de déconvenues suscita bien des querelles.

Celles-ci ne se calmeront qu'avec les travaux de Goodman. Etudiant les primates, il constata que l'accumulation des mutations est rapide chez les prosimians, sous-ordre intermédiaire entre les insectivores et les singes, et qu'on connaît mieux sous le nom de lémuriens. En revanche, les singes du Nouveau et de l'Ancien mondes auraient, eux, un taux de mutations deux fois moindre. Les anthropoïdes et l'homme auraient un taux de mutations encore deux fois plus lent que les singes. L'explication reste à trouver.

Autrement dit, l'évolution s'effectue à des rythmes variables selon les espèces. Bref, il y aurait plusieurs sous-horloges et non une seule et unique horloge biologique universelle.

Jacques Marsault

(1) Il reste quand même vrai que plus le réservoir des gènes est varié (à cause de l'importance numérique de la population), plus le généticien dispose, comme nous l'avons dit dans l'article, de la possibilité de créer un plus grand nombre d'espèces originales.

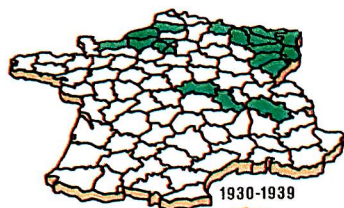
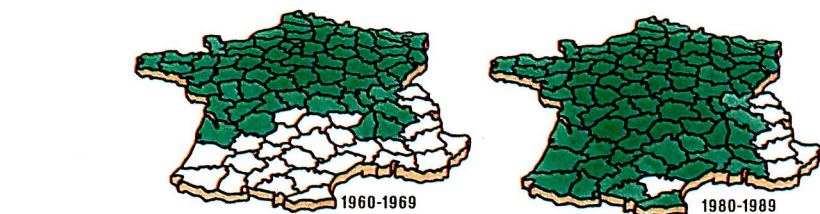
Une fois recueillies, les données sont centralisées au Muséum, au secrétariat de la faune et de la flore, où elles sont vérifiées par l'équipe du SFF, dirigée d'abord par François de Beaufort, et maintenant par Hervé Maurin. Elles sont ensuite stockées et gérées dans la banque de données, dite Fauna-Flora, dont l'exploitation permet de produire des bilans, notamment sous forme cartographique, des synthèses et des statistiques. Le SFF publie également ses résultats sous forme d'atlas, de bibliographies, de livres rouges, qui sont autant d'outils extrêmement précieux pour les administrateurs et les promoteurs. Selon Brice Lalonde, ministre de l'Environnement, ces outils ne doivent pas avoir un rôle coercitif, mais seulement d'information et de système d'alarme.

Le 27 mars 1990, lors du colloque national sur les ZNIEFF, il devait préciser: «Ceux qui ont tendance à considérer les ZNIEFF comme l'outil universel qui ferait déferler aveuglément classements, réserves naturelles et protections systématiques seront peut-être un peu déçus. D'ailleurs ils avaient été prévenus dès l'origine: l'inventaire du patrimoine naturel est un outil de connaissance, qui a pour vocation d'alimenter le débat public, d'éclairer des décisions, d'éviter des erreurs d'inattention, de faciliter des arbitrages. Ce n'est pas un pilote automatique. Ce n'est pas non plus une arme dont l'Etat entendrait se servir.

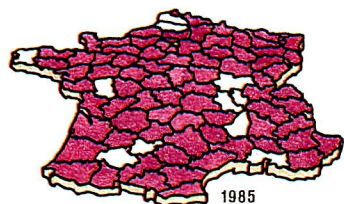
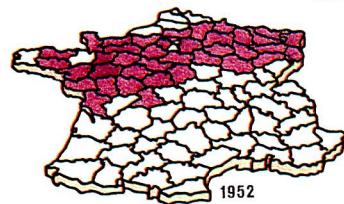
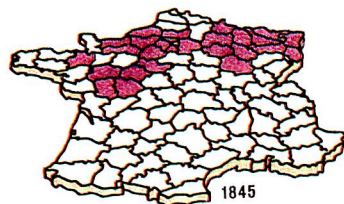
» En réalité, il va falloir apprendre à bien se servir des ZNIEFF. Précisément parce que l'inventaire ne sera pas un distributeur automatique

de réglementation, il devra servir de base, de point d'appui, de référence à des politiques volontaristes d'intervention.» Bref, c'est à l'intelligence des promoteurs que l'on s'adresse. Est-ce à dire que la matière grise réussira à faire rempart au béton? On peut toujours espérer.

Pierre Rossion

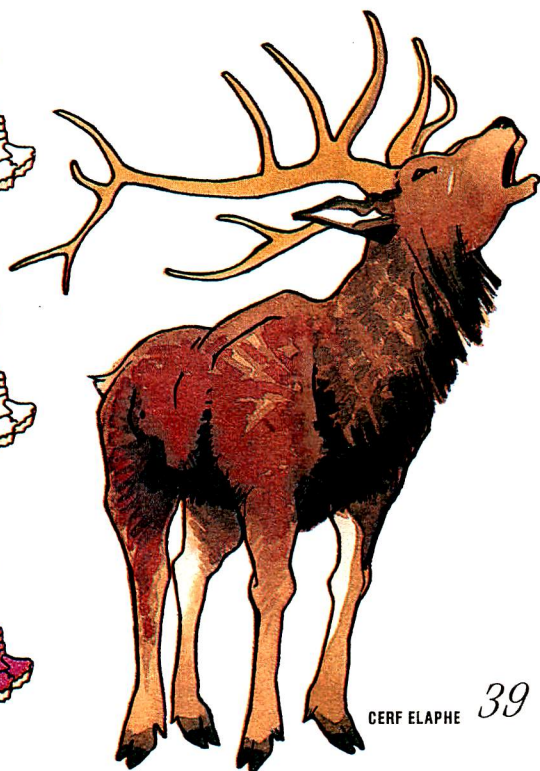


RAT MUSQUÉ



... ET CEUX QUI PROLIFÈRENT

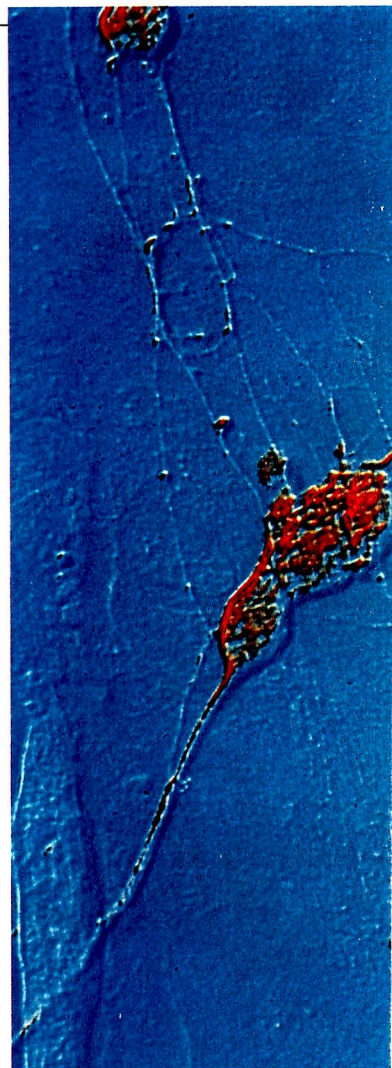
Sur les mêmes 600 espèces de vertébrés (voir p. 37), 10 % sont, en revanche, en expansion continue. Le rat musqué, qui n'a ni prédateurs ni concurrents, se multiplie sans obstacle, alors que le cerf élaphe, qui avait subi une forte régression au XIX^e siècle sous la pression des défrichements et de la chasse, il se rencontre aujourd'hui dans presque tous les départements français, parce qu'il a été réintroduit en masse au cours du XX^e siècle et grâce aussi à une bonne réglementation de sa chasse.



CERF ELAPHE

LE MIRACLE DE LA MULTIPLICATION DES NEURONES

Une équipe de chercheurs américains vient de réaliser une grande première mondiale : la culture et la multiplication de cellules cérébrales en laboratoire. Sans faire de la médecine-fiction ni donner de faux espoirs, "Science & Vie" vous explique pourquoi la nouvelle est d'importance.



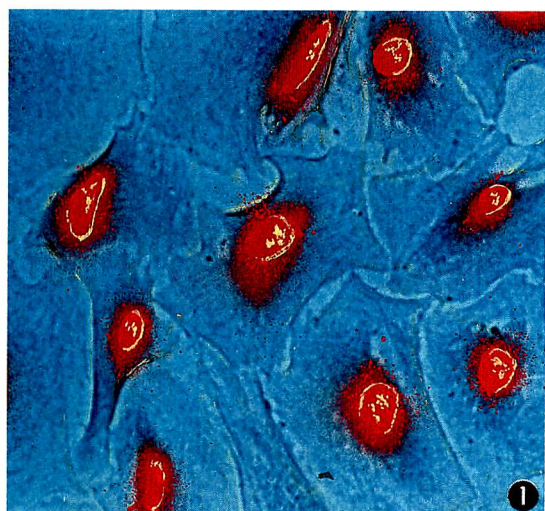
Le Pr Solomon Snyder est un neurologue réputé, dont les travaux font autorité. Sa compétence et son sérieux sont unanimement reconnus. Aussi, lorsque, au début du mois de mai dernier, il annonça dans la revue américaine *Science* qu'avec son équipe de l'université Johns-Hopkins (Baltimore) il avait réussi à cultiver et à faire se reproduire des neurones humains — chose jusqu'ici tenue pour impossible —, la nouvelle impressionna-t-elle vivement les milieux scientifiques. Pas tant cependant que les médias, qui, saisissant l'information au bond, se lancèrent immédiatement dans la médecine-fiction, transformant un résultat de laboratoire en découverte thérapeutique et considérant comme à peu près acquise la création de banques de neurones, le remplacement de zones cérébrales lésées par traumatisme ou accident vasculaire et même l'échange standard de régions entières du cortex.

De telles réactions montrent à quel point l'enthousiasme de ceux qui ont mission de nous informer les pousse à considérer comme des acquis ce qui n'est que l'aube d'un espoir. C'est d'autant plus regrettable que les déceptions sont plus amères. Laisser croire que l'on pourra dès demain réparer chirurgicalement des lacunes du cerveau, c'est en effet entretenir une douloureuse illusion chez des milliers de patients et leur entourage. En réalité, c'est mettre la charrue avant les bœufs, car, tels qu'ils sont, les résultats obtenus par le Pr Snyder sont au moins aussi étonnants que leurs hypothétiques applications. Pour résumer, il est parvenu à maintenir en culture depuis 1987 des lignées de cellules du cortex cérébral humain. Autrement dit, ces neurones non seulement survivent depuis plus de trois ans, mais ils continuent de croître et de se multiplier.

Dans ce simple énoncé, il y a deux faits extraordi-



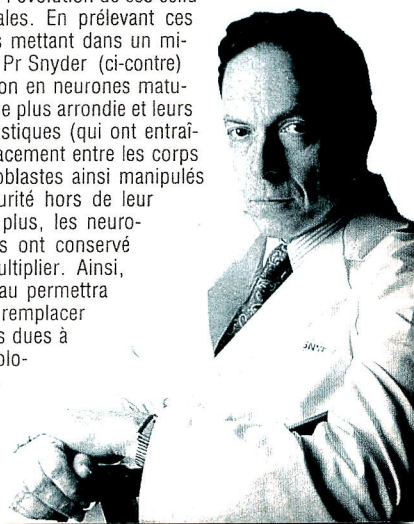
2



1

Les premiers neurones "élevés" en laboratoire.

Dans le cortex de ce cerveau atteint de mégalencéphalie, il n'y a pas de neurones matures, mais seulement des neuroblastes (1), stade antérieur de l'évolution de ces cellules nerveuses cérébrales. En prélevant ces neuroblastes et en les mettant dans un milieu nutritif spécial, le Pr Snyder (ci-contre) a observé leur évolution en neurones matures (2), avec leur forme plus arrondie et leurs ramifications caractéristiques (qui ont entraîné un plus grand espacement entre les corps cellulaires). Les neuroblastes ainsi manipulés sont parvenus à maturité hors de leur organisme, mais, en plus, les neurones qui en sont issus ont conservé leur capacité à se multiplier. Ainsi, une maladie du cerveau permettra peut-être un jour de remplacer les pertes de neurones dues à certaines lésions pathologiques ou accidentelles.



naires. Le premier est précisément la survie de la culture. Depuis plus de vingt ans, on sait composer des liquides nourriciers qui permettent de maintenir en vie des cellules nerveuses séparées de leur milieu habituel. Mais, généralement, ces neurones "élevés" en bocaux ne survivent que très peu de temps (quelques jours à peine). Seules survivent les cultures faites à partir de cellules cancéreuses du système nerveux. Parmi les neurones normaux, les cultures les plus résistantes sont celles qui proviennent soit des ganglions sympathiques, soit des ganglions rachidiens (ou sensitifs), c'est-à-dire de relais nerveux situés à l'extérieur du système central (encéphale et moelle épinière). Encore faut-il préciser que leur longévité est des plus limitées (quelques semaines seulement).

Le second fait nouveau est que les neurones cultivés par le Pr Snyder se reproduisent par mitose, c'est-à-dire par division de la cellule en deux cellules identiques entre elles et semblables à la cellule d'origine. Or, jusqu'ici, il était unanimement admis que les neurones du système nerveux central ne se reproduisaient pas. Chacun d'entre nous possède à sa naissance un nombre donné de ces cellules. Il en meurt quotidiennement quelques centaines ou quelques milliers qui ne sont jamais remplacées. Ce non-renouvellement est particulier aux neurones du système cérébrospinal, car toutes les autres cellules de l'organisme, même si elles meurent elles aussi au bout d'un temps variable selon les organes et les individus, se reproduisent très activement durant la croissance et plus régulièrement ensuite. Avec la vieillesse, le

UN SEUL JEU DE NEURONES POUR TOUTE LA VIE

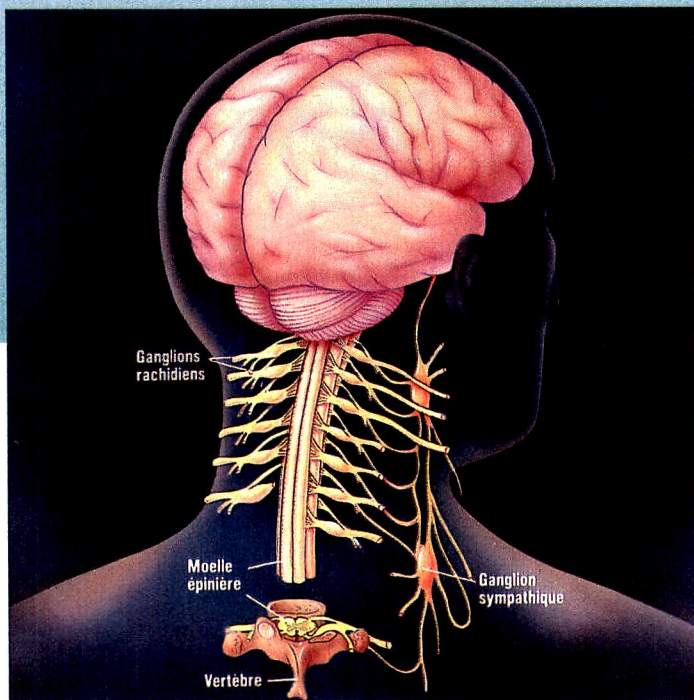
A quelques semaines, l'embryon dispose déjà de l'équipement cellulaire qui donnera les diverses composantes de l'organisme en préparation. Le cerveau, la moelle épinière et tout le système nerveux en devenir, qui nous intéressent plus particulièrement dans cet article, sortiront du tube neural et d'amas cellulaires attenants.

- Ces amas, ou crêtes neurales, donneront les cellules nerveuses des systèmes sympathique (qui commande les fonctions automatiques, comme les activités viscérales, les battements du cœur, etc.) et sensitif (les ganglions rachidiens). Les cellules nerveuses de ces deux systèmes se trouvent à l'extérieur de la boîte crânienne (dessin ci-dessous).
- Le canal qui centre le tube neural donnera les futurs ventricules du cerveau et le canal de l'épendyme de la moelle épinière.
- La couche cellulaire qui tapisse le canal neural est douée d'une intense activité reproductrice. C'est la zone du

manteau ; les cellules fabriquées à ce niveau migrent vers la superficie du tube ; elles constitueront la zone périphérique, qui donnera deux types de cellules, à l'intérieur de la boîte crânienne (dessin ci-contre) :

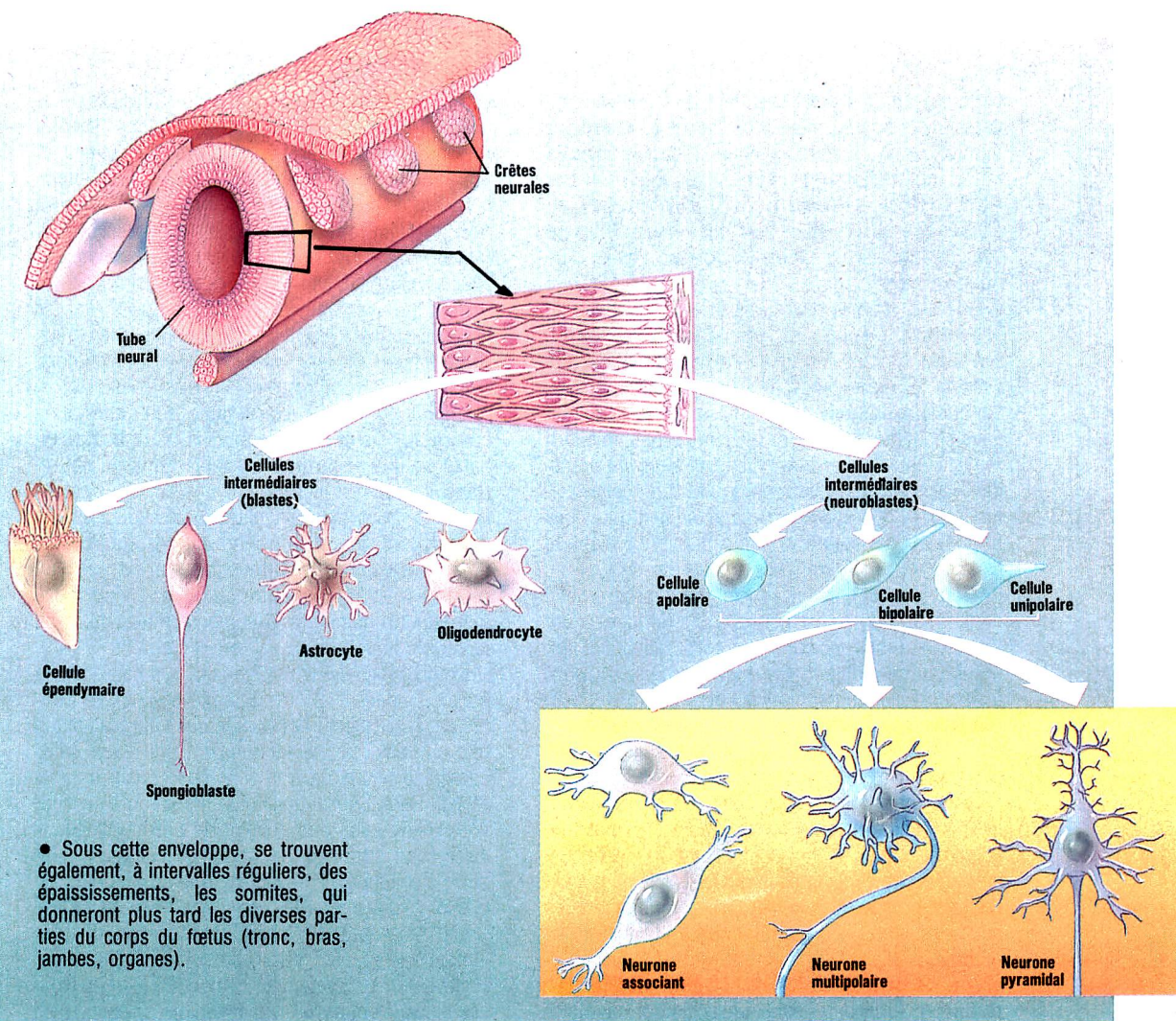
Les épendymoblastes, qui donneront naissance à l'ensemble des cellules gliales : les spongioblastes, les cellules épendymaires, les astrocytes et les oligodendrocytes. Ces différentes cellules du cerveau, qu'il ne faut pas confondre avec les neurones, joueront un rôle essentiel dans les systèmes nourriciers et de défense de ces derniers. Elles se reproduisent tout au long de la vie de l'individu.

Les neuroblastes, cellules nerveuses (apolaires, bipolaires, unipolaires) qui, en se divisant, donneront les différentes catégories de neurones matures (dont trois sont illustrées ci-contre). Arrivés à maturation vers la fin de la vie fœtale, ces neurones, les seuls de toutes les autres cellules de l'organisme, ne se reproduiront plus.



mouvement se ralentit, mais il subsiste, même chez les centenaires. Chez une personne en bonne santé, il en reste assez à plus de 80 ans pour mener des travaux intellectuels des plus complexes.

Des cultures qui perdurent et des neurones qui se reproduisent : comment le Pr Snyder a-t-il réussi ce double exploit ? En fait, la principale clé de son



succès réside dans la provenance des neurones qu'il a utilisés.

Le hasard a voulu qu'il ait connaissance d'un cas de maladie extrêmement rare : la mégalencéphalite unilatérale. Cette affection est plus connue sous sa forme bilatérale, laquelle entraîne la mort à la naissance ou dans les semaines qui suivent. Mais, bilatérale ou unilatérale, les manifestations sont les mêmes : les neurones du cerveau, qui normalement ont atteint leur maturité au terme de la vie fœtale — et donc ne se reproduisent plus —, continuent de se multiplier. Ils prolifèrent à partir de cellules souches situées dans les profondeurs de l'encéphale (zone des ventricules) et, au lieu de se ranger en colonnes bien ordonnées de cellules différenciées pour constituer les différentes couches du cortex, comme lors de la vie embryonnaire, ils migrent de manière désordonnée du fond vers la surface. Cette prolifération continue et chaotique de neurones immatures engendre évidemment des perturbations

fonctionnelles très graves, entraînant des crises d'épilepsie et aboutissant à la mort lorsque les deux hémisphères sont touchés.

Le cas observé par le Pr Snyder était celui d'une petite fille de 18 mois dont un seul hémisphère était atteint, et qui, de ce fait, souffrait de crises d'épilepsie à répétition et réfractaires à tout traitement médical. Il fut donc décidé de procéder à l'ablation de l'hémisphère malade, une opération peu courante mais pratiquée avec succès depuis une trentaine d'années (lorsque le patient est très jeune, l'autre hémisphère parvient à prendre en charge les fonctions de la partie supprimée, et, à l'adolescence, le sujet a récupéré toutes ses fonctions motrices et mentales).

Les chercheurs présents à l'intervention ont immédiatement prélevé un fragment du cortex sectionné et l'ont placé dans un milieu de culture adéquat. Au bout de vingt et un jours, presque toutes les cellules avaient dé péri, à l'exception de deux

petits noyaux qui non seulement restaient bien vivants, mais avaient même commencé à croître par multiplication de leurs éléments. Ces deux lignées de cellules vigoureuses ont été baptisées HCN-1 et HCN-4 (HCN = *Human Cortical Neuronal*), et, d'après les observations des chercheurs, elles se sont multipliées au moins 20 fois en l'espace de dix-neuf mois.

Que ces cellules nerveuses fussent capables de se reproduire n'était pas véritablement une surprise, puisque, dans le cerveau d'où ils avaient été extraits, ils possédaient précisément cette faculté, qui constituait même la cause essentielle de la mégalencéphalie. De plus, ils avaient l'aspect immature des cellules nerveuses embryonnaires qui précèdent l'apparition des neurones définitifs : corps cellulaire plat et polygonal, avec seulement quelques prolongements courts et non ramifiés. Or, dans le cerveau de l'embryon, les cellules de ce type se divisent activement en se modifiant progressivement jusqu'à donner, à l'issue d'une dernière mitose, des neurones accomplis, au corps arrondi et aux nombreux prolongements très ramifiés. Ce sont d'ailleurs ces ramifications qui permettent aux neurones d'établir entre eux des synapses, c'est-à-dire des relations de contiguité par où s'opèrent les transferts d'informations d'un neurone à l'autre.

Ce qui, en revanche, est beaucoup plus étonnant, c'est que le Pr Snyder et ses collaborateurs aient pu, grâce aux techniques de l'ingénierie génétique, créer des clones de la lignée HCN-1, obtenant ainsi un autre groupe de cellules, absolument identiques aux précédentes et qui se sont mises à leur tour à se multiplier. Mais la grande découverte des chercheurs de Baltimore est ailleurs : en expérimentant l'action de différentes substances ajoutées au liquide de culture, ils sont parvenus à mettre au point une mixture qui transforme les cellules immatures en neurones matures authentiques. La composition de cette potion magique, aussi efficace avec la lignée HCN-1 qu'avec les clones HCN-1A tirés de

cette lignée, est la suivante : un catalyseur (le 1-isobutyl-3-méthyl xanthine ou IBMX) ; un "second messenger", c'est-à-dire un corps qui transmet au noyau de la cellule les messages reçus par la membrane (l'adénylate monophosphate cyclique ou AMP cyclique) ; enfin, un facteur de croissance (le fameux *Nerve Growth Factor*, ou NGF, étudié par Rita Levi-Montalcini — voir *Science & Vie* n° 864).

Pour prouver que les cellules "dopées" par ce cocktail étaient bien devenues des neurones, indépendamment de leur transformation morphologique (corps arrondi, prolongements nombreux et ramifiés), Snyder et son équipe sont allés à la chasse aux neurotransmetteurs dans le liquide où baignent leurs neurones. La fabrication de neurotransmetteurs est en effet une des fonctions essentielles de tout neurone mature, puisque c'est en déchargeant une ou plusieurs de ces substances, lorsqu'il est excité, qu'il transmet son "influx" aux cellules voisines. La nature du ou des neurotransmetteurs produits constitue même, pour ainsi dire, la carte d'identité d'un neurone déterminé.

Eh bien ! Snyder a constaté que ses neurones en bocaux, amenés à maturation par sa mixture astucieuse, fabriquaient bel et bien des neurotransmetteurs. Mieux : ils ne fabriquaient que ceux qu'ils eussent produits dans la zone du cerveau d'où ils étaient issus. Souvenons-nous en effet qu'ils avaient été prélevés sur une portion de cortex. Or, dans cette zone corticale, les neurones communiquent entre eux au moyen de cinq neurotransmetteurs : le GABA (acide gamma-amino-butyrique), le CCK-8 (cholécystokinine 8), la SST (la somatostatine), le glutamate et le VIP (*Vasoactive Intestinal Polypeptide*). Exactement ceux que Snyder a trouvés dans ses cultures ! En revanche, aucune trace de catécholamines (noradrénaline ou dopamine), ni d'acétylcholine ni de sérotonine, autres neurotransmetteurs qui ne sont normalement sécrétés que par les neurones situés dans les structures profondes du cerveau.

Ce sont donc bien d'authentiques neurones matures qu'ont obtenus les chercheurs de l'université Johns-Hopkins. Des neurones qui, toutefois, ont un comportement aussi bizarre qu'inattendu : bien que parvenus à maturité, ils continuent de se diviser !

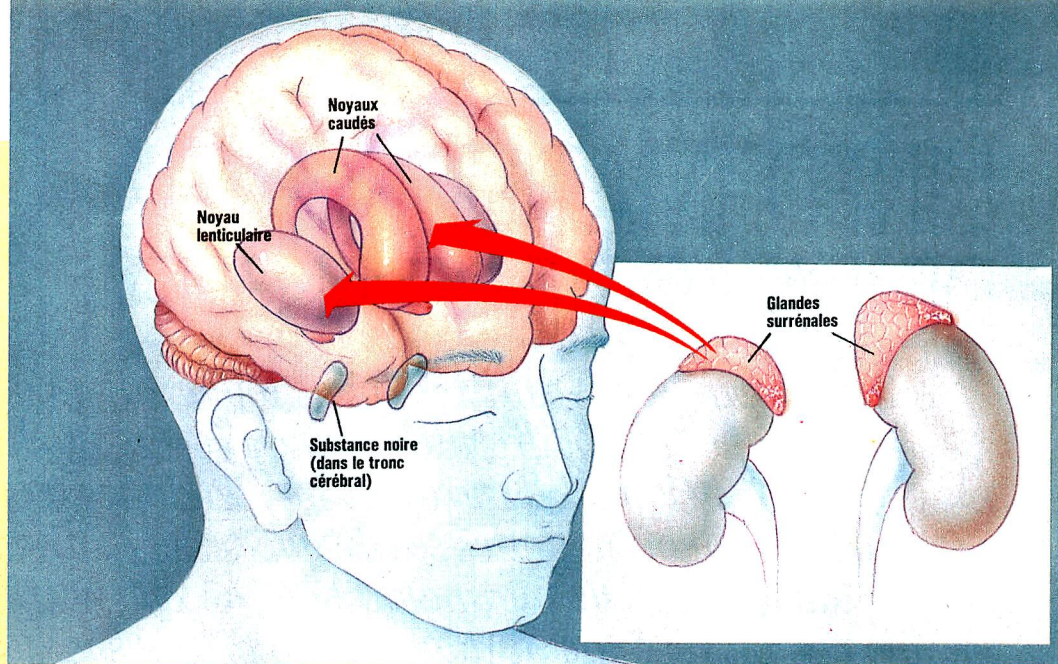
On comprend la perplexité des chercheurs américains. Que des cellules immatures n'arrêtent pas de proliférer, même après la naissance, comme c'est le cas dans la mégalencéphalie, soit ! Mais que des neurones arrivés au stade final de leur évolution, parfaitement différenciés et fonctionnels, conti-

DES GREFFES, OUI, MAIS OU TROUVER LES GREFFONS ?

Le cerveau ne possédant pas l'équipement immunitaire responsable des phénomènes de rejet, il devrait théoriquement être possible d'y greffer des cellules sans que l'on rencontre tous les problèmes posés par les autres greffes. Mais où trouver ces cellules réparatrices ? Certainement pas sur un cadavre, car les neurones sont extrêmement fragiles : dès l'instant de la mort, ils deviennent irrécupérables. Pas sur un être vivant non plus, car ils sont si spécifiques et tellement précieux qu'il ne saurait être question d'en prélever, même quelques-uns,

sur un sujet bien portant ni même au cours d'une intervention neurochirurgicale. Restent les cerveaux de fœtus, mais peut-on tolérer des pratiques médicales reposant sur une banque de fœtus humains ?

En fait, seule la culture de neurones humains pourrait offrir en quantité suffisante des cellules nerveuses qui répondraient exactement aux caractéristiques de celles qu'elles sont appelées à remplacer. Voilà pourquoi, fondamentalement, les résultats obtenus par le Pr Snyder et son équipe sont si importants.



MALADIE DE PARKINSON : DES RÉSULTATS DÉCEVANTS

Actuellement, les seules greffes qui soient pratiquées à l'intérieur du cerveau humain ont pour but de remédier à une affection bien connue : la maladie de Parkinson. Celle-ci est due à la détérioration ou à la destruction de groupes cellulaires situés dans le tronc cérébral : les noyaux de la substance noire. Normalement, ces cellules fabriquent de la dopamine, un neurotransmetteur qui est déchargé par les fibres issues de la substance noire dans de gros amas cellulaires logés à l'intérieur des hémisphères : les noyaux gris centraux (noyau caudé et noyau lenticulaire). En l'absence de dopamine, les noyaux gris fonctionnent mal, ce qui entraîne des troubles moteurs et la paralysie caractéristique de la maladie de Parkinson.

Impossible de greffer de la substan-

ce noire : où la prendrait-on ? Alors, on a recours à une astuce. Il existe dans la partie centrale de la glande surrénale (située au-dessus du rein) des cellules spéciales qui sécrètent de l'adrénaline. Or, cette adrénaline est fabriquée à partir d'un acide aminé apporté par le sang : la tyrosine. Des enzymes contenues dans les cellules surrénales transforment successivement la tyrosine en dopamine, puis la dopamine en noradrénaline, enfin la noradrénaline en adrénaline. Des expériences sur l'animal ont montré que, si l'on transplante dans le cerveau un fragment de surrénale, celui-ci métabolise bien la tyrosine en dopamine, mais que la chaîne des transformations s'arrête là. On a donc ainsi une source de dopamine capable de suppléer aux déficiences de la sub-

stance noire. Depuis 1982, date de la première intervention à l'institut Karolinska de Stockholm, on a greffé à plusieurs patients atteints de la maladie de Parkinson des fragments de leurs propres surrénales dans les zones voisines des noyaux gris centraux. Les résultats, satisfaisants dans un premier temps, ne sont hélas ! pas durables. L'autopsie pratiquée sur certains malades décédés a montré que les greffons avaient disparu. Combien de temps avaient-ils subsisté et combien de temps étaient-ils restés actifs ? On ne le sait pas.

Aujourd'hui, la désillusion a succédé à l'espoir. Cependant, les recherches continuent : peut-être trouvera-t-on le moyen d'acclimater ce type de greffe ou, à défaut, s'orientera-t-on vers une autre solution.

nent de se multiplier, voilà qui est aussi stupéfiant que mystérieux. Visiblement, ils demeurent "marqués" par leur origine. Mais alors, biologiquement, en quoi consiste cette "marque" ? Honnêtement, le Pr Snyder avoue qu'il ne le sait pas, mais la réponse à cette question ouvrira peut-être une ère nouvelle en neurologie.

En réussissant à maintenir en vie depuis plus de trois ans une culture de cellules nerveuses humaines, en parvenant à transformer ces cellules en authentiques neurones, et en arrivant même à créer des clones doués des mêmes capacités, le Pr Snyder et son équipe ont déjà réalisé une grande première, qui fera date dans l'histoire médicale. Mais tant que l'on n'aura pas compris pourquoi les

neurones cultivés (particuliers, il est vrai) continuent de se multiplier et pourquoi les neurones normaux ne le font pas, on ne pourra pas songer à d'éventuelles applications. Il est hors de question en effet d'introduire dans le système nerveux central (encéphale ou moelle épinière) des cellules dont on ignore le devenir.

En attendant, ces neurones quasi normaux permettront de mieux comprendre le fonctionnement du cortex humain. On pourra les regarder vivre, mesurer leur activité et leurs décharges, apprécier leurs réactions à diverses substances, tester sur eux des médicaments, etc. Jusqu'au jour où l'on découvrira le secret de leur reproduction et où l'on pourra alors envisager des transplantations. **Dr Jacqueline Renaud**

L'INFORMATIQUE DE LA LOGIQUE FLOUE

Aucun ordinateur traditionnel ne tolérerait qu'on tape "plutôt grande" quand l'écran affiche "dimension ?". Il aurait même tendance à en recracher d'émotion toutes ses disquettes et listings.

Mais il en existe maintenant qui acceptent très bien qu'on réponde "autour de 100 m". Ce sont les ordinateurs de la logique floue.

Parler de logique floue est illogique, du moins tant qu'on reste dans la rigueur d'Aristote ou de Descartes. Parce que dans la vie courante rien n'est jamais tout blanc ou tout noir et que, sans tomber dans le travers normand du « peut-être bien que oui, peut-être bien que non », la plupart des assertions ne sont jamais parfaitement tranchées. En pratique, les gestes qui sont à la base de démarches aussi simples que cuire des nouilles ou doubler un camion en côte sont guidés par des raisonnements qui n'obéissent pas à la loi simple, chère à la logique formelle, du tout ou rien, oui ou non, 0 ou 1.

En fait, les problèmes qui se posent dans la vie sont traités et résolus par l'intelligence de manière approximative à partir de bases imprécises du genre « pas mal de circulation, peu de monde... environ 10°C sous abri... plutôt dur... etc. ». Autant d'expressions qui n'ont aucun sens pour les ordinateurs, auxquels on demande pourtant de résoudre maintenant des problèmes de la vie quotidienne, comme la circulation sur les boulevards ou la conduite d'une rame de métro.

C'est pour tourner cette difficulté que Lotfi Zadeh, vers 1965, jeta les bases de ce qu'il dénomma *fuzzy logic*. Né en Russie, élevé en Iran, il poursuivit ses études aux Etats-Unis et devint professeur d'électronique et d'informatique à Berkeley. En 1964, il travaillait sur le problème, toujours actuel, de la lecture optique par ordinateur de textes manuscrits — un cas particulier de ce qu'on appelle reconnaissance des formes.

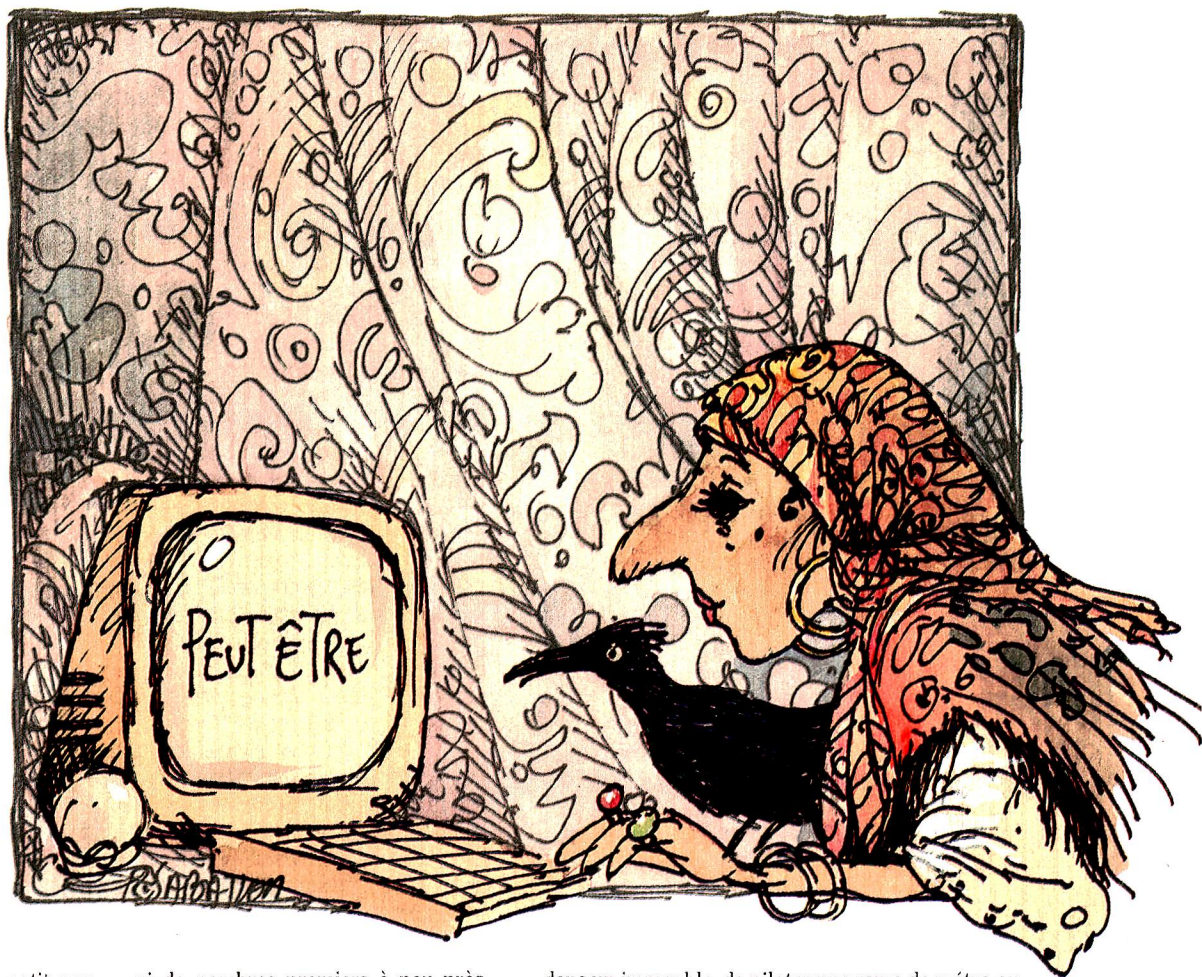
Du point de vue logique formelle, ce problème relève de la théorie des ensembles : le signe manuscrit repéré par l'ordinateur doit pouvoir être attri-

bué à un ensemble donné sans ambiguïté, par exemple à l'ensemble des "a", même s'il est écrit "A" ou "a". Or, si les critères d'appartenance à cet ensemble sont trop rigides, l'appareil ne reconnaîtra que les "a" parfaitement formés ; s'ils sont plus souples, ils seront confondus avec des "o", des "p" ou des "q".

Lotfi Zadeh eut alors une idée qui ne cadrerait pas trop bien avec la logique des ensembles, mais qui avait le mérite de serrer de plus près la réalité : élargir la notion d'appartenance, qui normalement se traduit par "oui" ou "non", en y ajoutant "peut-être", "sans doute", "très probablement", et ainsi de suite de manière continue. Autrement dit, à la loi habituelle « tel élément appartient ou n'appartient pas à tel ensemble », on substitue un "degré d'appartenance" coté de 0 à 1 en passant par toute valeur intermédiaire du genre 0,45 ou 0,98.

Du coup, l'ordinateur n'avait plus à trancher entre vrai et faux — le signe lu appartient ou n'appartient pas à l'ensemble des "a" —, mais il pouvait considérer le signe comme un "a" même s'il n'y ressemblait pas trop. Du point de vue logique informatique, c'était une révolution, et, comme nous le verrons plus loin, elle ne fut pas acceptée par tous, tant s'en faut.

En effet, la logique formelle qui est à la base de la théorie des ensembles, et donc de tous les algorithmes des langages informatiques, n'admet ni les ambiguïtés ni les propositions équivoques : un homme est chauve ou chevelu, mais pas "un peu dégarni", une fille est blonde ou brune, et pas moitié-moitié. Ce système (car c'en est un) convient très bien aux mathématiques, où il n'existe pas de triangles un peu carrés — ne serait-ce qu'un tout



petit peu — ni de nombres premiers à peu près divisibles par trois.

Dans la réalité, les situations ne sont jamais si tranchées ; pour la logique, une éponge est sèche ou mouillée ; pour nous elle peut être un peu humide, ou à moitié mouillée parce qu'on vient de la laisser tomber dans le bain. L'ordinateur, lui, est régi par la loi du tiers exclu (vrai ou faux, pair ou impair, rond ou carré ; jamais les deux à la fois, et rien entre les deux). Ce principe de non-contradiction est une contrainte fondamentale de toute pensée juste, mais il n'est pas toujours commode de le faire entrer dans les situations courantes.

En revanche, il était implicite dans tout langage informatique, et du coup aucun ordinateur ne pouvait dire si une éponge était sèche ou mouillée, mais, bien sûr, il pouvait en donner le taux d'humidité, ce qui n'était pas d'un grand intérêt dans une salle de bains. Encore s'agit-il d'un cas élémentaire, car la réalité est de beaucoup plus complexe par le nombre et la variété des situations rencontrées le plus souvent.

Qu'il s'agisse de régler la température moyenne

dans un immeuble, de piloter une rame de métro ou de régler le mélange sable/gravier/ciment pour faire du béton, on retrouve des données — pas très chaud... moins vite... un peu plus de sable... — qui sont faciles à comprendre entre chefs de chantier, mais qui ne relèvent pas du "tout ou rien" propre à la logique.

Certes, on peut résoudre ces problèmes avec l'informatique classique, mais l'idée de Zadeh c'est qu'on pouvait les traiter mieux, et surtout plus vite, en introduisant la logique floue. Il considèrerait par exemple le cas d'un médecin qui doit décider qui soigner en fonction de sa température ; autrement dit, à quel niveau a-t-on de la fièvre au sens médical du terme. Il peut prendre par exemple 38° comme limite.

A ce moment, celui qui a $38,1^\circ$ est traité et celui qui n'a que $37,9^\circ$ ne l'est pas. Pourtant il y a le même écart absolu entre 38° et $38,1^\circ$ qu'entre $37,9^\circ$ et 38° . Abaisser la limite mènerait à admettre plus de gens bien portants, la relever à écarter plus de malades. Notons toutefois que celui qui a 40° entrera de toute façon tandis que celui qui a $36,8^\circ$ ne sera jamais

admis. L'ennui, c'est que l'immense majorité des consultants est seulement fiévreuse, un mot qui n'a pas sa place dans la logique oui/non.

On peut faire une analogie sommaire du même type avec la taille d'une population : le terme grand s'applique mieux à ceux qui ont 1,80 m qu'à ceux de 1,70 m, mais moins bien qu'à ceux qui mesurent 1,90 m. Qu'il s'agisse de grandeur ou de fièvre, la logique floue va traiter ces variables par un degré d'appartenance. Pour commencer, dans la clinique floue, on va définir la température normale par la phrase "autour de 37°".

La fièvre sera, à son tour, une température "vraiment supérieure à la normale"; on a déjà ainsi défini deux ensembles flous. Quant aux patients, ils vont être définis par un degré d'appartenance à chacun des deux ensembles. Avec 37,3° au thermomètre, ils auront 0,6 d'appartenance au "normal" et 0,4 au "fiévreux"; à 40° il seront à 0,9 pour la fièvre et 0,1 pour la norme. La fièvre devient, si l'on peut dire, une question de degrés — mais qui ne sont ni centigrades ni Kelvin.

Le même raisonnement s'applique à la taille d'un groupe : avec 1,75 m on aura 0,5 d'appartenance à l'ensemble des grands, puis 0,9 pour 1,80 m et 0,99 pour 2 m. Précisons toutefois qu'il ne s'agit ici que

La logique floue fait oublier Descartes

d'exemples vraiment très sommaires, les variables de la logique floue étant en réalité beaucoup plus complexes. Mais ils permettent de voir qu'on peut représenter toutes les nuances d'une situation par un spectre continu de valeurs logiques au lieu d'être obligé de mettre chaque éventualité dans une multitude d'ensembles bien précis.

On définit ainsi une fonction d'appartenance, laquelle mène à des courbes donnant le degré d'appartenance et qui ont en général l'aspect de dents de scie. C'est à partir de ces courbes que la logique floue traite les problèmes selon des règles qui lui sont propres, et c'est le long de ces tracés que se trouvent, si l'on peut dire, les expressions comme beaucoup, plusieurs, environ, à peu près, etc.

Du coup, la logique floue peut se permettre de diviser "nettement" par "plutôt" comme on divise 78 par 2, ou de multiplier "presque" par "tout à fait". De même, prendre la racine carrée de "plusieurs" reste chose parfaitement normale. Mais comme toutes ces opérations se font avec des microprocesseurs dont l'architecture interne repose toujours sur 0 ou 1 — courant passe/courant ne passe pas — on conçoit que de nombreux spécialistes de l'informatique aient considéré la logique floue comme un simple artifice de langage.

Beaucoup pensent qu'il s'agit seulement d'un terme accrocheur qui ne fait que recouvrir des ma-

nipulations mathématiques qu'on ferait tout aussi bien avec d'autres moyens plus classiques. En particulier, la logique floue semble se rapprocher beaucoup du calcul des probabilités et des méthodes statistiques. Elle en diffère pourtant profondément, comme le fait remarquer Bart Kosko, responsable des recherches de la société américaine Infralogic.

Si l'on reprend par exemple la taille d'une population, les gens qui font 1,60 m, 1,80 m et 2 m ont respectivement, du point de vue statistique, 50 %, 90 % et 99 % de chances d'appartenir à l'ensemble des "grands". Mais cet ensemble reste parfaitement précis — tel individu appartient ou n'appartient pas à la population des grands; c'est juste une question de seuil à définir — et n'a d'intérêt que pour faire une statistique globale : 50 % des gens font moins de 1,60 m, 90 % ont moins de 1,80 m et 99 % moins de 2 m.

En fait, dit Kosko, le calcul des probabilités a été considérablement développé depuis une vingtaine d'années et a donné naissance à une multitude de techniques mathématiques. L'ennui, c'est que ces méthodes statistiques ne marchent pas très bien pour contrôler des situations en temps réel : elles ont besoin d'une énorme masse de calculs et ne sont efficaces que sur de grandes quantités d'éléments — la loi des grands nombres.

Or, dans l'industrie ou dans les transports, il y a peu de "populations statistiques" et beaucoup de situations individuelles, lesquelles de surcroît sont toujours plus ou moins floues. De toute manière, le calcul des probabilités ne s'applique pas forcément à des situations qui apparaissent pourtant aléatoires. Si on considère, par exemple, le jeu de pile ou face, on sait qu'on a une chance sur deux de tirer pile au premier coup.

Mais, en trois coups, on n'a plus qu'une chance sur huit d'avoir trois fois de suite pile puisque la probabilité d'un événement est le produit des probabilités individuelles — donc $1/2 \times 1/2 \times 1/2 = 1/8$. En médecine ce n'est plus vrai : plus il y a de symptômes, donc de probabilités liées à une maladie donnée, et plus il y a de chances qu'elle soit présente. Donc, au lieu de multiplier ces probabilités simples, la logique floue les combine de manière à permettre à chaque nouvel élément d'information de confirmer ou d'infirmer le diagnostic qui émerge des premières données.

Enfin, notait Zadeh, le calcul des probabilités ne connaît que des boules blanches ou des boules noires qu'on a tant de chances sur cent de sortir de la boîte. En logique floue, il y a aussi des boules grises. Pour être juste, et malgré les nombreuses critiques qui ont été formulées, il est impossible de ramener la logique floue à une simple variante de méthodes connues.

On peut distinguer de manière sommaire que, devant une situation inconnue pour lui, le système

expert dirait « je ne sais pas ce que c'est », le système neuronal « je pense que ce doit être cela », le système flou « ce pourrait bien être cela ». En fait, la fourchette d'incertitude se resserre donc en passant de l'un au suivant, et le degré de performance efficace s'accroît d'autant.

Ce qui est beaucoup plus important, c'est que cette logique floue a déjà de nombreuses applications, et que celles-ci s'étendent sans cesse. Née aux Etats-Unis comme nous l'avons vu, elle ne reçut que peu d'attention chez elle, et ce sont les Japonais qui la mirent en pratique les premiers. Sans doute n'étaient-ils pas, comme les Occidentaux, conditionnés depuis des siècles par Aristote et Descartes ; ils y virent le moyen de résoudre des problèmes dont les données approximatives rendaient la programmation presque impossible par les méthodes classiques.

La première application de ce qui n'était encore à cette époque qu'un système expert assisté de quelques éléments de logique floue vit le jour en 1980 : une firme danoise commercialisa un programme qui contrôlait le débit de carburant et le flux de gaz chauds dans des fours rotatifs de cimenterie. Installé en Suède, le système se révéla plus souple et plus rapide que les commandes numérisées qui étaient

habituellement utilisées.

Il ne s'agissait encore que d'une application relativement simple ne réclamant pas un très haut niveau technique. Mais, dès cette année-là, plusieurs firmes japonaises se plongèrent dans la recherche floue ; moins de cinq ans plus tard, Hitachi terminait l'installation d'un système de commande automatisée du métro de Sendai, à 300 km de Tokyo. Ce système était entièrement sous le contrôle d'un ordinateur à logique floue.

Or, pour la consommation d'énergie, les rames ainsi commandées avaient un rendement supérieur de 10 % par rapport à celles menées par un conducteur très entraîné ; qui plus est, la conduite était devenue si coulée que les passagers debout n'avaient plus besoin de se tenir aux rampes ou aux poignées. Cette fois, la logique floue faisait la preuve de son efficacité, et de sa supériorité sur les systèmes automatisés conventionnels.

A partir de 1985, les ingénieurs japonais élargirent le procédé à tout ce qui réclamait plus de savoir-faire et de doigté que de haute précision, autrement dit à ce qu'un homme adroit et compétent fait facilement, mais qui reste pratiquement hors de portée d'un ordinateur classique. Ainsi, un conducteur de grue doit avoir une bonne notion des

distances, une évaluation rapide de l'environnement afin de ne pas heurter quelqu'un ou quelque chose, et surtout du talent dans les doigts pour apporter en souplesse les charges d'un point à un autre.

Remplacer le grutier par un ordinateur standard coûterait plus cher que de le payer au tarif d'un émir tant les paramètres sont nombreux et surtout approximatifs : éviter de poser une poutre de béton sur les doigts de ceux qui l'attendent en haut est affaire de flair et de coup d'œil, pas de centièmes de millimètre. C'est dans ce type de travail que la logique floue se révèle infiniment supérieure à tous les systèmes informatiques précédents.

Cela explique que les spécialistes japonais l'aient appliqué à la commande des élévateurs industriels, des dispositifs de chauffe dans les aciéries, des conditionneurs d'air dans les ateliers, des répartiteurs de composants dans les plastiques, et ainsi de suite. Les applications des microprocesseurs à logique floue se comptent maintenant par centaines dans toutes les branches de l'industrie.

(suite du texte page 152)



LA MYSTIQUE BIOLOGICO-MARINE

Des enfants sont nés dans la mer comme de petits dauphins. C'est sans doute une prouesse dont ils pourront se vanter plus tard. Et si les biologistes ne trouvent théoriquement rien à redire à ces aventures isolées, les obstétriciens, eux, trouveraient la chose aussi bête que criminelle si elle devait être érigée en système. Or, un gourou soviétique, après une étude fort encourageante sur le nombre de gogos en France, va installer la "méthode" chez nous.



Le 16 juin, au large d'une plage du cap d'Agde, quelques instants après le lever du soleil, un bébé humain naissait dans la mer à 1,50 m de profondeur. Ce n'était pas le premier accouchement de ce genre en France. Durant l'automne précédent, un autre avait déjà eu lieu sur le rivage corse. La parturiente était alors assistée par une jeune femme russe, Katia Bagrianski, qui a elle-même naguère accouché de cette façon à Soudak, en Crimée, sous la direction du gourou sibérien Igor Tcharkovski. A la suite de quoi, elle et son mari se sont faits les propagandistes professionnels de la "méthode Tcharkovski".

Présenté à Londres lors d'un colloque sur "l'eau et la naissance", en avril 1989, le gourou y avait été assez mal accueilli. Un voyage projeté aux Etats-Unis avait même dû être décommandé. Mais en France, le 20 octobre, une entreprise, qui organise, entre autres, des conférences sur des thèmes tels que l'occultisme ou les mystiques orientales, fait venir le couple Bagrianski à Paris. L'entreprise en question se nomme "Université européenne de

Paris" et la conférence s'est tenue dans un amphithéâtre de la Sorbonne (!) : on ne peut faire plus sérieux. A peu de frais ! On projeta des images filmées en URSS : nouveau-nés en apnée forcée (c'est-à-dire ne pouvant

LA CULTURE...

Dûment endoctrinée, une disciple du gourou soviétique accouche dans la mer.

respirer) par immersion dans la mer ou dans une eau glacée. Une séquence prise à Moscou en hiver — température extérieure de -15°C — montre un trou pratiqué dans la glace d'un bassin. Autour, des spectateurs en anorak et des bébés nus sur la neige. On saisit un bébé, on lui mouille la nuque, on le plonge dans le trou. Dans l'amphi, un habitué des conférences demande : « Pour combattre le froid, les enfants récupèrent de l'énergie cosmique ? » Réponse des Bagrianski : « Oui, bien sûr ! »

Janvier 1990 : FR3 inaugure sa nouvelle série d'émissions "Lettres d'un autre monde", par une émission sur Tcharkovski. Le montage utilise des documents fournis par Tcharkovski, des séquences tournées par FR3 à Soudak, d'autres enfin provenant de l'accouchement en Corse. Certaines images sont difficiles à supporter (pour ceux qui n'ont pas la foi); par exemple lorsque le gourou lance le bébé en l'air et le rattrape comme un ballon. Ou bien quand il étire ses membres. On voit une parturiente accouchant en posture accroupie dans l'eau froide de la mer Noire. C'est Katia Bagrianski. Elle maintient un moment le nouveau-né dans l'eau, puis l'en sort, sectionne le cordon ombilical, secoue l'enfant en le tenant par la tête.

C'est la "méthode" Tcharkovski. Elle a d'abord été pratiquée en piscine, à Moscou. Elle comportait alors la collaboration d'un médium qui était censé percevoir à distance ce qu'éprouvait le bébé. Tcharkovski affirme d'ailleurs posséder lui-même des pouvoirs paranormaux. Mais, en Occident, pour promouvoir sa méthode, il avance des justifications qui se voudraient scientifiques. En faisant naître le bébé dans l'eau, dit-il, et en l'y maintenant le plus longtemps et le plus souvent possible, on ménage une transition entre l'environnement liquide du ventre maternel et le milieu extérieur où l'enfant sera soumis à la pesanteur. L'homme est un "primate aquatique". C'est un cousin des dauphins, avec qui les jeunes enfants communiquent d'ailleurs par télépathie. En vivant dans l'eau, nous revenons à notre vraie nature, trop longtemps oubliée. Quant à l'entraînement un peu rude infligé aux nouveau-nés, il les prépare à devenir des surhommes qui affronteront victorieusement les stress de leur existence.

C'est en pensant à ces enfants que nous avons demandé à des obstétriciens et à des pédiatres ce qu'ils pensent de la "méthode" Tcharkovski, dont il ne fait pas de doute qu'elle va officiellement être exercée en France.

« C'est assez effarant, nous dit le Pr Henrion, qui enseigne l'obstétrique à la faculté de médecine Cochin-Port-Royal, en voyant l'émission de FR3. C'est à l'opposé de tout ce qu'on peut savoir du

bien-être du nouveau-né, pour son équilibre thermique, pour l'oxygénation et pour d'autres facteurs. Combien d'enfants sont nés de cette façon ? Peut-on nous fournir le témoignage de deux ou trois cents couples de parents qui attestent que le résultat a été satisfaisant ? Scientifiquement parlant, il n'y a que cela qui compte. Jusqu'ici on n'a aucun résultat statistique, aucun chiffre. C'est le système gourou : des affirmations et surtout pas de preuves ! En obstétrique, nous voyons trop souvent ça. Comme de 95 à 97 % des accouchements se passent aujourd'hui normalement, on peut toujours présenter telle ou telle méthode comme psychologiquement avantageuse pour l'enfant. Toutes les méthodes peuvent être discutées. Elles n'apportent généralement rien de plus, mais rien de moins non plus. Là, c'est différent. La méthode Tcharkovski est dangereuse. Et il y a une agression contre l'enfant qui est absolument bouleversante. »

Le Dr Catherine Dumont, ancien chef de clinique des Hôpitaux de Lyon, praticien hospitalier au service de pédiatrie de l'hôpital de Vienne, a écouté une émission de France-Culture dans laquelle Tcharkovski allait jusqu'à raconter que chacun des enfants dont il supervisait la naissance restait en

... ET LA NATURE

Les otaries, qui n'ont pas connu Tcharkovski, accouchent "bêtement" sur la terre.



liaison mystérieuse avec un dauphin de la mer Noire. La preuve, vingt de ces enfants étaient tombés gravement malades. Tcharkovski découvrit (il ne dit pas comment) que "leurs" dauphins étaient morts. Tout ce que retient le Dr Dumont, c'est que vingt petits "clients" de Tcharkovski, au lieu de la prodigieuse résistance qu'aurait dû leur donner sa méthode, ont connu de graves ennuis de santé. Et elle souligne qu'on ignore ce que sont devenus ceux qui sont nés il y a vingt-cinq ans. « Les dangers sont évidents : infection par contact avec l'eau de mer (chez le nouveau-né elle peut être très grave) ; anoxie liée à l'apnée (en quelques minutes elle peut entraîner des lésions cérébrales irréversibles) ; hypothermie (dans l'eau froide, le nouveau-né règle très mal sa température, d'où possibilité d'entérocrite nécrosante ou d'hémorragies cérébrales) ; noyade... » « Même s'il existait des raisons scientifiques, ajoute Catherine Dumont, il est inconcevable d'imposer des traitements d'une telle cruauté à des enfants qui ne peuvent exprimer ni leur volonté ni leurs sentiments. Le respect de l'enfant est complètement oublié. Libre aux parents de faire sur eux-mêmes les expériences qu'ils veulent ; ils n'ont pas le droit de les imposer à leurs enfants. »

Bébés Tcharkovski : dangers physiques et souffrance morale

Professeur de pédiatrie à l'université René-Descartes et chef de service de médecine néo-natale à la maternité de Port-Royal, le Dr Jean-Pierre Relier distingue lui aussi le point de vue de la mère de celui de l'enfant. Pour la mère, l'accouchement dans l'eau, en position semi-assise, peut présenter un avantage de confort : « Le décubitus dorsal (position couchée sur le dos) est plus gênant pour la circulation utérus-placenta-fœtus. Dans beaucoup de civilisations, notamment en Afrique du Nord et dans d'autres pays africains, on accouche en position accroupie ou demi-accroupie. Ce qui est physiologique. En revanche, pour l'enfant, il n'est pas du tout physiologique de naître dans l'eau. Le fœtus vit dans un milieu hydrique auquel sa physiologie est parfaitement adaptée. Naître dans l'eau ne fait que prolonger son séjour aquatique, ce qui n'a aucun intérêt. De toute façon, il lui faudra s'adapter à la vie aérienne. Il devra vider son poulmon du liquide qu'il contient, le remplacer par l'air qui lui apportera l'oxygène. Je ne vois pas ce que l'accouchement dans l'eau peut apporter à son bien-être. Est-il nécessaire de faire subir à ce petit une agression, sinon un traumatisme assez important, alors qu'un accouchement naturel est déjà en soi une épreuve ? Mieux vaut le sécher tranquillement, l'aider à s'adapter à la respiration, et le confier à sa mère, rétablir entre eux la relation physique qui a été perturbée par la naissance. Il a été en contact avec sa mère pendant neuf mois, dans une relation à la fois hormonale, biologi-

que, affective. Quand il en sort il est affolé par cet environnement nouveau. Ce n'est pas l'eau qui peut l'apaiser, c'est le nouveau contact avec la mère. Moi, je n'ai pas de préjugé. Pour Tcharkovski, j'étais parti assez favorable. Et puis, j'ai vu ces images. L'émission était d'une tristesse... Ma réaction est celle des cinq ou six personnes qui y assistaient avec moi. Tout le monde était impressionné par la tristesse à la fois des mères et des enfants. »

En France, l'accouchement dans l'eau est connu grâce au Dr Michel Odent, qui l'a pratiqué à la maternité de l'hôpital de Pithiviers jusqu'en 1985. L'originalité de Michel Odent est la place essentielle donnée, dans la préparation des futures mères, à des séances de relaxation dans l'eau tiède, en piscine (et non dans l'eau glacée). C'est d'ailleurs une technique d'entraînement psycho-physiologique et non une technique d'accouchement. Lorsque les premières contractions ont lieu, la parturiente se réfugie d'abord dans le doux séjour liquide. La plupart en sortent au tout dernier moment ; l'enfant vient au monde à l'air libre. D'après Odent, le décalage thermique entre l'eau tiède et l'air extérieur déclenche alors une sécrétion d'hormones — adrénaline et endorphines — qui facilite l'ultime effort. Parfois l'accouchement se fait en position verticale ; la mère s'agrippe au rebord de la piscine. Quelques parturientes (une minorité) restent dans l'eau jusqu'au bout. L'enfant naît alors dans l'élément liquide. On l'en sort vite, pour lui donner les mêmes soins qu'à ceux qui sont nés à l'air libre. Soins tout à fait dans la note souhaitée par le Pr Relier.

La technique de Michel Odent a fait dans le milieu médical quelques adeptes. Mais ceux qu'elle n'intéresse pas ne lui opposent pas d'objection majeure. Elle n'a, en fait, pas grand-chose de commun avec celle de Tcharkovski, qui oblige toutes ses clientes à accoucher dans l'eau très froide et soumet le bébé à des traitements brutaux, avec de longues périodes en plongée. « Je ne suis pas persuadé, dit Michel Odent, que l'accouchement dans l'eau pour les êtres humains soit quelque chose de physiologique. C'est simplement une possibilité. » Il rappelle que les phoques, mammifères bien adaptés à l'eau, gagnent la terre ferme pour accoucher.

Odent et Tcharkovski n'ont en commun que ce qu'il faut bien appeler leurs fantasmes : l'homme "primate aquatique" ou le "bébé dauphin". Ils se connaissent à peine de réputation, il y a quelques années, quand Jacques Mayol, le plongeur du *Grand Bleu*, rencontrant Tcharkovski à Moscou, s'offrit à le mettre en relation avec Odent. Lequel, l'an dernier, invita Tcharkovski à Londres. Ce qui n'alla pas sans déception quand le gourou sibérien fit projeter les images où l'on voit comment il "soigne" les nouveau-nés. Nous avons demandé au Dr Odent ce qu'il pense de ces pratiques. Il a tenu à s'en démarquer, les tenant pour « barbares » et



Tcharkovski pour « un homme du passé ».

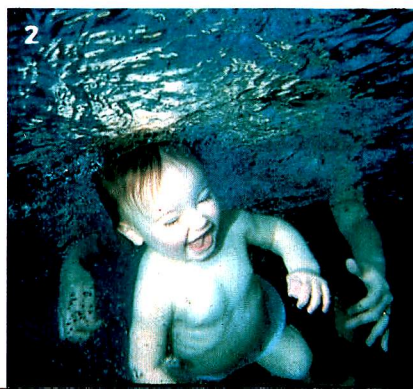
Mais la force des fantasmes l'a emporté. Quelques semaines avant la naissance au cap d'Agde du « premier bébé-dauphin français », comme l'a baptisé un commentateur enthousiaste, les deux hommes ont participé à un « symposium international » organisé à l'abbaye de Fontevault sur « l'homme et la conscience planétaire ». Au programme du 11 avril, trois exposés « pour des naissances différentes ». Intervenants : Michel Odent, Igor Tcharkovski, Vladimir Goureiev, ce dernier présenté comme un collaborateur de Tcharkovski, installé depuis un an à Paris. Le prospectus qualifie Tcharkovski de médecin, titre qu'il n'a jamais possédé.

Goureiev projette un film de Jacques Mayol. Il révèle que nos ancêtres étaient des singes qui, poussés par la faim, ont découvert les ressources

de la mer et y ont barboté pendant deux ou trois millions d'années. Cette évolution reprend aujourd'hui : nos bébés-dauphins sont des mutants. Tcharkovski raconte qu'il travaille actuellement sur des « enfants radioactifs », bien que les médecins soviétiques nient l'existence de telles créatures. Il a aussi fait couvrir des œufs de poule par des canes. Et en quelques générations, on obtient des gallinacés aquatiques. Cela nous rappelle irrésistiblement

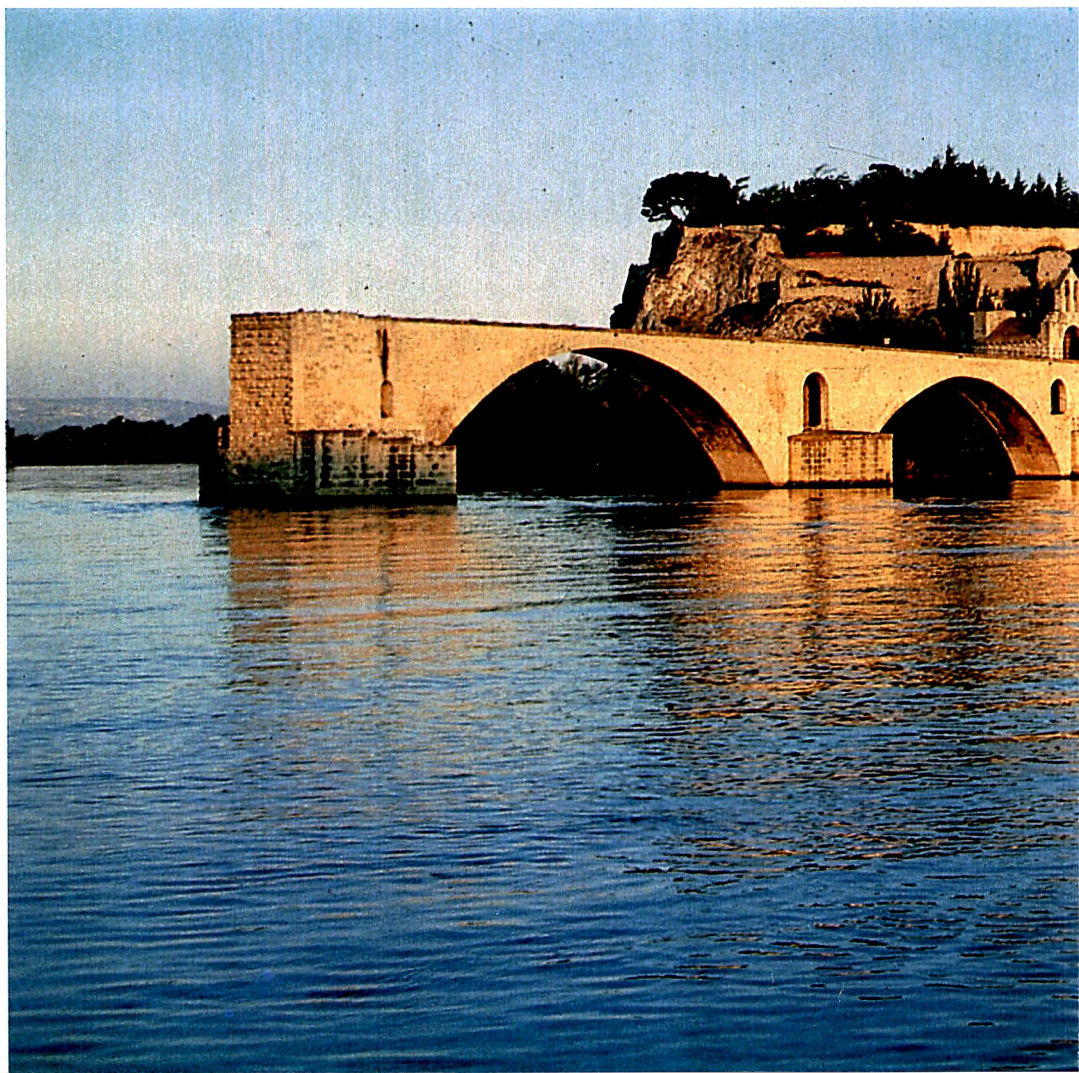
une célèbre histoire de Dufilho où un œuf de canne avait été couvé par le chat, ce qui donna un canneton qui miaulait... et à qui M. le curé enseigna le latin... Tcharkovski a également sauvé des nouveau-nés prématurés en les faisant nager une semaine durant. L'eau, surtout au voisinage des dauphins, donne aux bébés le pouvoir de résister aux pires maladies. Par exemple, ils ne peuvent attrap

Ne pas confondre « bébés dauphins.. (1) et bébés nageurs (2). Ceux-ci sont dans des piscines chauffées ; ceux-là dans la mer Noire glacée, et surtout en plongée forcée.



LE NOUVEAU POÈME DU RHÔNE

*« Salut, empèri dóu soulèu, que bordo
Coume un orle d'argènt lou Rose bléuge... » ⁽¹⁾
s'exclame le prince d'Orange dans le "Poème du
Rhône", de Mistral. 80 ans - une vie d'homme -
se sont à peine écoulés qu'il faut réécrire ce poème.
En voici donc une nouvelle version revue et
corrigée par les habitants et les industriels riverains !*



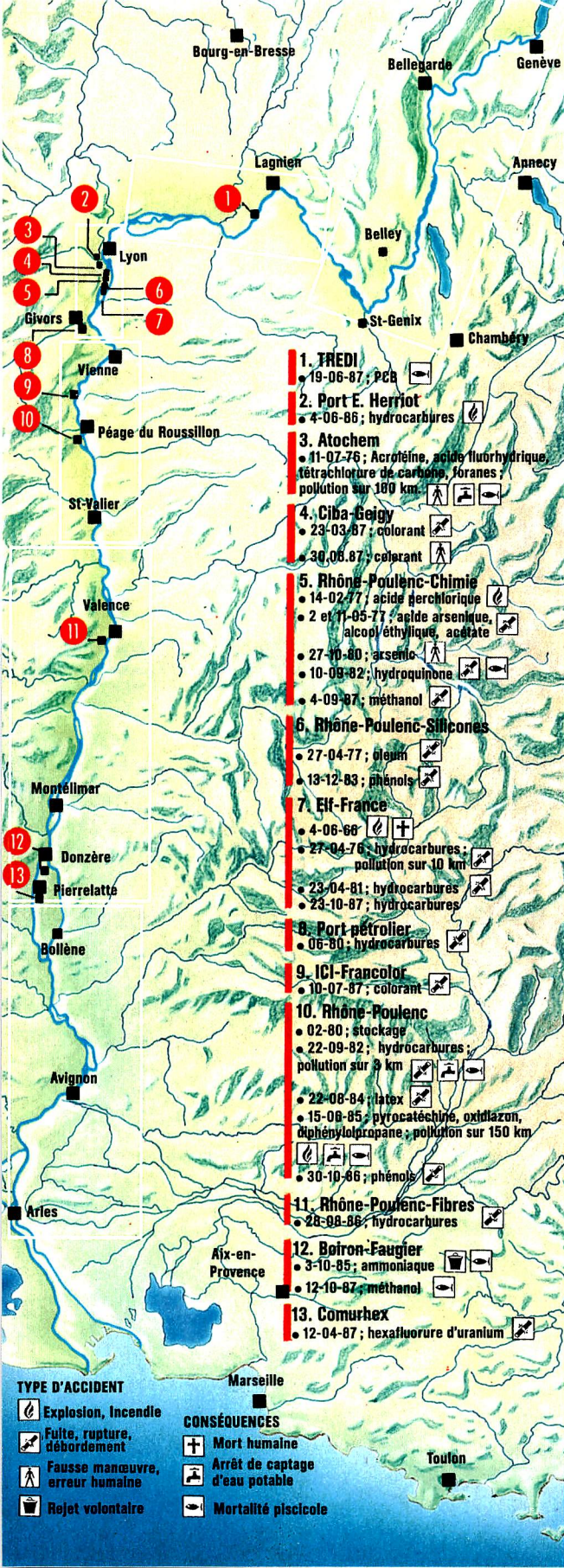


Le *Sirius* de Greenpeace a descendu le Rhône ; son arrivée à Marseille est prévue vers la mi-août. A ce moment-là, les responsables de l'association livreront les conclusions d'une étude très fouillée. En voici un avant-goût.

Du glacier du Rhône — dans le canton suisse du Valais, où il prend sa source —, jusqu'à son embouchure dans le golfe du Lion en Méditerranée, le Rhône reçoit une partie des eaux usées des villes riveraines, plus les effluves de grandes usines chimiques et de centres nucléaires, résidus qu'il déverse dans la mer. De temps à autre, l'une ou l'autre de ces usines, par suite d'un accident, le polluent brutalement de masses de produits toxiques, qui atteignent douloureusement la faune fluviale (*voir cartes pages 56 à 59*). Ainsi le Rhône est-il devenu le plus gros pollueur de la Méditerranée. Il apporte chaque année à la mer, rien qu'en pollution organique, près de 500 000 t ⁽²⁾ provenant, pour les deux tiers, des industries et pour un tiers des collectivités. Cette dernière part représente le quart des rejets de toutes les villes

(1) « Salut, Empire du Soleil que bordé, comme un ourlet d'argent, le Rhône éblouissant ! » Frédéric Mistral, *le Poème du Rhône*, chant II.





côtières du bassin méditerranéen. La Côte d'Azur, très urbanisée, est responsable d'environ 50 000 t.

Et s'il n'y avait que la matière organique, qui a l'avantage d'être dégradée, même si elle est difficile à digérer lorsqu'elle est trop abondante ! Mais l'agence de bassin Rhône-Méditerranée-Corse estime à 2 t par jour les apports en cuivre et en arsenic ! Or, ces produits toxiques s'intègrent dans la chaîne alimentaire et contaminent les organismes marins. A proximité du delta, on observe aussi des contaminations par le mercure. Le Rhône bat également le sinistre record de la teneur en plomb, avec 30 µg par litre — d'après une étude de l'OCDE (*). C'est quatre fois plus que la moyenne des trente autres fleuves du monde qui ont été étudiés. En ce qui concerne le cadmium et le cuivre, précédemment cité, c'est encore pis : il en contient neuf fois plus !

Autres effluents dangereux : les PCB (polychlorobiphényles), produits chimiques de synthèse à base de chlore, qui n'existent pas dans la nature. On les employait récemment encore pour fabriquer le pyralène, un liquide huileux utilisé comme isolant dans les transformateurs et les condensateurs électriques. Aujourd'hui, la fabrication du pyralène est interdite, mais on continue de trouver un peu partout des PCB, qui sont des composés remarquablement stables. Or, la TREDI, seule usine habilitée à détruire le pyralène, est installée à St-Vulbas, au bord du Rhône. Si bien que, chaque jour, 600 kg de PCB arrivent au delta ! Des teneurs très élevées, de l'ordre de 400 ng par litre, ont été relevées. Ce qui explique que dans le foie et les graisses des dauphins de Méditerranée, on puisse mesurer jusqu'à 450 mg de PCB par kg. Dix fois plus que chez leurs congénères d'Atlantique !

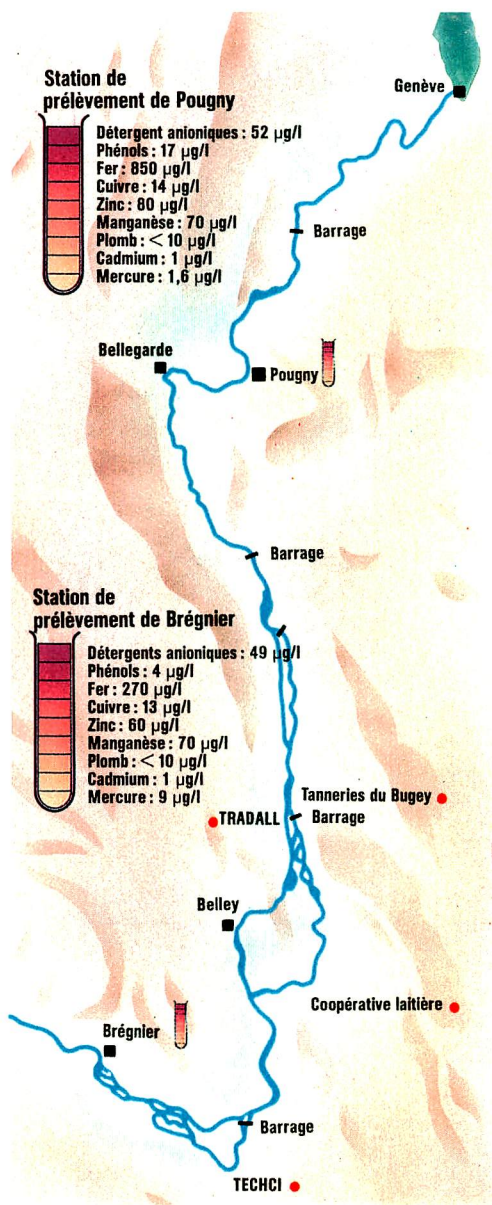
Nous convions ici nos lecteurs à un voyage sur le Rhône, à travers les principaux sites responsables de la pollution du fleuve.

(2) Les rejets de matières organiques se mesurent en DBO 5, demande biochimique en oxygène pendant cinq jours, c'est-à-dire la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes pour dégrader ces matières en l'espace de cinq jours.

(3) Organisation de coopération et de développement économique.

Le Rhône : 27 accidents écologiques en plus de la pollution permanente.

Chargé des eaux usées des villes, des rejets d'une cinquantaine d'usines, de 15 réacteurs nucléaires, d'un centre d'enrichissement de l'uranium et d'une installation de retraitement des combustibles irradiés, le Rhône est un des fleuves les plus sales du monde. De plus, 16 barrages contrarient son cours et perturbent gravement ses eaux au moment où on les vidange. La carte ci-contre indique les accidents les plus marquants qui ont entraîné une pollution. Pour repérer les principaux responsables de sa dégradation, le fleuve est découpé, d'amont en aval, en 6 tronçons présentés dans les pages suivantes. Figurent également sur chaque carte (sous forme d'une éprouvette), les concentrations dans l'eau, à l'aplomb d'une station de prélèvement, de 9 polluants.



De la frontière à Bregnier-Cordon : les Suisses ont déjà pollué.

Lorsqu'il arrive en France, le Rhône est déjà contaminé par le mercure, comme le prouvent les teneurs mesurées à la station de Pougny (près du double de la teneur admise par l'Organisation mondiale de la Santé — OMS — dans l'eau potable). Manganèse, fer et cadmium sont également présents dans l'eau. Dans les sédiments, le fer atteint des valeurs anormales, mais on trouve également du lindane, un pesticide chloré, dont la concentration est dix fois supérieure aux normes admises. Les mousses aquatiques recèlent des métaux lourds et des PCB à des valeurs largement supérieures à celles observées dans le milieu naturel. Peu d'entreprises polluantes. La plupart rejettent surtout des matières organiques.



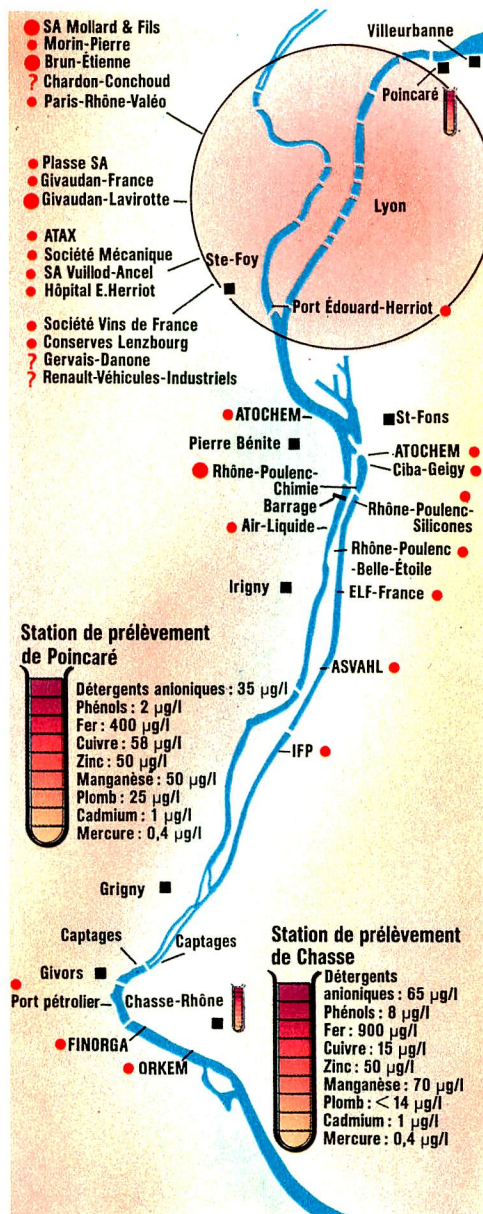
De Bregnier-Cordon à Lyon : grand cru de PCB.

Parmi les entreprises polluantes, TREDI, qui incinère des produits toxiques, est autorisée à relâcher 1,5 kg par jour du tristement célèbre PCB dans le fleuve. L'eau est riche en cuivre. Mais on y trouve également du manganèse, du fer et du cadmium. Les sédiments contiennent des concentrations anormales de lindane, tandis qu'apparaît, en aval de Bugey et de Creys-Malville, du césium 137, radionucléide d'origine artificielle, avec une activité comprise entre 4 et 25 Bq/kg (de poids sec). Le cadmium, le cuivre et les pesticides chlorés contaminent déjà les mousses aquatiques. La présence de TREDI explique qu'on trouve dans ces mousses les teneurs en PCB les plus élevées du fleuve (14 mg/kg de résidus secs).

TOXICITÉ DES REJETS

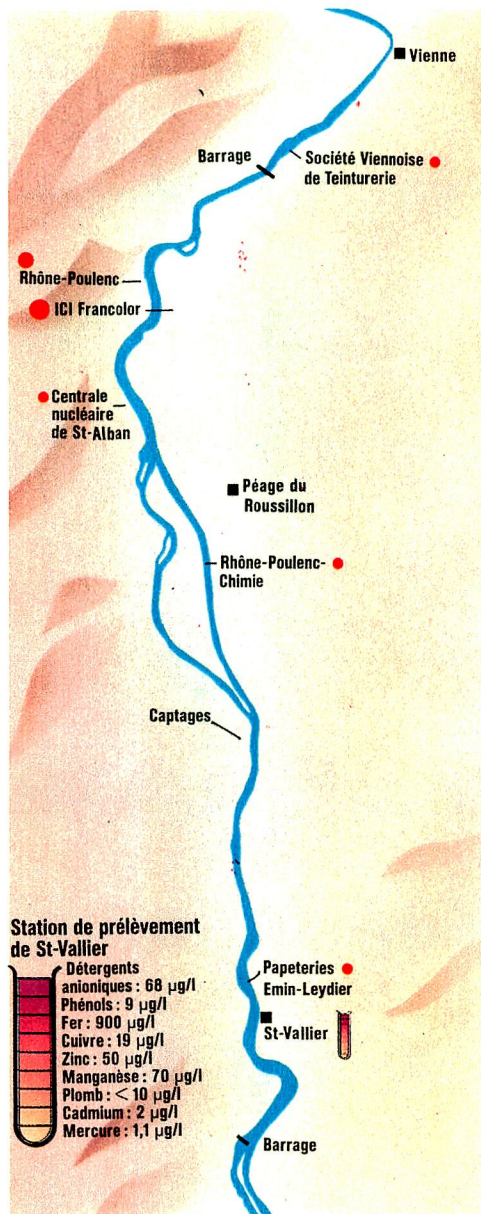
- jusqu'à 80 ket/j
- 80 à 640 ket/j
- 640 à plus de 2560 ket/j *

* kilo équitox/jour. Une eau contient 1 équitox par m³ de substances toxiques si, dans les conditions de l'essai, elle immobilise 50 % d'une population de daphnies.



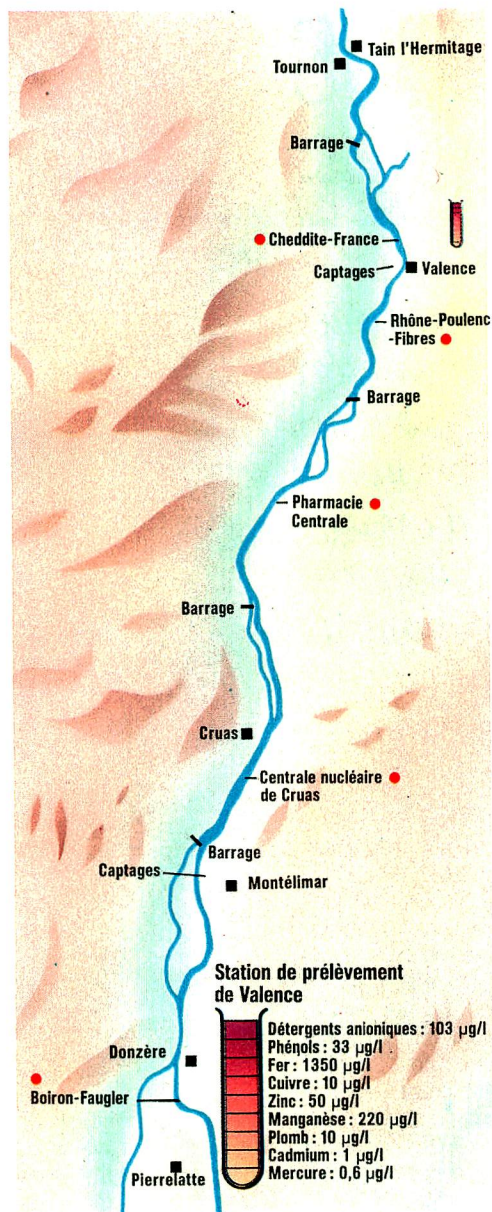
De Lyon à Chasse :

le couloir de la chimie. Ce tronçon est le plus altéré : il traverse la zone où prospèrent une quinzaine de très gros complexes industriels. Rhône-Poulenc, à St-Fons, rejette dans le Rhône 80 kg d'arsenic et 3,5 kg de cyanure chaque jour. Le "cocktail" de Ciba-Geigy est encore plus corsé : 13 substances polluantes, comme les chlorophénols, le naphthalène, le chrome, etc. Atochem, à Pierre-Bénite, recrache 9 composés toxiques, dont du chloroforme et de l'acroléine. Moins de cuivre dans l'eau, mais toujours du fer, du manganèse, du cadmium et du chrome. Les sédiments en revanche sont déjà fortement contaminés en cuivre et en cadmium. Les mousses aquatiques, riches en PCB et en DDT (valeur record pour le Rhône), fixent surtout le plomb.



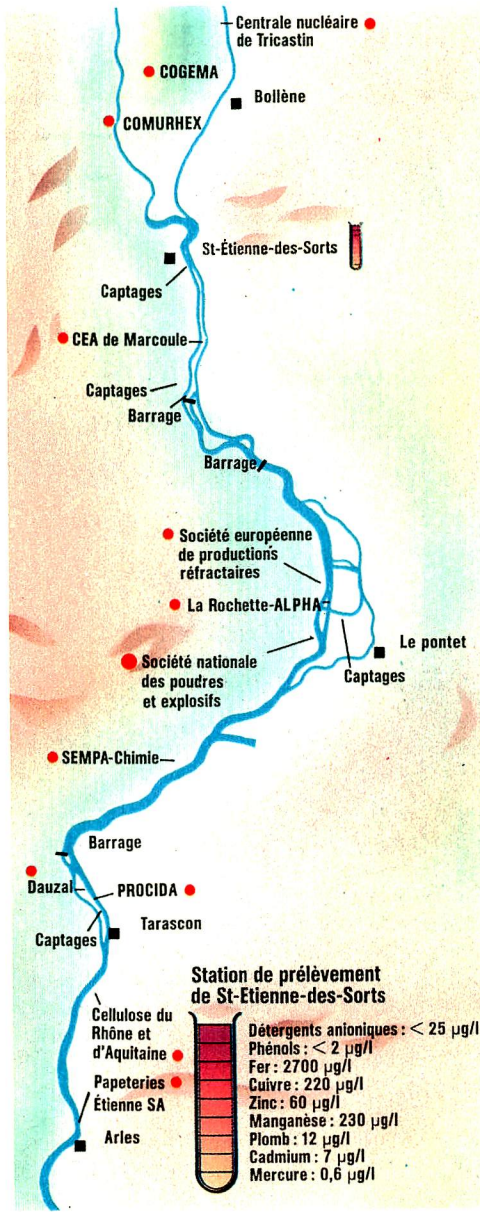
De Chasse à Saint-Vallier : record de métaux lourds dans les sédiments.

Les teneurs en mercure triplent brusquement sans qu'on ait pu en préciser l'origine. Les sédiments sont très contaminés en métaux lourds. Le maximum est atteint pour le plomb (280 mg/kg) et le cadmium (7 mg/kg). Les teneurs en DDT et en lindane demeurent excessives. Alors que seul le césium 137 était identifié dans les sédiments du Bas-Rhône, commencent à apparaître d'autres radionucléides artificiels, comme le césium 134 (jusqu'à 170 Bq/kg de poids sec). Les concentrations en césium 137 sont multipliées par 40 par rapport au tronçon précédent. Le cadmium (22,5 mg/kg), le chrome (69 mg/kg, mais aussi le plomb (151 mg/kg) et l'arsenic (15 mg/kg) voient leurs teneurs augmentées dans les mousses.



De Saint-Vallier à Donzère : une pollution surtout organique.

Moins de villes et d'industries. La papeterie Emin-Leydier rejette surtout de la pollution organique. Seuls Cheddite et Rhône-Poulenc rejettent des produits plus toxiques. La pollution métallique de l'eau, notamment par le mercure, tend à diminuer jusqu'au sud de Valence. Après, elle redevient anormalement élevée pour le fer, le manganèse, le cadmium et le cuivre. Les sédiments renferment surtout du fer et, en amont de Valence, du cadmium ; et toujours du lindane, du DDT et d'autres pesticides chlorés, à des valeurs critiques. Les mousses se portent mieux, surtout en aval de l'Isère, affluent qui jouerait un rôle de dilution, du moins pour le plomb. Pour le cadmium, les PCB et le DDT c'est le contraire.



De Donzère à Arles : le domaine du nucléaire.

Peu d'entreprises, mais la plupart très polluantes. Les installations nucléaires de Marcoule et du Tricastin rejettent directement dans le Rhône des eaux radioactives. La pollution y reste excessive en métaux lourds, le cadmium atteignant, en aval d'Avignon, son taux maximal. Les teneurs en mercure, suspecté d'être rejeté par la COGEMA, remontent. En aval de Marcoule, le taux de radioactivité atteint 26,4 Bq/l. Dans les sédiments, l'élément majeur reste le fer. Les mousses aquatiques contiennent des PCB, du DDT ainsi que du mercure, venant de l'Ardèche, et, en aval de La Cellulose du Rhône, du plomb, de l'arsenic et du cadmium.

Jacqueline Denis-Lempereur

TOXICITÉ DES REJETS
 • jusqu'à 80 ket/j
 • 80 à 640 ket/j
 • 640 à plus de 2560 ket/j *

* kilo
 équitox/jour. Une eau contient 1 équitox par m³ de substances toxiques si, dans les conditions de l'essai, elle immobilise 50 % d'une population de daphnies.

UNE ÉNIGME SOUS LA MÉDITERRANÉE

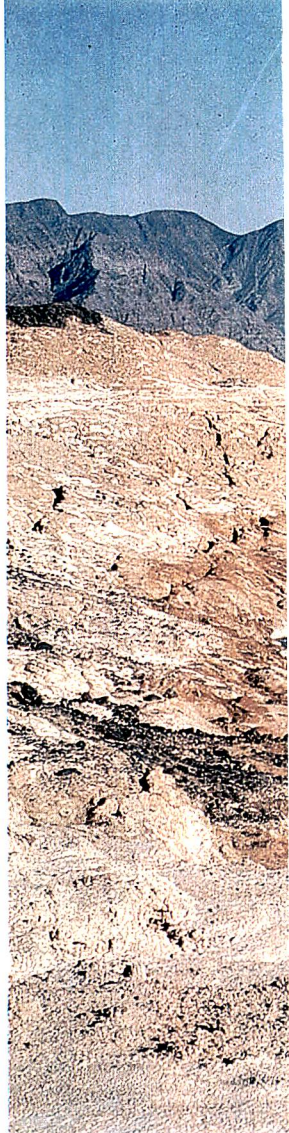
Sous la Méditerranée si belle et si bleue, un énorme désert de sel de 3 km d'épaisseur témoigne d'un passé exceptionnel : il y a 6 millions d'années, cette mer s'est fermée, évaporée, rouverte, refermée, comme un véritable marais salant. On vient de reconstituer le scénario.

Il y a entre 6,5 et 5 millions d'années ("courte" période géologique du Messinien, à la fin de l'ère tertiaire), la Méditerranée (1) connaît un événement exceptionnel qu'océanographes et géologues ont nommé la "crise de salinité". En effet, au fond de la mer, sur 3 000 km d'ouest en est et sur 1 000 km du nord au sud s'étendent des dépôts sédimentaires particuliers, des précipités de sels que les géologues appellent évaporites (gypse, anhydrite, sel gemme) d'une épaisseur considérable : de 1 200 à 3 500 m. Comment expliquer la formation de cette couche de sels ?

Deux explications de ce mystère ont été proposées, il y a une vingtaine d'années, avant qu'on en arrive, aujourd'hui, à bien le comprendre. Au Messinien, la "grande bleue" aurait ou bien fait place à une immense dépression désertique de 3 000 m de profondeur, ou bien elle se serait présentée comme une cuvette à fond plat et peu profonde, 500 m au plus, et toujours emplie d'une eau très concentrée en sels ; un marais salant géant, en quelque sorte. Nettement opposées, ces deux conceptions étaient toutefois acceptables dans les années 1970. Depuis,

de nouvelles observations permettent de nuancer ces modèles contradictoires et de mieux comprendre l'histoire de la Méditerranée.

Dans les années 1950, la structure des fonds océaniques était mal connue. Certes, l'océanographie moderne avait débuté au XVIII^e siècle, mais la géologie sous-marine, et notamment l'étude des sédiments — qui gardent "en mémoire" l'évolution des masses d'eau au cours du temps —, n'a commencé qu'à la fin du siècle dernier. Dans la première moitié du XX^e siècle, cette science se résumait bien souvent à l'étude des couches sédimentaires très superficielles, prélevées en eau peu profonde, ou encore de sédiments d'origine marine sur des terrains émergés. Cette approche sommaire avait tout de même permis de découvrir des gisements épais d'évaporites, datant du Messinien, en quelques endroits du littoral méditerranéen, en Sicile, en Algérie, en Espagne et à Chypre, sites à cette époque immergés. Les géologues ne pensaient pas alors que ces dépôts résultaient d'un phénomène géologique qui aurait affecté la Méditerranée dans son ensemble,



(1) Ethymologiquement, Méditerranée veut dire "qui est au milieu des terres". Il existe d'ailleurs plusieurs méditerranées ou mers continentales : la méditerranée américaine, qui regroupe la mer des Caraïbes et le golfe du Mexique, la méditerranée arctique, la méditerranée indonésienne et la méditerranée eurafricaine, tout simplement nommée la Méditerranée.



Les plaisanteries saumâtres de la tectonique

Le lac d'Assal, dans la République de Djibouti, s'évapore comme jadis la Méditerranée. Il est actuellement à 155 m au-dessous du niveau de l'océan Indien, avec lequel il communique encore un peu par des failles très étroites. Mais il continue à s'évaporer et le sel se dépose au fond. Ci-contre, du sel gemme dont les cristaux sont cubiques. A gauche, un échantillon de gypse datant du Messinien (6 millions d'années) prélevé en Méditerranée. Les cristaux sont en fer de lance.

Après la Seconde Guerre mondiale, la recherche océanographique fut stimulée par les militaires d'un côté et les industries pétrolières de l'autre. Français, Italiens, Russes et Américains tracèrent des cartes assez précises des contours et des fonds. Les moyens d'investigations n'offraient pas encore la possibilité de comprendre l'histoire de l'antique "mer intérieure", mais on commençait à avoir une idée de la topographie : étroitesse des plateaux continentaux, succession de bassins de profondeur variable séparés par des seuils (reliefs surélevés). On distingua alors plusieurs régions dont, le bassin occidental (ou algéro-provençal) de Gibraltar à la Sardaigne, une région centrale (ou seuil siculo-tunisien), puis le bassin oriental s'étendant jusqu'au Bosphore (**voir carte ci-dessous**).

En 1961, le bateau océanographique *Chain*, équipé d'un nouvel appareil de sondage sismique, entra en scène — le sondage sismique permet la détermination des couches sédimentaires en mesurant le temps qui sépare l'émission des signaux et leur retour. Dans les plaines abyssales, ces sondages révélèrent la présence de dômes de plusieurs kilomètres de diamètre et d'une hauteur considérable. Était-ce des dômes de sel et d'où provenaient-ils ? Ces questions sont réactualisées lors de la cam-

pagne de "Géomède 1" (géologie de la Méditerranée), menée en 1966 avec le *Jean-Charcot* et la *Calypso* de J.-Y. Cousteau, quand les dômes sont à nouveau repérés selon le même principe.

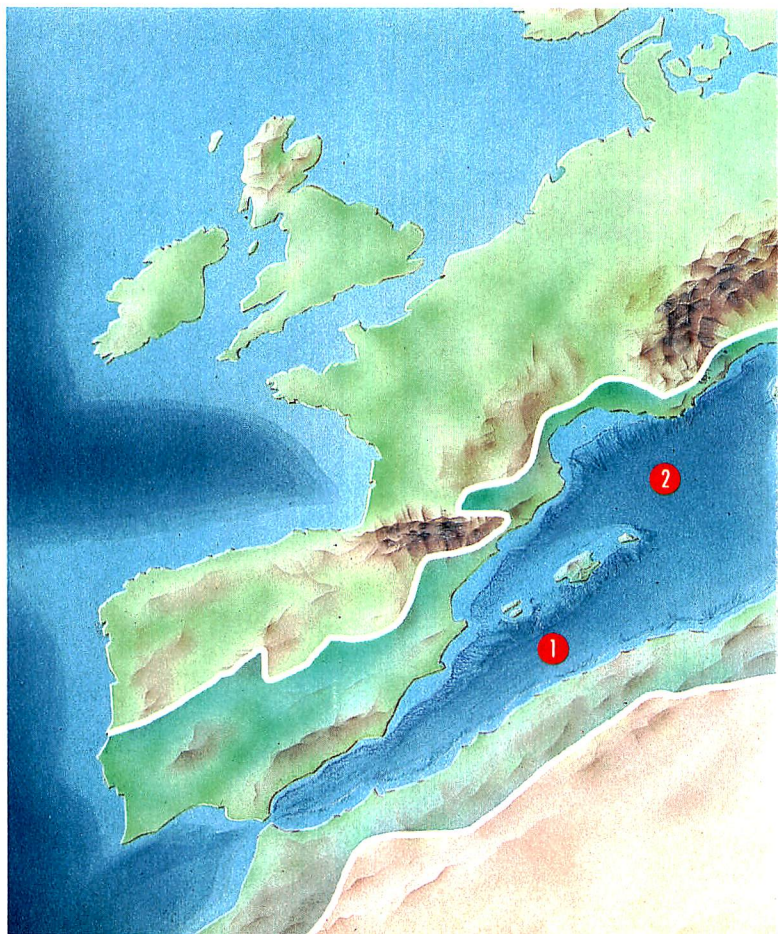
Les géologues ne sont pas les seuls intéressés par la réponse : l'existence de telles structures indique bien souvent la présence de pétrole. En effet, dans des conditions préévacoritiques, l'eau se sursale. Immobile, dense et très peu oxygénée, elle devient rapidement impropre à la vie. Les organismes meurent et tombent dans la colonne d'eau. La matière organique piégée est alors très peu dégradée. Ainsi préservée, elle peut évoluer en hydrocarbures.

Le projet de forage océanique par grande profondeur (DSDP) débute en 1968. Le navire utilisé, le *Glomar Challenger*, est doté d'un appareil capable de forer jusqu'à 7 000 m de profondeur et sur une épaisseur de 1 500 m des couches sédimentaires et des roches ; il est destiné à la reconnaissance des fonds marins.

Les forages effectués en 1970 confirment la présence de sédiments évaporitiques tels que l'anhydrite (sulfate de calcium anhydre, CaSO_4), le gypse (sulfate de calcium, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ou même le sel gemme (chlorure de sodium, NaCl). Les évaporites se forment lorsque l'eau de mer est très fortement

Le lit défilé de Thétis

Coincée entre l'Afrique et l'Europe, la Méditerranée a été compressée et déformée de nombreuses fois au cours des âges. Le contour blanc sur la carte représente l'extension maximale du domaine marin méditerranéen, il y a environ 12 millions d'années. Au Messinien (6 millions d'années), les eaux ont envahi le sud-est de l'Espagne, le bord du Maroc, l'Algérie occidentale. La mer pénétrait sur une grande partie, de l'Italie (Piémont, Toscane), des rivages de l'Adriatique, de la Grèce, sur la bordure du Nil, les côtes israélienne, libyenne et turque. La Sicile, la Crète, les îles Ioniennes et Chypre étaient sous l'eau. La topographie sous-marine préfigurait la forme actuelle du domaine. Aujourd'hui (contour bleu foncé et topographie des fonds représentés sur la carte), la Méditerranée s'étend sur près de 4 000 km d'est en ouest, 700 km du nord au sud et communique, à l'ouest, avec l'Atlantique par le détroit de Gibraltar et, à l'est, avec la mer Noire via la mer de Marmara. Elle se présente comme une succession de bassins séparés par des reliefs élevés, dont les sommets sont parfois à moins de 100 m sous la surface. Les plaines abyssales se situent généralement entre 2 500 et 3 000 m. Le point le plus profond, 5 100 m, se trouve au sud-ouest de la Grèce.



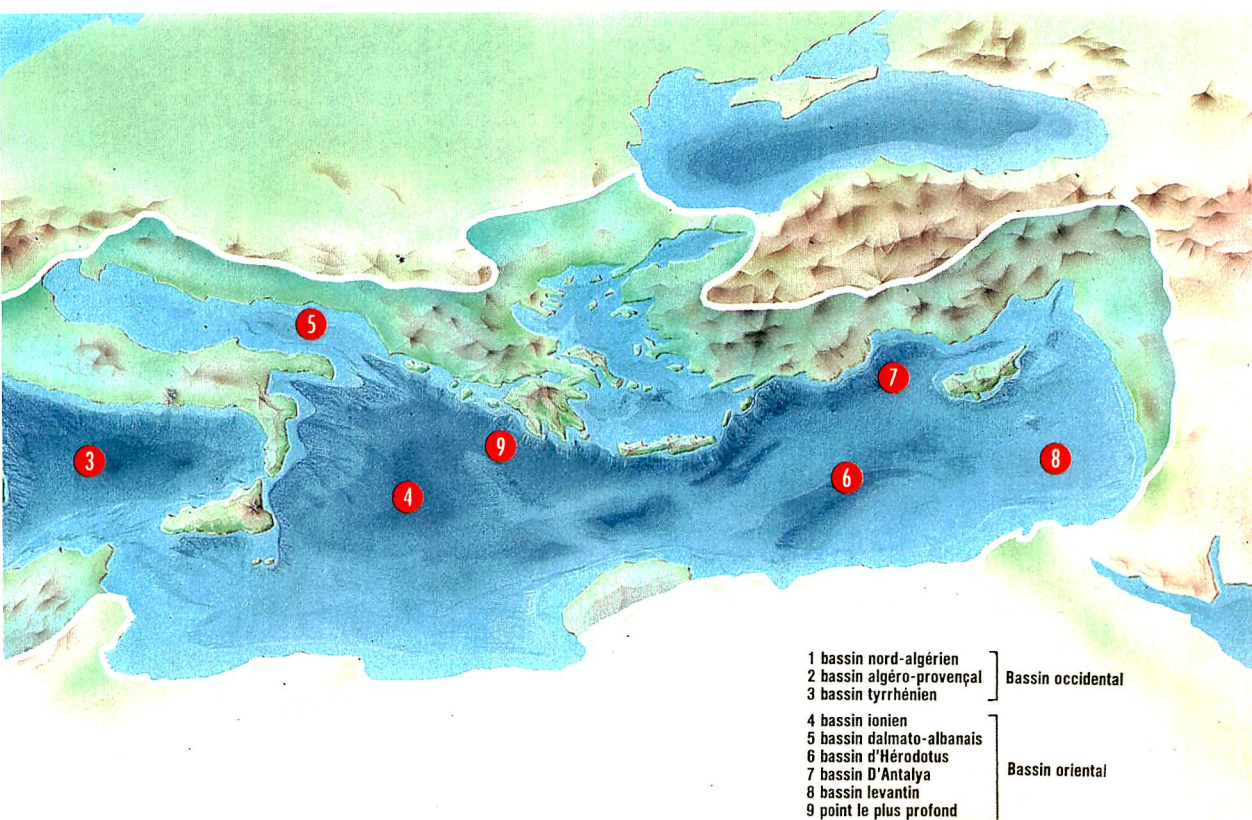
concentrée en sels — le sel gemme, par exemple, se dépose lorsque la solution en contient 350 g par litre d'eau. Et une colonne d'eau de mer de 1 000 m dépose environ 20 m de sels différents qui s'étagent ainsi dans l'ordre de l'évaporation : 4 cm de carbonates, 56 cm de gypse ou 35 cm d'anhydrite, 11,7 m de sel gemme et 8,2 m de sels les plus solubles. Cette couche dure de sels tapisse les fonds et dépasse le kilomètre d'épaisseur, elle est coiffée de sédiments datés du Pliocène (5 millions d'années), attestant que la mer était ouverte à cette époque. Que s'est-il donc passé il y a 6 millions d'années ?

Au retour de la première expédition du *Glomar Challenger*, les géologues K.J. Hsü, chercheur d'origine chinoise de l'université de Zurich, W.B.F. Ryan, de l'université de Columbia, à New York, et M.B. Cita, de l'université de Milan, proposent une explication : il y a un peu plus de 6 millions d'années, la Méditerranée communiquait à l'ouest avec l'Atlantique et était déjà isolée de l'océan Indopacifique à l'est, comme aujourd'hui (avant le percement du canal de Suez, bien entendu). Pendant ce temps, la plaque continentale africaine remontait vers le nord. Elle provoquait, entre autres, la formation de plissements montagneux dans la péninsule ibérique et dans le nord du Maroc. Au bord nord-

ouest, près du détroit de Gibraltar, une barrière se dressa peu à peu et interdit les échanges d'eaux avec l'Atlantique. L'aridité du climat entraîna, en 3 000 ans l'évaporation des quelque 4 millions de km³ d'eau que contenait la mer. Les sels et autres composés se déposèrent. Pendant près d'un million d'années, la Méditerranée ne fut qu'une cuvette désertique dont le fond était 3 000 m plus bas que le niveau de l'Atlantique. Mais une question se pose : comment une colonne de 3 km d'eau marine peut-elle donner de 1,2 à 3 km de sédiments évaporitiques ! Pour expliquer le gigantisme des dépôts, Hsü envisage plusieurs ouvertures et fermetures du bassin par le jeu de la tectonique des plaques, donc plusieurs remplissages et assèchements complets. Ainsi, chaque déferlement de l'Atlantique apporte sa couche de sel, qui s'ajoute aux précédentes. Enfin, vers 5 millions d'années, le barrage tectonique, au niveau de Gibraltar, se rompt pour de bon. Les eaux de l'Atlantique déferlent, produisant une chute d'eau mille fois plus grande que celle du Niagara. Ce formidable déluge rétablit la mer.

Voilà un schéma simpliste, mais spectaculaire, qui devait susciter de vives controverses.

Dans les années 1970, le conflit portait notamment sur la profondeur du bassin au Messinien et



sur les modalités des dépôts des évaporites. Pour Wladimir D. Nesteroff, de l'université de Paris, la profondeur maximale du bassin n'excédait pas quelques centaines de mètres. Pour R. Selli, de l'université de Bologne, la Méditerranée avait toujours été emplie d'eau de mer.

Quels que soient les modèles proposés, il reste en tout cas évident que le bassin méditerranéen a subi une crise de salinité au Messinien, que les échanges entre la Méditerranée et l'Atlantique ont été contrariés et que la remontée de la plaque africaine vers l'Europe est impliquée dans ce processus. On a pu corrélérer les évaporites trouvés dans les plaines abyssales avec leurs équivalents dans les bassins de Caltanissetta en Sicile, ou celui du Chelif, en Algérie, qui sont actuellement émergés mais étaient alors sous l'eau.

L'étude des sédiments salifères des terrains émergés ainsi que deux campagnes de forage en Méditerranée du DSDP, l'une en 1976 avec le *Glomar Challenger* et l'autre en 1987 avec un bateau plus performant, le *Glomar Explorer*, ont apporté de nouveaux renseignements. Des géologues et des océanographes, F.H. Fabricius et son équipe, de Munich, C. Pierre, de Paris, et J.-M. Rouchy, du laboratoire de géologie du Muséum d'histoire naturelle, ont alors perfectionné le scénario.

L'étude des couches, réalisée uniquement sur des carottes prélevées en terrains émergés, au-dessous du sel confirme que, avant la crise, la Méditerranée était une mer ouverte. L'analyse précise des sédiments prélevés, cette fois-ci, au fond et sur les terrains émergés du Messinien révèle également la présence de sédiments marins inclus entre les couches de sel ; on a trouvé des foraminifères (animaux unicellulaires), des coccolithes et des diatomées (algues marines microscopiques). Leur présence indique que des entrées importantes d'eau salée ont eu lieu, mais aussi que l'eau de mer a persisté pendant toute la durée de la crise. La Méditerranée n'a donc pas été la plupart du temps un désert, comme le suggérait Hsu. Des apports discontinus, mais assez fréquents d'eau de mer expliquent mieux la formation des importantes épaisseurs d'évaporites. En effet, une telle alimentation en eau de mer n'est pas en contradiction avec une précipitation importante des sels ; témoin les marais salants, où l'eau est hypersaline. Dans les strates suivant immédiatement les séries qui nous intéressent, des traces d'une faune aquatique de type saumâtre ont été mises en évidence, indiquant des apports importants d'eaux continentales (fleuves et pluies). La fin de la crise de salinité aurait donc été marquée par un changement climatique, lequel serait passé d'aride à humide. Postérieurement à ces dépôts, vers 5 millions d'années, la mer s'est rétablie.

Il faut observer que ce sont dans les plaines abys-

LES CAPRICES DU GRAND ÉCLUSIER DE GIBRALTAR

1. La mer Méditerranée ouverte. Il y a six millions et demi d'années, la Méditerranée, en eau, communique librement avec l'Atlantique.



Calotte glaciaire

2. L'isolement. Il y a six millions d'années, la plaque africaine est repoussée vers l'Europe. En même temps, la calotte glaciaire au pôle Nord augmente de volume et entraîne la baisse du niveau des océans. Ces deux actions isolent le bassin méditerranéen. Les échanges d'eau entre la Méditerranée et l'Atlantique sont alors totalement (ou presque totalement) interrompus.



Épaississement de la calotte glaciaire

3. Évaporation et précipitation des sels. Dès lors, la plus grande partie de l'eau prisonnière dans le bassin s'évapore, sous l'effet d'un climat aride. L'eau qui reste devient assez concentrée en sels pour que ceux-ci se déposent.

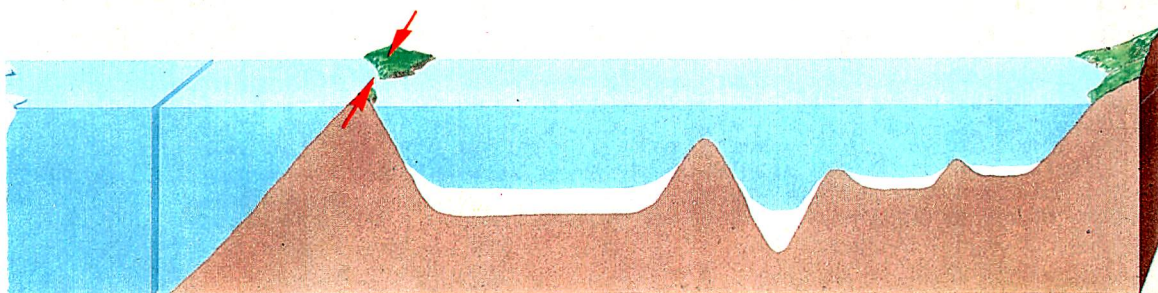
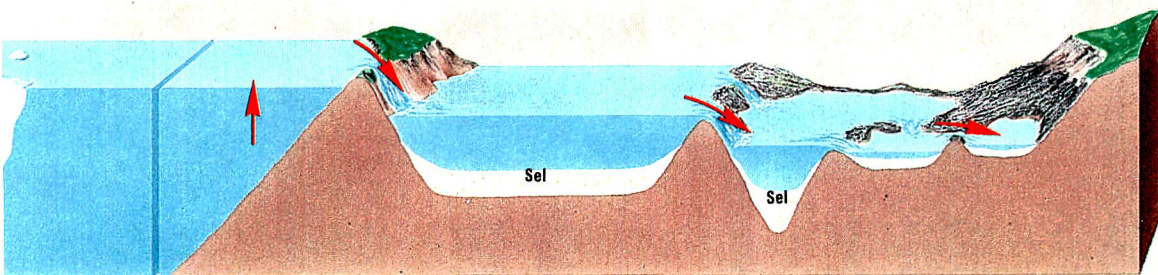
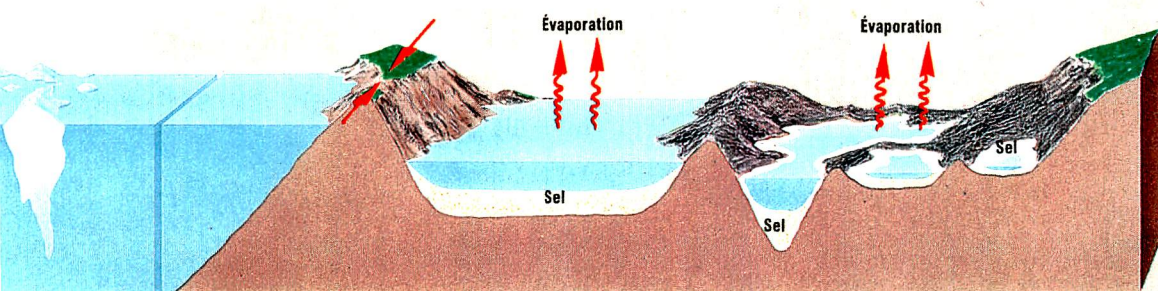
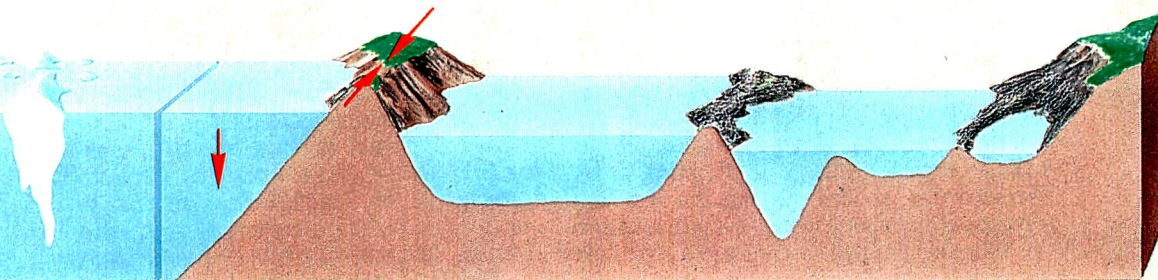
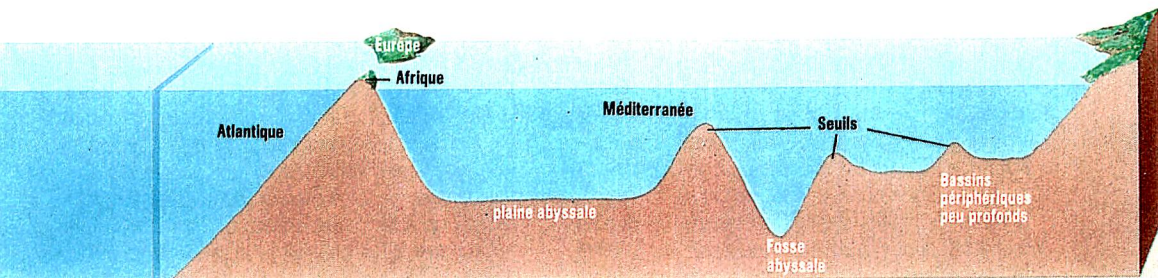
Fonte partielle de la calotte glaciaire

4. La remise en eau. Le niveau des océans varie et parfois remonte assez pour que des échanges d'eau importants (cascade ou simple filet d'eau de mer ?) entre l'Atlantique et la Méditerranée soient rétablis. Les processus 2, 3 et 4 se répètent plusieurs fois, ce qui explique la formidable épaisseur de sels précipités au fond de la mer.



5. La réouverture définitive. Enfin il y a 5 millions d'années, l'ouverture nette et franche au niveau du détroit de Gibraltar se produit. L'Atlantique se déverse dans le bassin méditerranéen et rétablit de réelles conditions marines.





sales actuelles qu'on trouve les plus grandes épaisseurs de sels, ce qui permet de supposer que la morphologie du bassin était globalement établie il y a 6 millions d'années, malgré les transformations géologiques survenues au quaternaire.

D'après les profils sismiques réalisés, les dépôts de sel atteignent l'épaisseur incroyable de 3 000 m dans les plaines abyssales du bassin oriental alors que dans le bassin occidental ils n'excèdent pas 1 500 m. Ces épaisseurs n'ont pas été vérifiées par des carottages. En effet, jusqu'à ce jour, les strates de sels, au fond de la mer, n'ont jamais été entièrement traversées; cela est interdit. Ces couches de sels étanches peuvent constituer la couverture d'un gisement d'hydrocarbures. Si les moyens techniques actuels permettent de forer par grande profondeur une certaine épaisseur de sédiments, ils ne permettent pas de faire face rapidement à une éruption accidentelle de pétrole qui polluerait une mer qui ne se renouvelle entièrement que tous les quatre-vingts ans. De plus, on découvre que les évaporites tapissant tout le domaine méditerranéen ne se sont pas tous formés au même moment. Les bassins les plus périphériques ont été

plus rapidement isolés que les bassins centraux.

Par ailleurs, la fin de l'ère tertiaire est marquée par un accroissement de la calotte glaciaire antarctique, concomitant avec une baisse du niveau des océans; ce qui a bien entendu contribué à l'isolement ou à la remise en eau de la Méditerranée.

On pense désormais avoir le schéma complet. Au début du Messinien, il y a 6,5 millions d'années, la configuration du domaine méditerranéen était globalement établie. Le bassin, comme nous l'avons dit, était moins profond. La Méditerranée communiquait donc avec l'Atlantique par des bras de mer peu profonds situés de part et d'autre de Gibraltar au niveau de l'Espagne et du Maroc. Puis les manifestations tectoniques actives ont contribué à l'isolement du bassin. Mais une ou plusieurs phases d'abaissement du niveau des océans ont aggravé la situation. A cela s'ajoutent des conditions climatiques qui, sans être exceptionnellement arides et stables, ont permis une lente évaporation de l'eau.

Parfois, la concentration en sels devenait telle que les évaporites précipitaient. Pendant cette crise, la plupart des bassins ont toujours été en eau. Mais les bassins de la périphérie, isolés par des

(suite du texte page 151)

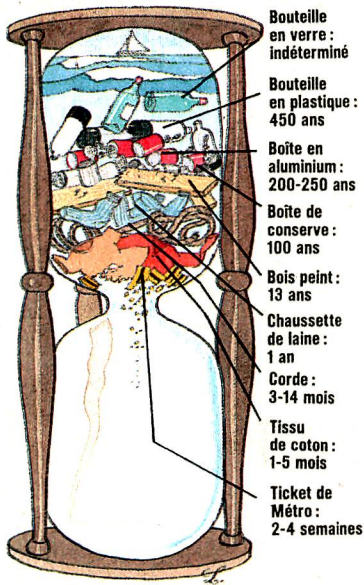
LES DÉPÔTS DÉTRITIQUES DU XX^e SIÈCLE

Que deviennent donc capsules, sacs, emballages, bouteilles plastiques, canettes en aluminium et autres débris jetés en mer ou sur la côte méditerranéenne? Ils persistent, voyagent au gré des intempéries du littoral en haute mer et inversement, ou bien tombent au fond.

Depuis quelques années, les ramassages sur les plages et les observations visuelles au large d'objets ont révélé l'importance de la pollution de la Méditerranée par les ordures. La plupart de ces débris sont non biodégradables (de 65 à 75 % sont en matière plastique) et leur accumulation atteint des taux alarmants.

Des enquêtes au large de Malte et en Espagne ont révélé une concentration de 2 000 objets flottants par km² de mer. Donc 6 milliards d'ordures flotteraient sur cette mer d'une superficie totale de 3 millions de km²! Quant au rivage, chaque mètre recevrait un débris d'origine marine ou terrestre par an. En réalité, on a recensé de 7 objets en Israël à 102 en Sicile par mètre de plage. Les variations s'expliquent par les conditions locales et la fréquentation touristique.

Ce type de pollution pèse gravement sur l'écosystème méditerranéen. Elle menace en particulier les cétacés, les



oiseaux, les tortues et les poissons, qui mangent les débris ou s'enlacent et meurent piégés par les objets flottants. 30 % des poissons pêchés en Méditerranée auraient ingéré du plastique.

Complexe et géographiquement dis-

persée, la pollution par les ordures est difficilement quantifiable et pour l'instant n'a pas fait l'objet d'études globales. Mais les premières données signalent qu'il est urgent de prendre des mesures de prévention et de lutte. Dans le cadre du Plan d'action pour la Méditerranée (PAM), des programmes d'évaluation de cette forme de pollution pour l'ensemble de la Méditerranée ont été entrepris. Lors d'une prochaine réunion du PAM, diverses mesures seront proposées et devraient consister à favoriser la suppression des décharges sauvages ou "légalées" installées à proximité de la mer et à encourager la collecte sélective des ordures. Les propositions devraient également aboutir à la mise en place d'une réglementation stricte : interdiction de rejeter plastiques et matières synthétiques persistantes au même titre que les hydrocarbures et les polluants chimiques.

D'ores et déjà, les campagnes de ramassages sur les plages se développent, et les stations balnéaires semblent se soucier davantage de l'environnement.

Mais le complément indispensable à toute action demeure la mobilisation du public. Veillons tous à ne pas transformer la mer en poubelle.

LE RADON PLUS DANGEREUX QUE LES CENTRALES NUCLÉAIRES ?

Allons-nous voir des détecteurs municipaux de radon dans certaines régions, comme la Bretagne et la Haute-Vienne ? C'est ce que recommandent déjà certains experts. Une étude anglaise accuse, en effet, ce gaz naturel de causer bien d'autres cancers que celui du poumon, dont on le savait déjà responsable. Toute la question qui se pose est : à quelles doses devient-il nocif ?

La radioactivité naturelle semble plus dangereuse qu'on ne le croyait. En témoigne l'étude d'une équipe anglaise (*) sur les concentrations moyennes en radon dans 14 pays du monde et les taux de cancers qu'elles causeraient. La corrélation entre les deux est étonnante : de 13 à 25 % des cas de leucémie myéloïde répertoriés dans le monde seraient imputables au radon.

Nous subissons tous cette radioactivité depuis toujours, mais, parce qu'elle est naturelle, terme magique ou devenu tel, certains scientifiques avaient soutenu qu'elle ne pouvait être nocive ; l'eût-elle été que la race humaine, supposait-on, n'y eût pas survécu. De 15 à 20 % de cette radioactivité tombent des étoiles, sous forme de rayons cosmiques, qui nous infligent une irradiation universelle de quelque



30 millirems/an. Le reste monte du sol, essentiellement sous forme de ce gaz, le radon, dont les taux sont très variables comme on va le voir. Toujours est-il que la science déclare l'alerte à la radioactivité naturelle.

Le radon se présente sous trois formes : le radon 219, dit aussi actinon, qui procède de la dégradation de l'uranium 235 présent dans la croûte terres-

Louez ce détecteur.

C'est le premier appareil permettant une lecture quasi immédiate de l'activité en radon, en espace clos. Le mois prochain, nous y consacrerons un "écho de la vie pratique". Le Radhome : 450 F la semaine. Tél. : (16) 55 71 02 79.

La femme au foyer plus exposée que le mari au bureau

tre ; le radon 220, dit aussi thoron, qui vient du thorium 232 ; et le radon 222, qui vient de l'uranium 238. Le premier est à la fois rare et éphémère, puisque sa demi-vie ⁽²⁾ est de quatre secondes ; le deuxième, moins rare, peut se retrouver dans les matériaux de construction, et sa demi-vie est de près d'une minute ; sauf exceptions, ni l'un ni l'autre ne durent assez longtemps pour avoir le temps de traverser les couches rocheuses et polluer l'air. C'est le troisième, le radon 222, qui est le plus dangereux, parce que sa demi-vie est de quatre jours. Il a, en effet, largement le temps de filtrer à travers les roches. La radioactivité artificielle, celle provenant des industries nucléaires et des matériels médicaux à fins thérapeutiques, ne représente que de 15 à 20% de toute la radioactivité que nous subissons (la très grande majorité de cette quantité venant du domaine médical, l'industrie nucléaire ne "fournissant" qu'environ 1% de l'ensemble de la radioactivité que nous recevons).

Les émanations de radon dépendent de la composition de la croûte terrestre et de ses variations ; c'est ce qui explique les très grandes différences de concentration d'un point à l'autre d'un même terri-

toire. Ainsi, dans le Finistère, la valeur moyenne est de 940 millirems/an ; dans la région parisienne, de 190. Mais ces émanations peuvent varier énormément dans un même département. Ainsi, inférieure à 60 mr/an près de St-Aulaye, en Haute-Vienne, la radioactivité due

au radon monte à plus de 175 mr/an à Nantiat, dans le même département ⁽³⁾.

Parler de moyenne nationale n'a donc pas grande portée (la moyenne nationale française est de 2 à 3 millisieverts par an — ou mSv/an —, soit de 200 à 300 mr/an), car elle ne vaudrait que pour quelqu'un qui circulerait sans arrêt sur un territoire où les variations peuvent couramment atteindre un facteur 10 entre deux points distants de quelques kilomètres. Ainsi, aux États-Unis, la moyenne nationale est de 3,6 mSv/an, mais certaines maisons atteignent 50 mSv/an, ce qui est l'équivalent de 5 000 mr/an, soit la norme admise pour les travailleurs du nucléaire — une norme que certains voudraient voir ramenée à 20 mSv/an. Et rappelons que, pour la population moyenne, les normes sont beaucoup plus basses que pour les travailleurs du nucléaire. Mêmes écarts en Grande-Bretagne, où l'on enregistre dans certaines régions des valeurs de 7 ou 8 mSv/an, et parfois même de 20 mSv/an.

Ce qui est important, c'est l'effet du radon sur la santé. Comme toute particule radioactive, il menace les gènes, unités de synthèse protéique qui régissent tout ou partie du fonctionnement des cellules ; il peut endommager les chromosomes, il peut réveiller ou réactiver un oncogène. Et il le fait dans certains cas : on est presque certain, depuis plusieurs décennies, que le radon à forte concentration est une cause de cancer du poumon. Présent dans l'air, il traverse la paroi alvéolaire des poumons ; s'il ne peut s'y fixer, les isotopes qui procèdent de sa dégradation, puisque sa vie est relativement courte, les poloniums 214 et 218, le font en revanche aisément. Conséquence à plus ou moins long terme : le cancer du poumon. Le radon se diffuse aussi dans le sang ; s'il peut, en principe, accéder à tous les tissus, il présente une nette préférence pour les graisses, dans lesquelles il se dissout particulièrement bien ; c'est le cas de la moelle osseuse, en effet riche en graisses. Là, si les dégâts qu'il inflige ne sont pas réparés à temps, il peut dérégler les cellules précurseurs des globules blancs. Conséquence, cette fois-ci, également à plus ou moins long terme, la leucémie.

L'équipe anglaise citée plus haut a particulièrement approfondi son étude corrélatrice des différentes régions du Canada ; elle a cherché à voir s'il n'y aurait pas une relation entre les taux de radon et les cancers du poumon mais aussi d'autres types de cancers. Ainsi, le radon serait aussi responsable de cancers chez l'enfant, de cancers du cerveau, de la moelle épinière, des os (ostéosarcomes), de mélanomes et de cancers du rein. 10 % des cas enregistrés dans le monde seraient imputables au radon.

Deux types d'affections malignes se détachent de l'ensemble de l'étude anglaise : les leucémies et les mélanomes. Déjà citées en tête de ces lignes, les leucémies atteindraient, dans certaines régions, une fréquence excessivement élevée : de 23 à 43 % des cas enregistrés dans les Cornouailles seraient causés par le radon ! Soit le double de la moyenne des cas dans les 14 pays étudiés. Quant aux mélanomes, 72 % des cas seraient causés par le radon.

Surprise de cette étude : pas de corrélation avec les cancers de l'estomac, ce qui serait à la rigueur compréhensible, mais aussi du poumon, ce qui est troublant. En effet, les travaux anglais sont là en contradiction avec certains travaux précédents, qui attribuaient une forte responsabilité au radon dans les cancers de ces deux organes. Pour le Dr Lafuma, chef du département de protection sanitaire du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), il faut être très prudent sur l'interprétation des études de corrélation. Il faut, pour qu'une corrélation soit valable, éliminer les facteurs capables d'influer sur les phénomènes observés. Or, le cancer est une maladie causée par de très nombreux facteurs : ce sont tous les facteurs de l'hérédité et du mode de vie, y

(1) D.L. Henshaw, J.P. Eatough et R.B. Richardson du Wills Physics Laboratory, université de Bristol. Voir *The Lancet*, 28 avril 1990.

(2) Temps que met l'élément radioactif à perdre la moitié de sa radioactivité.

(3) Voir "Un gaz mortel qui vient du sol", *Science & Vie* n° 846, mars 1988.



En Bretagne et dans les régions granitiques en général, le radon peut atteindre des taux inquiétants.

compris alimentation et stress ; comment les éliminer ? Comment isoler l'incidence du radon ? Et comment interpréter alors les taux de cancers relevés ?

Le Dr Lafuma souligne par ailleurs une autre difficulté de la statistique dans ce domaine-là : pour qu'une corrélation précise puisse être établie entre radon et taux de cancers, il faut que les zones géographiques étudiées aient une concentration en radon à peu près homogène. Or, c'est rarement le cas. Car cette concentration peut varier, non seulement d'un village à l'autre, mais encore d'une maison à l'autre dans un même village, et l'ordre de variation est d'un facteur qui peut atteindre 100. Il existe même des différences de concentration considérables entre l'intérieur et l'extérieur d'une même maison (là encore, le facteur de variation peut être de l'ordre de 100). Pis : les valeurs de concentration en radon peuvent varier du simple au décuple selon la saison.

Ainsi, le radon se concentrant plus particulièrement à l'intérieur des maisons, la dose reçue au cours de sa vie par une femme au foyer sera très différente de celle que recevront son mari ou ses enfants, qui sont le plus souvent à l'extérieur.

On retrouve ici la difficulté évoquée plus haut : les valeurs moyennes nationales et même régionales sont tout à fait théoriques ; pour bien faire, il faudrait délimiter des aires géographiques beau-

coup plus restreintes et même établir les taux d'irradiation d'individus pris isolément. Il faut également multiplier les études épidémiologiques afin de déterminer les seuils au-dessous desquels le radon peut être considéré comme inoffensif. On voit donc ressurgir le célèbre problème des faibles doses. Pour mieux le cerner, plusieurs études sur des animaux de laboratoire sont actuellement en cours au CEA ; elles visent à définir les effets d'une exposition faible, mais prolongée, au radon ; elles n'aboutiront que dans deux ans.

Un fait est certain : à de fortes concentrations, le radon est cancérigène pour le poumon. Cependant, en l'absence de toute certitude sur les effets des faibles doses, de nombreux pays recommandent des mesures pour protéger les habitants des régions les plus exposées. En 1988, aux Etats-Unis, ce fut le directeur de l'équivalent de notre Agence pour l'environnement qui tira la sonnette d'alarme. En 1990, c'est la Communauté économique européenne qui s'inquiète. En France, le Centre de radioprotection dans les mines (CPRM) propose en association avec la Société française d'énergie nucléaire, de mettre des détecteurs automatiques de radon à la disposition des habitants de certaines régions.

La panique n'est pas de mise : il semble, en effet, que dans le Finistère, on meure plus des abus d'alcool ou de tabac que du radon. **Marie-Françoise Lantiéri**

LE SAHARA A CONQUIS LE SAHEL

En Afrique, le désert avance. Une crise économique et démographique sans précédent en découle. Vingt pays sont touchés. Ils ont constitué un Observatoire pour savoir pourquoi et quoi faire. Excellente résolution. Et un organisme international de plus...





Partout les déserts avancent. En même temps, des hommes colonisent de nouvelles terres pour assurer leur subsistance. Évidemment, le mouvement ne peut se poursuivre à l'infini. Vingt pays d'Afrique (1) sont particulièrement touchés par ce double phénomène. Un Observatoire du Sahara et du Sahel vient donc d'être créé pour trouver des solutions. Cet organisme de recherche, dont les membres se sont réunis à Paris pendant trois jours début juin, va commencer par analyser la désertification depuis quarante ans. C'est, en effet, quand on en connaîtra les causes qu'on pourra définir les remèdes.

Bien évidemment, l'étude devra quand même aller au-delà de quarante ans pour comprendre l'histoire du Sahara, le plus grand désert du monde (8 millions de km²), et savoir comment il a rongé la bande de végétation qui borde sa limite sud, le Sahel (2). Car la frontière Sahara-Sahel varie avec le climat de la planète et l'alternance des périodes sèches et humides. Le cycle en est inconnu; jusqu'ici, il n'y a pas moyen de prévoir une période humide (3).

Les caprices du temps ne datent pas d'hier: il y a neuf mille ans, le nord de l'Afrique comptait des lacs aussi grands que le lac Michigan, en Amérique du Nord. Il y a mille cinq cents ans, des éléphants occupaient le Niger; en témoignent les gravures rupestres d'Iwelen. C'est donc que les pachydermes y trouvaient assez de l'herbe indispensable à leur alimentation, soit 150 kg par jour et par animal. Or, le Sahel est actuellement couvert de steppes arides, peuplées d'épineux, comme les acacias, et d'un tapis squelettique de graminées. Mais l'homme n'est sans doute pas seul responsable de la pelade du Sahel.

Depuis le début des années 1920, on mesure là-bas les chutes de pluies; on dispose donc de détails sur le climat sahélien au XX^e siècle. Celui-ci a connu, en

Il y a environ 1 500 ans des éléphants paissaient là où ces chèvres font maigre pitance aujourd'hui.

gros, deux périodes humides et trois périodes sèches. Les vingt dernières années ont battu les records d'aridité : on a même vu se tarir le fleuve Niger.

Il faudra savoir si c'est la faute du Soleil et analyser les rapports entre la fluctuation des radiations solaires et le mouvement de la Terre. En effet, l'excentricité de l'orbite terrestre et l'inclinaison de son axe varient de façon cyclique, selon des périodes pouvant atteindre cent mille, quarante et un mille et vingt et un mille ans. Actuellement, ces deux facteurs feraient qu'on recevrait le maximum de rayons solaires, ce qui expliquerait le réchauffement de la Terre, indépendamment de tout "effet de serre", et la période de sécheresse qui en découle pour le Sahara et le Sahel.

La désertification serait-elle réversible ?

L'aridité du Sahel serait donc réversible. Mais cela n'explique pas entièrement la désertification du Sahel : l'homme lui-même y a contribué depuis longtemps. Autrefois, l'agriculture traditionnelle limitait les zones de culture à un plancher de 400 mm de pluies par an (*) ; le reste des terres était réservé aux troupeaux d'élevage. Mais l'introduction de nouvelles techniques agricoles et le développement de cultures commerciales telles que l'arachide et le coton ont étendu les terres cultivées.

Du coup, l'ancien équilibre entre terres agricoles et pâturages a basculé. Les éleveurs ont beaucoup moins de terres pour leur bétail et font donc du "surpâturage", d'où disparition du tapis végétal. Et les agriculteurs, eux, ont appauvri des terres qui n'étaient pas assez riches pour supporter des cultures commerciales.

Il y a donc une belle marge pour pallier les caprices du climat. Mais, en attendant, les paysans émigrent vers les villes. Ainsi sont nées des mégapoles comme Bamako, Dakar, Nouakchott. Celle-ci est un bel exemple du processus d'exode rural depuis trente ans. Fondée en 1957, elle est la plus jeune capitale d'Afrique ; en 1960, elle ne comptait que 5 000 habitants ; en 1985, les estimations démographiques variaient entre 350 000 et 500 000 ! Les prévisions vont au-delà du million d'habitants en l'an 2000.

Maintenant, une bonne partie de la population de Nouakchott, constituée d'éleveurs que ruina la grande sécheresse de 1970, vit dans des campements, et le taux d'urbanisation de la Mauritanie atteint 40 %. Or, comme le dit D. Ouedraogo, directeur du Centre d'étude et de recherche sur les populations pour le développement : « L'exode rural consiste le plus souvent à troquer une misère sans espoir contre une misère avec espoir. »

Espoir ou non, à ce rythme-là, d'ici à trente ans, la

majorité des Africains vivront dans des villes, alors qu'ils n'étaient que 14 % au début des années 1950. Et le phénomène est encore amplifié par l'expansion démographique et la migration des populations à l'intérieur même du Sahel. Et en plus les Etats ont emboîté le pas, en organisant eux-mêmes des transferts de populations vers des zones aménagées.

On ne sait pas grand-chose sur ces migrations ; ce sera un des travaux de l'Observatoire que d'analyser les trois grands courants qui se sont dessinés : celui qui se produit à l'intérieur même du Sahel, puis celui qui va du golfe de Guinée vers l'Afrique centrale et qui grossit le premier. Enfin, celui qui va vers l'Europe et l'Amérique du Nord. Restera à définir l'importance de l'immigration des réfugiés liée aux instabilités politiques : on compterait ainsi plus de 2 millions de réfugiés politiques dans la seule Afrique orientale.

Aux aspects économiques et démographiques de leur travail, les experts de l'Observatoire devront joindre des considérations médicales. Si le Sahel est trop sec pour la végétation, il y tombe quand même de l'eau de temps en temps, assez pour faire proliférer l'anophèle, vecteur du parasite de la malaria (voir *Science & Vie* n° 873). En effet, ce moustique profite de la courte saison des pluies pour pondre ses œufs dans les mares provisoires. La transmission s'effectue pendant cette brève période et la population a peu de chances d'échapper à la contamination.

L'immunité naturelle s'établit plus lentement dans ces régions qu'en Afrique tropicale, où l'attaque des anophèles est plus longue et plus intense. La maladie n'en est donc que plus virulente, et elle tend à devenir résistante aux antipaludéens classiques, comme la Nivaquine.

Réunis à Paris, les conférenciers de l'Observatoire ont créé un comité de liaison pour faire circuler l'information ; ils éditeront donc un bulletin en anglais, en français et en arabe. Excellente idée ! Mais on peut se demander si l'on avait vraiment besoin d'un nouvel organisme international. Il y a longtemps que l'ORSTOM envoie sur le terrain des équipes multidisciplinaires (géographes, biologistes, médecins, anthropologues...) pour étudier la désertification du Sahel.

On peut aussi se demander si les experts de l'Observatoire iront assez vite pour compenser une désertification qui tourne à la désertisation tout court.

Didier Dubrana

(1) Algérie, Burkina Fasso, Cap-Vert, Djibouti, Egypte, Ethiopie, Gambie, Guinée Bissau, Kenya, Libye, Mali, Maroc, Mauritanie, Niger, Ouganda, Sénégal, Somalie, Soudan, Tchad, Tunisie.

(2) Sahel, en arabe, signifie bordure ou littoral.

(3) Le climat sahélien se caractérise par une longue saison sèche (de novembre à juin) et de très faibles précipitations, entre 100 mm pour la zone saharo-sahélienne et 1 000 mm pour la zone soudanienne.

ECHOS DE LA RECHERCHE

PHYSIOLOGIE & TRAVAIL

Les ultrasons peuvent être nocifs

« Les ultrasons sont de plus en plus utilisés », relève une étude originale des Instantanés médicaux de l'Encyclopédie médico-chirurgicale (n° 2, 61^e année), « que ce soit dans l'industrie ou en diagnostic médical, voire en thérapeutique, et ils sont depuis peu entrés au cabinet dentaire »...

... pour détartrage, précisons-le. Or, directement et indirectement, l'étude, signée d'un spécialiste parisien, M. Ohresser, conclut qu'il y a des dangers divers.

Les ultrasons, c'est-à-dire les signaux acoustiques d'une fréquence supérieure à 16 000 Hz, donc inaudibles par l'oreille humaine, peuvent entraîner des modifications organiques et physiologiques de l'oreille. Les explications recensées par M. Ohresser ne concordent pas toutes absolument, mais indiquent que les effets nocifs seraient causés par une destruction des cellules ciliées de la cochlée. Généralement, c'est-à-dire (nous citons) « aux doses auxquelles ils sont employés, notamment en diagnostic médical et en thérapeuti-

que, ou encore dans l'exercice dentaire, l'ensemble des travaux semble indiquer qu'ils ne retentissent pas sur le seuil auditif ». La destruction des cellules ciliées ne toucherait pas une zone suffisamment large pour en modifier le fonctionnement. Autant dire qu'il ne faut pas en abuser, et surtout qu'il ne faut pas en élever les intensités, sous peine de léser l'audition.

Toutefois, ces considérations, peu alarmantes en elles-mêmes, sont assorties d'un tableau qui est moins rassurant. C'est ainsi que, pour une intensité de 100 mW/cm² et une exposition de quinze minutes, on a enregistré des dommages de la membrane plasmique dans l'embryon de poussin. Là, ce n'est plus l'audition qui est en cause, mais la physiologie tissulaire. Pour une intensité de 1 000 mW/cm² pendant dix minutes, on a enregistré également une altération des testicules du rat, et pour la même intensité pendant vingt minutes, une altération du rein d'un chien. A 2 500 mW/cm² pendant cinq minutes, on observe la thrombose murale des artères de lapin et à 3 500 mW/cm², pendant la même durée, la nécrose et la destruction des mitochondries dans le larynx d'un lapin.

Dans ce domaine, il faut préciser une donnée fondamentale, afin de ne pas susciter non plus d'alarmes excessives : la fréquence des ultrasons, qui est le nombre d'ondes

transmises par seconde, est mesurée en hertz, alors que leur amplitude, elle, est mesurée en watts. Or, les amplitudes utilisées dans les expériences évoquées plus haut sont très supérieures à celles qui sont employées en médecine. Même si l'on recourt à de hautes fréquences, de l'ordre de 5 à 10 MHz, les amplitudes utilisées ne devraient pas poser de problèmes prévisibles en l'état actuel des connaissances. A titre de comparaison avec les données citées plus haut, on estime qu'au cours d'une échographie fœtale les intensités sont de l'ordre de 200 mW/cm², selon le type de sonde utilisée.

Il faut s'en féliciter, eu égard aux immenses progrès dans le diagnostic précoce que permet l'ultrasonographie. Les abus qu'on a souvent dénoncés (une échographie sur deux serait superflue) n'y changent rien, c'est la technique de dépistage la plus précieuse et la moins offensive dont on dispose.

C'est donc dans le domaine industriel que des risques pourraient exister, si l'on songe que, pour la soudure des matières plastiques, on utilise des fréquences de 20 à 30 W/cm². Là, ce n'est plus l'audition qui pourrait être atteinte, mais l'état des tissus vivants, les ultrasons ayant deux effets principaux sur ces tissus : ils élèvent la température localement, puisqu'ils transmettent de l'énergie, et, dans certaines conditions, ils donnent naissance à des bulles de gaz ou de vapeur, par cavitation, au sein des tissus.

G.M.

Le gène de la psychose manico-dépressive (ou plus exactement, de la tendance à cette psychose) a été identifié par une équipe française (Association génétique et maladies mentales, CNRS de Gif-sur-Yvette). Il est situé sur le bras court du chromosome 11. Bonne nouvelle pour les dépistages.

Carbone 14 parfois en défaut au-delà de 9 000 ans : des erreurs importantes (environ 3 000 ans) sur des échantillons de 20 000 ans ont été relevées par la datation à l'uranium thorium.

Le premier journal martien de la Terre, Mars Underground News, édité par la Société planétaire de Pasadena, en Californie, en est au numéro 1 de son volume III. Le dernier numéro de cette publication (assez mince) estime que la planète Mars présente un grand intérêt éducatif pour la jeunesse.

ENTOMOLOGIE & ÉNERGIE

CIVILISATION

La propulsion à réaction a été inventée par un coléoptère

Durant la Seconde Guerre mondiale, Von Braun réalisa un système de propulsion, le pulsoréacteur, pour les fusées V-1, qui consistait à mélanger l'alcool et l'oxygène liquide contenus dans des réservoirs séparés, dans la chambre de réaction d'une tuyère unique. Il obtenait ainsi une poussée suffisante pour assurer à l'engin une vitesse de quelque 250 km/h. Or, le véritable inventeur du pulsoréacteur est, selon Jeffrey Dean et ses collaborateurs (*Science*, 8 juin 1990), le coléoptère *Stenaptinus insignis*, dit communément "bombardier" (en fait, il existe plusieurs coléoptères de ce nom, du genre brachyne ou aptine).

Le bombardier en question émet, quand il est attaqué, un jet de liquide acide qui décourage ses agresseurs, d'autant plus que l'émission de ce jet est accompagné d'un petit bruit détonnant assez inquiétant. Or, cette prouesse est obtenue selon un principe identique à celui du V-1. Deux liquides, des hydroquinones et du peroxyde d'hydrogène, et des réactifs chimiques, catalases et oxydases, sont entrepo-

sés dans deux réservoirs séparés. Le réservoir des oxydases est plus petit que l'autre, auquel il est relié par une valve, ordinairement fermée hermétiquement, et il sert de chambre de réaction.

Quand le bombardier est en danger, il exerce une pression sur le réservoir des hydroquinones et du peroxyde d'hydrogène, dont les parois sont souples ; à ce moment, ces liquides sont expulsés dans la chambre de réaction où se produit une catalyse aboutissant à l'éjection de p-benzoquinones.

L'éjection se produit par pulsions, à raison de 368 à 735 pulsions/sec et de 2 à 12 pulsions par émission. Elle est assez forte pour aller jusqu'à une douzaine de mètres.

Ce qui est singulier est que ces produits sont éjectés à la température de 100°C, ce qui confirme que la brûlure ressentie par la victime du jet n'est pas une fiction et qu'elle est suffisante pour décourager même de gros prédateurs.

Perfectionnement ultime : la "tuyère" de ce bombardier est orientable !

G.M.

PHYSIQUE

Le plus puissant laser du monde

La Commission à l'énergie atomique, au centre d'études de Limeil-Valenton, à Limeil, et l'université du Michigan ont créé un faisceau laser d'une puissance jusqu'ici inégalée : 20 térawatts pour un diamètre de 9 cm, soit 40 fois le total de la capacité de production d'énergie électrique aux Etats-Unis.

Ce prodige a été réalisé grâce à la technique d'amplification mise au point par Gérard Mourou, professeur en ingénierie électrique et informatique. L'une des premières applications de ce monstre sera la réalisation d'hologrammes de structures sub-cellulaires vivantes jusqu'ici impénétrables. Selon Mourou, le P-102 (c'est le nom de

ce nouveau laser) est « le Saint Graal de la recherche en matière de lasers ». Jean Ouvry, directeur adjoint du centre de Limeil-Valenton, estime que ce n'est là qu'un premier pas. « Notre but est de pousser l'intensité du faisceau jusqu'à 1 000 tW », a déclaré en effet le directeur du centre, M. Dautray.

Il faut préciser que, jusqu'ici, les chercheurs devaient tuer la cellule qu'ils se proposaient d'étudier au microscope électronique. Avec les instruments de la génération du P-102, il sera possible de réaliser des instantanés de l'activité non seulement cellulaire tandis qu'elle est en vie, mais encore des structures subatomiques.

G.M.

Les droits de l'enfant

La Convention internationale des droits de l'enfant est en cours de ratification en France ; pour la première fois dans l'histoire du droit international, apparaît un consensus universel avec force contraignante pour la communauté des nations, Etats et individus compris.

Ce qu'on espère c'est que cette mesure juridique améliore le sort des 14 millions d'enfants qui continuent de mourir chaque année faute de nourriture et de soins suffisants, et aussi celui de tous les autres qui souffrent des maux de nos sociétés : réfugiés qui n'ont rien fait pour l'être, sans foyer, prostitués ou drogués, sans parler de ceux que les adultes ont précipités dans la condition de soldats et de guérilleros et qui perdent la vie ou sont mutilés parce qu'ils ont été encouragés à devenir trop tôt adultes. En collaboration avec Antenne 2 et l'Union nationale des diffuseurs de presse, un nouveau jeu, "Les osselets", sera lancé au profit du Comité français pour l'UNICEF. La redistribution de cette vente sera au bénéfice des enfants du tiers monde. Les jeux seront vendus dans tous les kiosques au prix de 15 F TTC, jusqu'au 31 janvier 1991.

G.M.

AEROLOGIE

Le gaz naturel limiterait l'effet de serre

Selon une étude de *Science* (8 juin 1990), les industries auraient intérêt à donner la préférence au gaz naturel (essentiellement du CH₄) comme source d'énergie, pour la raison suivante : l'émission de CO₂ par mégajoule d'énergie utilisable est de 92 g si l'on se sert de charbon, de 78 g avec le pétrole et de 56 g avec le gaz naturel. Mais à une condition : c'est que les pertes ne dépassent pas de 3 à 6 % du total exploité.

G.M.

On commence par des lépidoptères, on finit par le diabète

Il y a beaucoup d'amateurs de papillons dans le monde. La plupart d'entre eux se cantonnent à leurs sujets, d'autres digressent. Le célèbre écrivain Vladimir Nabokov y trouva l'inspiration à plusieurs chefs-d'œuvre. Neal Smith, lui, se demande à présent où les lépidoptères le mèneront.

Il y a trente ans que Smith étudie les uranies, ces magnifiques papillons dont les plus beaux vivent à Madagascar et au Panama. En 1963, première année de la passion de cet Américain pour les uranies, ceux-ci pullulèrent à Panama City. Personne ne savait d'où elles venaient et encore moins où elles iraient. Actuellement, Smith a pu répondre à la première question : elles viennent du Mexique. Quant à la seconde, c'est douteux ; il est vraisemblable que les uranies finissent leurs migrations massives en Amérique du Sud, mais comme elles parcourent de 100 à 150 km par jour, personne n'a pu reconstituer leurs itinéraires exacts. En tout état de cause, il n'est pas du tout sûr que toutes les uranies migrent ; il semble qu'il y en ait de sédentaires.

Depuis leur apparition sur la Terre, il y a 280 millions d'années, les uranies dépendent des omphalées, ce qui eût sans doute enchanté le poète symboliste José Maria de Heredia, mais qui intrigue les entomologistes. En effet, les omphalées, source de leur nourriture quand les uranies ne sont encore que des chenilles, sont très riches en excitants, les polyhydroxyalcaloïdes, sortes de faux sucres.

Smith voulut savoir l'effet de ces faux sucres sur d'autres animaux ; il le demanda à des chimistes anglais, qui donnèrent des sucres d'omphalées à des rats ; et tout le monde fut très surpris : les rats maigrissaient, sans se porter plus mal apparemment. Maintenant, les uranies passent pour avoir indiqué la voie vers un médicament contre l'obésité et le diabète.

Et pas seulement le diabète : étant donné que, pour se former, le virus du sida a besoin d'un sucre



déterminé, un polysaccharide, on a pensé évaluer l'effet de l'alcaloïde tiré de l'omphalée sur des cultures de ce virus. De fait, le virus, sans doute dupé, se sert du faux sucre de l'omphalée et ne parvient alors pas à se constituer, donc à se reproduire.

Dernière étape, non la moins inattendue du chemin suivi par les chercheurs dans l'étude des effets de l'omphalée sur les organismes vivants : le faux sucre de l'omphalée, quand il est consommé par les sauterelles, les rend folles et les empêche de migrer. On envisage donc de saupoudrer les cultures non de pesticides classiques, mais de faux sucre d'omphalée.

Smith, pour en revenir aux uranies, suppose comme d'autres chercheurs qu'il y a d'ailleurs un

lien entre les pérégrinations migratoires de ces papillons et leur nourriture. Peut-être cela tient-il à la quantité exacte d'alcaloïdes que contient l'omphalée, à la fois dans ses différentes parties (les feuilles les plus anciennes en contiennent moins que les jeunes) et à l'état de la plante (les uranies refusent de consommer une plante endommagée). Et peut-être aussi une uranie qui, à l'état de chenille, a consommé exactement la quantité d'alcaloïdes qui lui était nécessaire atteint-elle à sa maturation et peut-

elle assumer les longs vols migratoires, tandis que celle qui n'en a pas eu sa dose précise se trouve-t-elle incapable de ces vols.

Hypothèses à part, ce qui compte est qu'on pourrait bien avoir trouvé un nouveau remède contre le diabète et le sida. G.M.

Un singe inconnu découvert sur une île au large du Brésil : c'est un tamarin "lion", ainsi appelé en raison de sa crinière, grand comme un écureuil et inconnu des spécialistes.

Les taux de destruction des forêts tropicales sont bien pires qu'on l'avait cru : ils sont quatre fois plus élevés que les estimations de 1981-1985.

MEDECINE

Sida : les dangers de l'activisme

Voilà quelque cinq ans que les associations de malades du sida aux Etats-Unis s'impatientent. En témoignent, dès 1985, des articles de publications telles que "The Advocate".

Les très visibles atterroissements des autorités fédérales dans l'allocation des fonds de recherche et la mise en route des programmes, et, plus récemment, le scandale causé par l'affaire Gallo (voir *S & V* n° 871, avril 1990) n'ont certes pas tempéré cette impatience.

Pour parler net, tout s'est d'abord passé comme si l'on estimait que le sida était au fond un événement heureux, parce qu'il allait débarrasser la planète des homosexuels, puis des hétérosexuels enclins à la promiscuité, puis réduire les populations des peuples du tiers monde qui font décidément trop d'enfants. Paru en 1987, le gros ouvrage de Randy Shilts, *And The Band Played On* ("Et l'orchestre jouait encore", allusion à l'orchestre du *Titanic* qui jouait encore pendant que le navire sombrait), reflète largement les étranges retards de l'administration américaine dans la mise en œuvre d'un programme de lutte contre le sida.

Or, cette impatience vient de prendre un tour brutal ; les malades du sida, essentiellement les homosexuels, ont fondé aux Etats-Unis une sorte de groupe de commandos, appelé Act-up. Ce groupe est dirigé par un auteur dramatique, Larry Kramer. Et il exerce actuellement sur l'administration américaine, et notamment la Food and Drug Administration et le ministère de la Santé, des pressions de caractère quasiment politique. En effet, pour mettre fin aux interdits et atterroissements de la FDA à l'égard de certaines drogues nouvelles censées guérir le sida qu'elle se refuse à laisser commercialiser, Kramer a tenu publiquement le discours suivant à la FDA, lors d'une conférence de presse : « Si nous n'obtenons pas ces drogues, vous allez assister à un soulèvement tel que vous n'en aurez jamais vu dans ce pays depuis la guerre du Vietnam. Nous sabotons toutes vos études de la Phase II (programme

actuel d'essais cliniques), et nos propres chimistes copieront toutes vos formules. »

Ces menaces ont été efficaces : bien que les spécialistes qui assistaient à la conférence de presse aient été choqués par le discours de Kramer, la FDA a autorisé toutes les firmes pharmaceutiques qui essayaient les drogues en question, une demi-douzaine, à les distribuer librement aux malades du sida.

C'est la première fois au monde qu'on voit des malades s'organiser en groupe politique. Et cela a abouti à la création d'un domaine parallèle d'essais cliniques, menés par des médecins, homosexuels ou non, sans les contraintes qui pèsent normalement sur les organismes de recherche institutionnels. Ce domaine dispose de fonds, de compétences juridiques et biologiques et de moyens d'information. En d'autres termes, les malades ont pris leurs affaires en main.

Or, cette situation est grave, parce que les drogues en question sont diffusées sans contrôle réel, tel le DDI, qui, avant d'avoir même fait l'objet d'essais cliniques concluants, est actuellement administré à 8 000 malades du sida, ce qui est énorme. Huit malades sont déjà morts des effets de cette drogue, qui est cytotoxique, comme toutes les drogues actuellement connues contre le sida. Il s'ensuit que les institutions reconnues, les seules jusqu'ici capables de diriger des essais cliniques de façon scientifique, ne sont plus maîtresses de la recherche. Il s'ensuit également que ces institutions risquent le discrédit.

Par ailleurs, quelle que soit la compétence des médecins "parallèles" qui travaillent donc sur le tas, dans le désordre, et quelles que soient aussi la bonne volonté et l'information des activistes américains, ce ne sont pas là des spécialistes.

On l'a vu il y a deux ans quand des représentants d'Act-up ont

traité de "nazis" (insulte omnibus, de nos jours) les médecins qui recommandaient l'AZT, une des drogues dont les résultats s'affirmaient déjà comme les plus intéressants. Act-up ne connaissait pas l'AZT ; son opinion a changé depuis lors.

On peut comprendre l'exaspération des activistes américains. Quand le chapitre du sida sera clos, il sera intéressant de savoir combien d'argent un Gallo aura dépensé pour faire croire d'être sur une bonne voie, au lieu de se rallier à la découverte d'un Montagnier et de s'atteler à une recherche thérapeutique.

Mais cet activisme est très dangereux. On veut souhaiter qu'une situation pareille ne se développe pas dans les pays européens touchés par le sida, notamment en France. On entend trop souvent dire, déjà, et par des gens qui ne sont pas les moins autorisés, qu'il existe en France des remèdes contre le sida qu'on tarde décidément un peu trop à mettre en essais cliniques.

G.M.

Chauffer le sang contre le sida ? C'est la technique singulière imaginée par un médecin américain, qui a apparemment débarrassé le sang d'un patient de toute trace du virus HIV en le chauffant en exsanguino-transfusion. Le virus supporte mal, en effet, des températures élevées. Le monde médical est à la fois réservé et intéressé.

350 000 malades du sida dans le monde en 1992, selon des experts de l'OMS.

Deux dépistages nouveaux à l'essai : l'un pour la maladie d'Alzheimer, fondé sur la présence d'une protéine spécifique et anormale, la bêta-amyloïde, qu'on ne trouve que chez les victimes de cette maladie-là (Abbott Laboratories ; E.U.), l'autre pour le sida, fondé sur la présence d'anticorps anti-HIV dans les urines, qui a déjà donné d'excellents résultats.

Allergie aiguë aux cacahuètes : plusieurs cas rapportés en Grande-Bretagne, dont certains allant jusqu'à la défaillance cardiaque.

La fusion froide échauffe encore plus les esprits

Trois laboratoires américains ont déclaré que les résultats paradoxaux qui avaient inspiré la théorie de la fusion froide étaient dus à la contamination du palladium par du tritium.

Le tritium dégagé ne provenait donc pas d'une recombinaison consécutive à un phénomène de fusion, mais était libéré par le palladium même. « Je crois donc que nous en avons fini avec la fusion froide », a déclaré sans ambage Kelvin G. Lynn, du célèbre Brookhaven National Laboratory de Long Island, Etats-Unis.

Il semblerait, en effet, que le palladium utilisé par ceux qui trouvaient du tritium dans les électrolyses provenait de la firme Hoover & Strong Inc., et qu'il contenait bien du tritium, alors que celui qui était utilisé par ceux qui n'enregistraient que des dégagements de chaleur provenait d'une autre firme, Johnson and Mathey, et qu'il était pur.

Incidentement, Kevin L. Wolff, professeur à l'université du Texas A & M, se demande comment il pourrait y avoir du tritium dans le palladium, les fortes températures subies par le palladium durant son traitement devant éliminer toutes impuretés de ce genre.

Toujours est-il que l'explication du phénomène par des impuretés éventuelles du palladium n'a pas refroidi les esprits. Un des chercheurs de l'université de l'Utah, celle même où travaillaient les inventeurs de la fusion froide, Pons et Fleischmann, était sans doute allé un peu trop loin dans sa réfutation du phénomène ; cela lui a valu une sommation de l'avocat de Pons et de Fleischmann : ou bien il se rétracte, ou bien il est poursuivi pour diffamation.

Le plus piquant de l'affaire est que même certains sceptiques, tel justement Wolff, estiment que l'hypothèse des impuretés dans le palladium n'explique pas tout. **G.M.**

Migraine : encore du nouveau

Les recherches sur la migraine se poursuivent. Pour les comprendre, il faut rappeler que deux hypothèses, dont nous nous sommes fait l'écho en leur temps, c'est-à-dire dans les années 1970, avaient cours jusqu'ici. Selon la première, la migraine est le résultat d'un spasme vasomoteur, selon l'autre celui d'une dilatation vasculaire.

La première a progressivement perdu de son intérêt quand on s'est aperçu que les interventions sur la vasodilatation — comme la pression du doigt sur l'artère temporale ou l'utilisation de l'ergotamine, qui est un vasoconstricteur —, étaient efficaces. Le mécanisme est d'ailleurs complexe, car, chez certaines personnes, la migraine s'accompagne de pâleur, ce qui indiquerait une vasoconstriction ; en fait, il y a bien vasodilatation des artères, mais elle est méningée, et la vasoconstriction ne se fait que sur la peau. On ignore la liaison mécanique entre ces deux phénomènes, mais elle existe. La migraine n'est pas un phénomène bénin : elle s'accompagne dans certains cas d'un infarctus cérébral, qui peut passer inaperçu. A l'heure actuelle, on s'efforce de savoir quels sont exactement les éléments du système nerveux qui interviennent dans la migraine ; il semble bien que le tri-

jumeau, qui, par le relais d'une de ses branches, commande à la fois la circulation du cuir chevelu, des artères méningées et du cercle de Willis, joue bien le rôle qu'on lui avait attribué. Ce serait lui, comme le nerf facial, qui servirait de relais à la diffusion dans la circulation de neurotransmetteurs inflammatoires, qui déclencherait la vasodilatation artérielle.

D'un point de vue pratique, qui intéressera tous les coutumiers de la migraine, l'application externe d'une solution à 2 % de nitroglycérine sur le cuir chevelu et le front apporte un soulagement dans un nombre appréciable de cas. Ce qui est bizarre, c'est que la même solution est efficace quand elle est appliquée sur le poignet.

Le vieux remède qui consistait à s'asperger le visage d'eau froide ou à se mettre un sac de glace sur la tête n'était donc pas dépourvu de justesse. **G.M.**

Une pincée de jouvence

Des injections de somatotropine synthétique atténueraient certains effets du vieillissement. La nouvelle, publiée par la *New England Journal of Medicine* du 8 juillet dernier, a évidemment fait grand bruit. Après des essais sur 21 hommes de 61 à 81 ans, en double aveugle, on a constaté une diminution de 14 % des graisses et un gain de 9 % de la masse musculaire, un accroissement de la densité osseuse des vertèbres et un léger épaississement de la peau.

Peut-être découvrira-t-on d'autres effets. Il est possible que l'hormone puisse provoquer le développement d'autres tissus, tout

comme il est possible que les récepteurs cellulaires de ces tissus soient définitivement bloqués à la fin de la croissance naturelle. Une prolongation du traitement pourrait en tout cas causer un début d'acromégalie (allongement démesuré des mains et des pieds), de l'hypertension, une croissance indésirable de la face, de l'arthrite, de l'hypertension, une défaillance cardiaque.

Le traitement coûte actuellement 70 000 F par an. C'est peut-être beaucoup pour une pincée de jouvence, assaisonnée d'une grosse dose de problèmes nouveaux. **G.M.**

POPULATION

La saison des amours n'est plus ce qu'elle était

Après avoir adopté le jazz, les blue-jeans, le fast food et le disco, les Européens vont-ils se mettre au rythme des Américains pour leurs relations amoureuses ?

C'est ce que pense William James, du Conseil britannique de la recherche médicale (MRC), à l'University College de Londres.

Au pays des pèlerins, des mormons et des quakers, le pic des naissances, depuis le XIX^e siècle, se situe à l'automne, en septembre et en octobre. La cause première se produit donc aux alentours de Noël et du Nouvel An, les deux principales périodes de fêtes et de vacances outre-Atlantique.

En Europe, et cela depuis longtemps, le plus grand nombre de naissances se produit au printemps. L'été y est donc la grande saison des amours humaines, peut-être à cause de la température. On a observé, en effet, que, dans le monde entier, le plus grand nombre d'enfants sont conçus lorsque la température moyenne se situe aux alentours de 20°C. Dans les climats chauds, un plus grand nombre d'enfants sont conçus pendant les mois les plus frais, alors que, dans les pays tempérés, c'est

l'inverse qui se produit.

Or, James a observé que le nombre de naissances automnales augmente en Europe. Peut-être le chauffage joue-t-il un rôle dans ce changement, peut-être aussi les habitudes de travail. Les parents sont plus souvent séparés ou trop occupés et retrouvent des circonstances favorables à Noël lors des vacances d'été.

James prévoit que l'Europe va se retrouver avec deux pics des naissances, l'un en automne, très marqué parce qu'il suit de neuf mois la courte période des fêtes de Noël, l'autre, au printemps, pic plus étalé dû aux vacances d'été.

James remarque aussi que le nombre de conceptions estivales a augmenté dans les Etats du sud des Etats-Unis, où le climat est chaud. On peut penser que la raison de ce changement est l'entrée dans les mœurs de la climatisation.

James a publié le résultat de ses observations dans le *Journal of Biosocial Sciences* (vol. 22, p. 113). Doit-on douter de ses compétences ? Sans doute pas, puisqu'il fait partie de l'unité du développement des mammifères du MRC. **A.D.**

MÉDECINE

Petits espoirs pour la dystrophie musculaire

La dystrophie musculaire, dite aussi myopathie primitive progressive, est une maladie héréditaire, donc génétique, qui ne laissait pas, jusqu'ici, grand espoir. L'incapacité cellulaire à synthétiser des protéines essentielles entraîne une dégénérescence musculaire fatale. D'où l'intérêt d'une intervention, effectuée il y a quelques mois aux Etats-Unis, qui a consisté à implanter dans un muscle menacé de dégénérescence des cellules musculaires saines (après immunosuppression induite par cyclosporine, afin d'évi-

ter le rejet). Le muscle en question était celui du gros orteil d'un petit garçon atteint de la myopathie de Duchenne, un type de myopathie. Trois mois plus tard, la greffe n'avait pas été rejetée et le tonus du muscle implanté avait augmenté de 20 %. Ce n'est qu'un tout petit pas, mais en attendant qu'on puisse traiter les myopathies par traitement génétique proprement dit (le gène de la myopathie de Duchenne a été, en effet, identifié), il permet d'espérer, pour la première fois, une amélioration. **G.M.**

La santé des jeunes Américains est au plus bas, selon un rapport officiel également américain : les taux de tentatives de suicide sont en hausse (18 % des filles et 10 % des garçons) ; les Etats-Unis ont le taux de grossesses juvéniles le plus élevé du monde ; 100 000 enfants des écoles élémentaires se saoulent au moins une fois par semaine ; les maladies vénériennes ont triplé depuis 1965 ; 3,5 millions de jeunes de 12 à 17 ans se sont drogués et un tiers d'entre eux le font chroniquement ; un demi-million de jeunes sont cocaïnomanes ; les taux d'arrestation de mineurs ont été multipliés par 29... Le rapport est signé par l'American Medical Association et la National Association of State Boards of Education (Association nationale des conseils d'éducation).

Le chou, le chou-fleur et le brocoli protégeraient contre le cancer de l'estomac, en raison de leurs teneurs en indole 3-carbinol, substance anticancéreuse.

Plusieurs vaccins anti-mélanome au stade des essais cliniques.

La cocaïne peut entraîner des hématomes cérébraux et de graves accidents vasculaires cérébraux. Signes avant-coureurs : confusion, faiblesse, somnolence.

Super glu chirurgicale au plasma : tirée du propre fibrinogène du patient, elle est encore plus "collante" que la première glu de ce genre, mise au point en Europe en 1973, et ne comporte pas de risques d'infection ou d'allergie.

On recherche un cratère géant, causé par la chute d'un astéroïde il y a 60 millions d'années. Sites privilégiés, les Caraïbes, entre Cuba et Haïti, et l'Arizona, où l'on a retrouvé des configurations circulaires de quelque 300 km de diamètre. La chute de ce corps céleste aurait provoqué un raz-de-marée gigantesque qui pourrait avoir modifié la vie sur la Terre.

Les articles de cette rubrique ont été réalisés par Alexandre Dorozynski, Jacques Marsault et Gerald Messadié.

Comment agiraient les champs électromagnétiques ?

De quelle façon les champs électromagnétiques pourraient-ils être dangereux pour les tissus vivants ? Le premier modèle de leur mode d'action vient d'être offert par des chercheurs de Harvard. L'effet théorique d'un champ électromagnétique est relativement simple : c'est l'ionisation, qui chasse des électrons de leurs orbites ordinaires, bouleversant ainsi les liaisons chimiques entre les molécules. Toutefois, un champ de 60 Hz (il s'agit ici de la fréquence, qui est une des composantes de ce champ), même celui produit par les lignes de transport de courant électrique sous haute tension, et à plus forte raison par des appareils domestiques, est beaucoup trop faible pour engendrer de l'ionisation dans les tissus des êtres vivants qui se trouvent dans les parages.

Mais, selon Thomas Tenforde, de Harvard donc, des travaux de laboratoire indiquent que ces champs faibles peuvent modifier des interactions qui se produisent sur les surfaces des cellules telles que le captage du calcium, des hormones et de certaines protéines du système immunitaire.

Selon Tenforde, ces actions sont plus évidentes dans des champs faibles que dans des forts. Mais la délicatesse des phénomènes en jeu rend évidemment difficile l'analyse des effets des champs faibles. Il semble donc que les études statistiques n'apporteront pas de lumière dans le débat ; certaines sont concluantes, d'autres pas, et, de toute façon, elles ne peuvent revêtir qu'une valeur indicative et en aucun cas explicative.

Ce seront des travaux de physique-chimie moléculaire qui permettront d'établir si les champs électromagnétiques ont bien un effet sur les tissus vivants, comme Tenforde le donne à croire, et quels sont ces effets. Ce point intéresse évidemment la biologie, la médecine et tout le monde dans les pays industrialisés.

G.M.



Epargnez les hérissons

Cette sympathique brochette ne constitue pas un record, car une portée de hérissons compte normalement de trois à six petits. Mais elle devrait inciter les conducteurs à ralentir pour ne pas alourdir le bilan des victimes de la route. Car les hérissons, qui comptent peu d'ennemis naturels, sont de plus en plus menacés par l'auto. Antoine Waechter, à l'époque où la politique n'occupait pas son temps, a réalisé un comptage journalier le long d'un segment de 20 km d'une route alsacienne ; en 197 jours, il a dénombré 17 cadavres de hérissons, 11 de hamsters, 11 de chats, 7 de putois et 2 de lapins. D'autres comptages, effectués dans d'autres régions, ont fourni des chiffres comparables, avec cette alarmante constante : le hérisson vient en tête des victimes de la route, surtout au voisinage des villages.

On peut se demander si la lenteur de l'animal est seule cause du massacre et si la chaleur emmagas-



sinée par le macadam durant le jour n'attirerait pas cet animal crépusculaire et nocturne. Quoi qu'il en soit, il est déjà recommandé de ralentir à l'entrée des villages par respect pour les vies humaines. Il n'en coûterait donc pas trop de ralentir aussi pour protéger les hérissons.

J.M.

La pneumonie des canoéistes

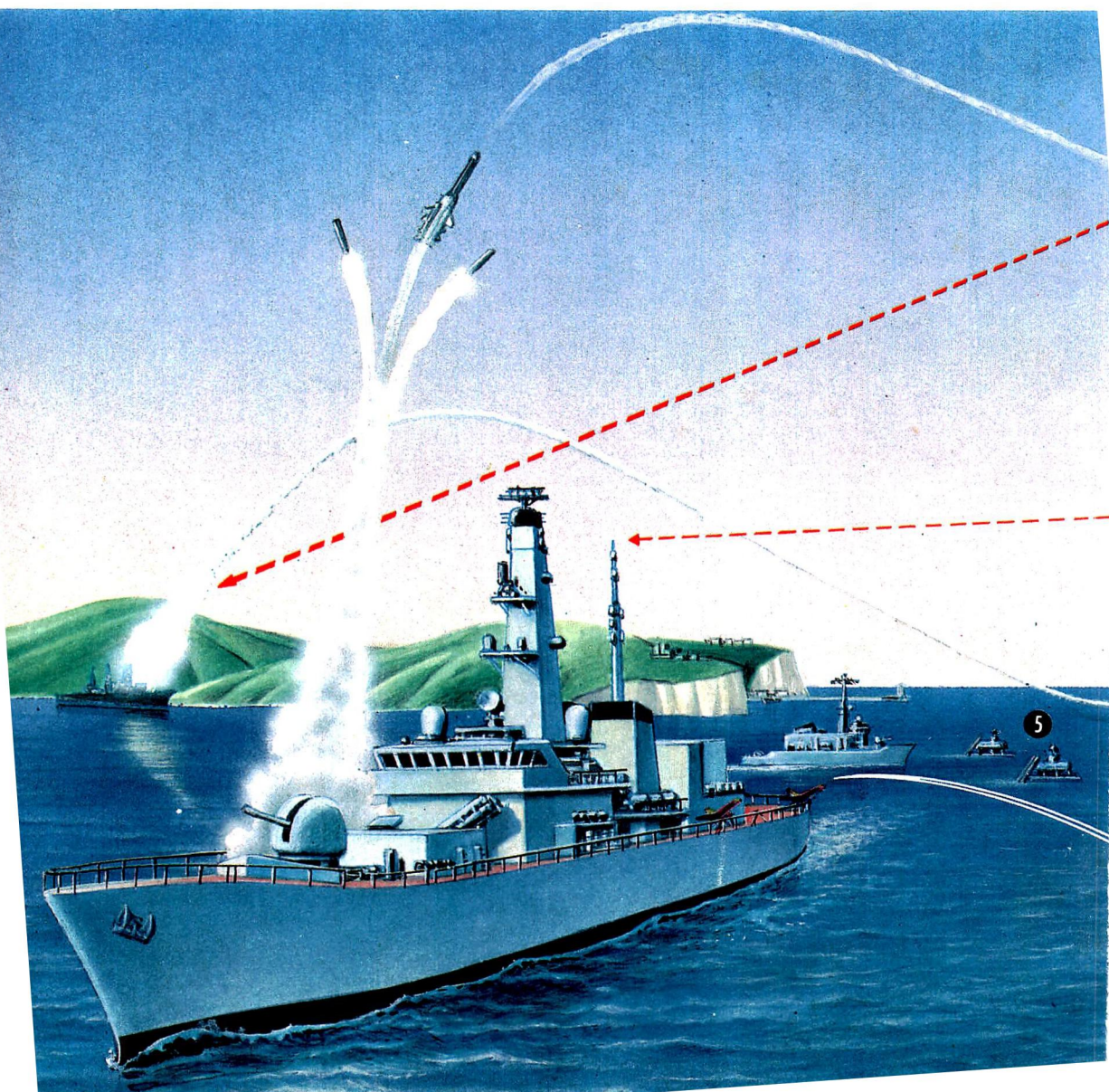
Une forme de pneumonie rare et particulièrement dangereuse vient d'être identifiée. Elle menace essentiellement les canoéistes sur les lacs. 10 soldats du contingent britannique ont récemment failli y succomber.

Elle serait causée par une variété d'algues toxiques bleu-vert, dites aussi cyanobactéries, qui produisent une toxine redoutable. Les victimes souffrent d'hallucinations et de lésions du foie, qui "signent" l'intoxication.

G.M. ●

LA GUERRE SANS HOMMES

Souvent à peine plus gros que des maquettes volantes, les avions sans pilote exécutent des quantités de missions extrêmement dangereuses pour les avions pilotés. Et ils coûtent mille fois moins cher.

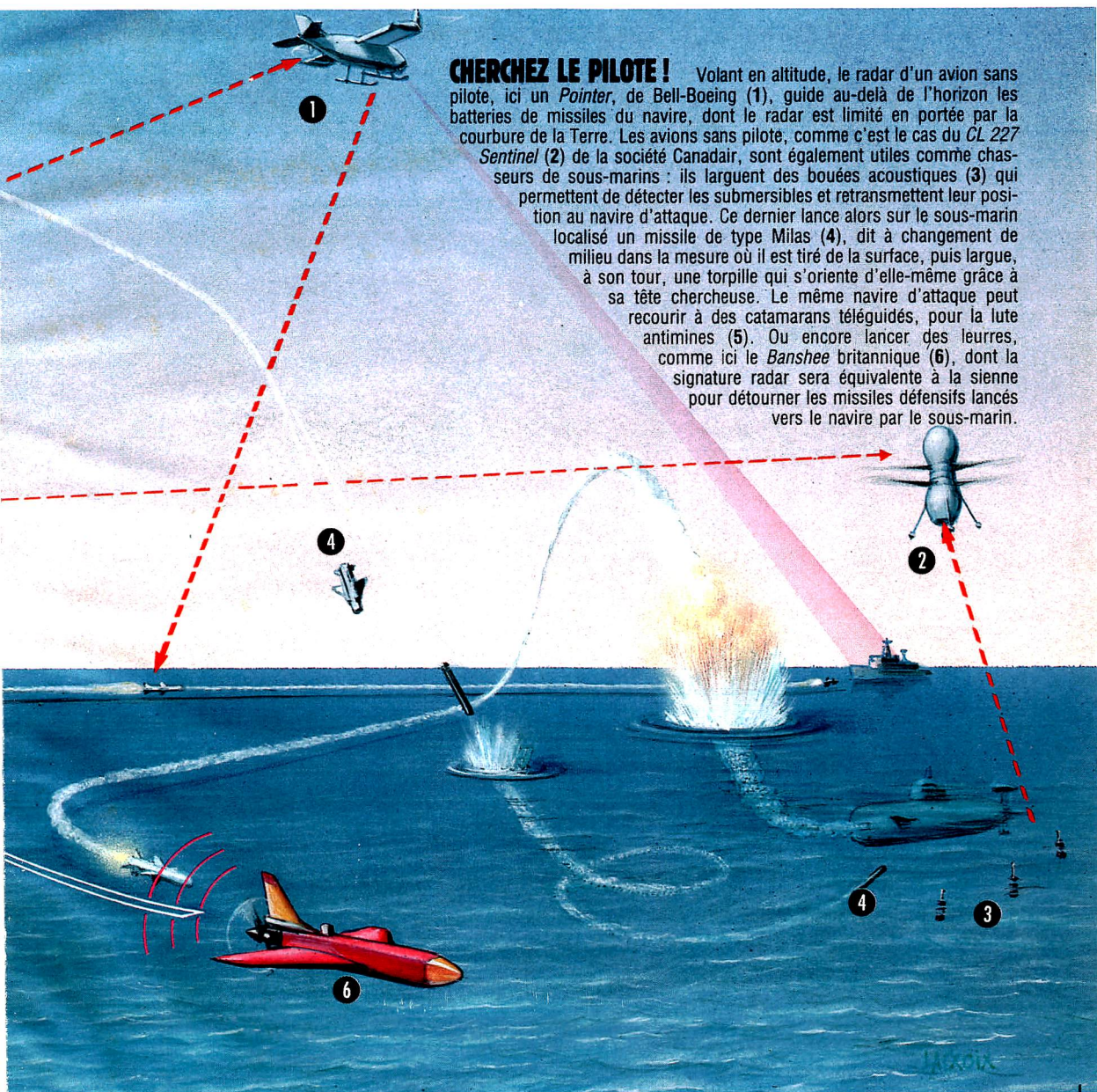


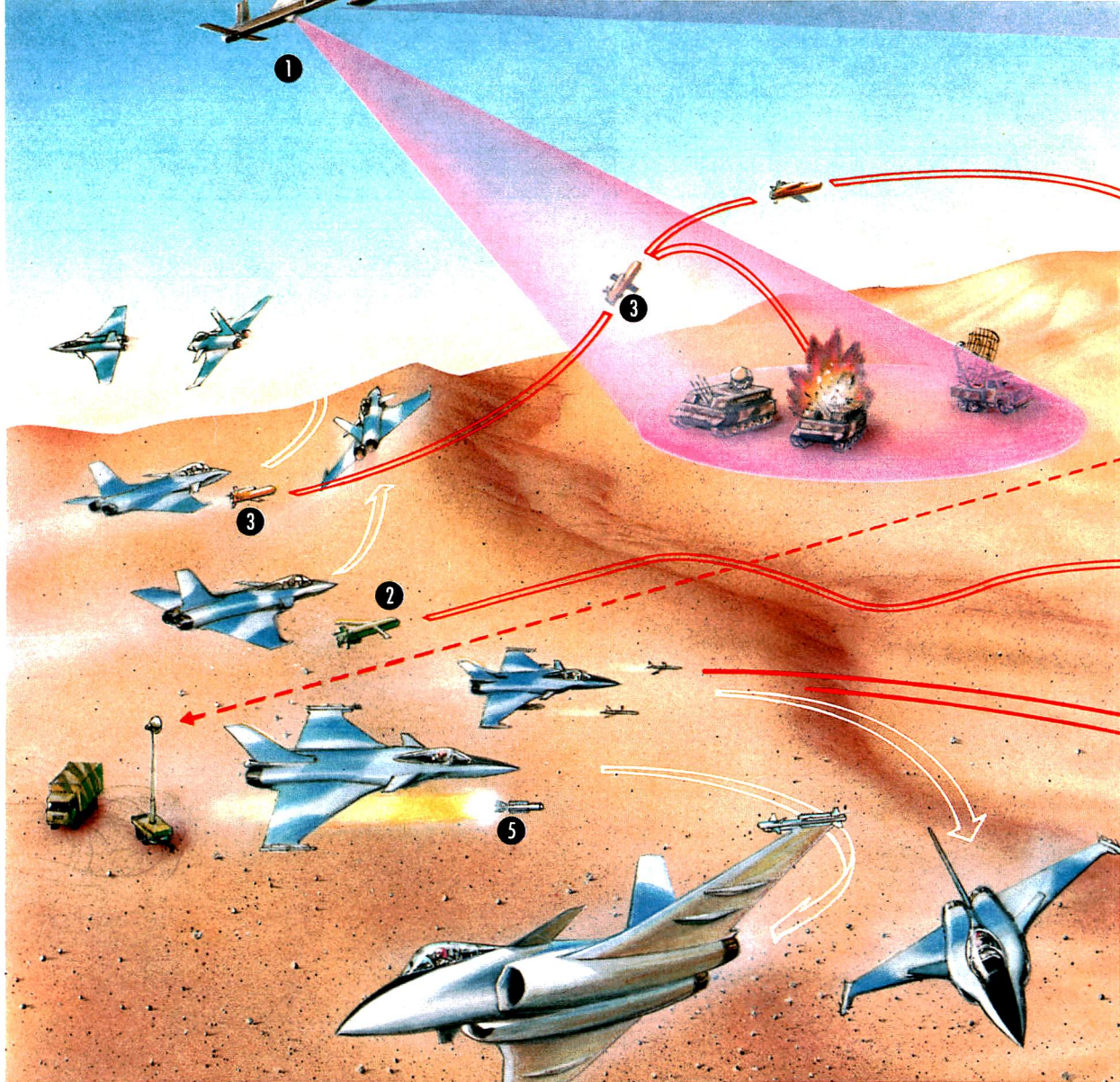
Coup sur coup, le nouvel avion construit par la firme américaine Boeing a battu deux records. D'abord, celui de l'altitude pour un appareil propulsé par des moteurs à pistons : il a en effet atteint l'altitude de 66 980 pieds, soit près de 20 000 m. Et celui de la durée de vol sans escale et sans ravitaillement : deux jours et demi.

La performance serait déjà remarquable si l'avion en question, baptisé *Condor*, était un avion classique, c'est-à-dire confié aux mains d'un pilote, spécialement entraîné pour battre ce genre de record. Mais le fait extraordinaire est que le *Condor* est précisément un avion sans pilote, un bimoteur capable de voler très haut, pendant très longtemps,

autrement dit d'aller survoler n'importe quelle région du globe à partir des Etats-Unis, et d'observer, de photographier, d'écouter tout ce qui se passe en bas. Sans jamais mettre en danger la vie d'un homme, ou de plusieurs hommes. D'où, par parenthèse, de sérieuses économies sur les installations nécessaires à la survie d'un pilote à bord d'un engin de cette sorte. Pas de cabine pressurisée, mais du carburant : le *Condor* pèse 20 000 livres (un peu plus de 9 tonnes) à pleine charge, dont 12 000 livres (5,5 tonnes) d'essence. Sa structure ultralégère est fabriquée à base de matériaux composites. En ce qui concerne les qualités de vol de l'avion, Boeing sollicita aussi les conseils de Dick Rutan, le pilote qui, en compagnie de Jeana Yeager,

CHERCHER LE PILOTE ! Volant en altitude, le radar d'un avion sans pilote, ici un *Pointer*, de Bell-Boeing (1), guide au-delà de l'horizon les batteries de missiles du navire, dont le radar est limité en portée par la courbure de la Terre. Les avions sans pilote, comme c'est le cas du *CL 227 Sentinel* (2) de la société Canadair, sont également utiles comme chasseurs de sous-marins : ils larguent des bouées acoustiques (3) qui permettent de détecter les sous-marins et retransmettent leur position au navire d'attaque. Ce dernier lance alors sur le sous-marin localisé un missile de type Milas (4), dit à changement de milieu dans la mesure où il est tiré de la surface, puis largue, à son tour, une torpille qui s'oriente d'elle-même grâce à sa tête chercheuse. Le même navire d'attaque peut recourir à des catamarans téléguidés, pour la lutte antiminiers (5). Ou encore lancer des leurres, comme ici le *Banshee* britannique (6), dont la signature radar sera équivalente à la sienne pour détourner les missiles défensifs lancés vers le navire par le sous-marin.





UN RAID SANS PILOTE, AVANT, PENDANT ET APRÈS

Survolant à haute altitude une zone de combats, ce *Condor* sans pilote (1) joue le rôle d'avion de détection, surveillant la zone adverse au-delà de la ligne d'engagement des forces (ligne de front) avant une attaque des installations ennemies par des avions pilotés qui lanceront des missiles de croisière de type *Apache* (2). Largué à distance, celui-ci se dirige vers son objectif en vol autonome et largue à son tour des sous-munitions adaptées aux objectifs à traiter : chars, concentrations de

troupes ou de véhicules, abris.

Quelques minutes avant l'arrivée des appareils porteurs des *Apache*, d'autres avions sans pilote, antiradar, ceux-là, comme le *Tacit Rainbow* (3), ont d'abord patrouillé sur la zone puis attaqué les stations de détection. Des engins simulant la signature radar des appareils d'attaque sont également utilisés (4), afin de saturer les défenses ennemies, ainsi que des missiles antiradar largués directement d'avion et capables de se diriger vers la source d'émission radioélectrique de l'antenne (5). Ces missiles peuvent, cepen-

dant, être "contrés" : il suffit que le radar cesse d'émettre le temps de leur passage. Ce genre de parade est plus difficile contre les engins sans pilote, dont l'autonomie permet de patrouiller suffisamment longtemps au-dessus d'une zone pour finir par repérer le radar.

Les avions sans pilote peuvent également, comme le *Brevet* de notre dessin (6), effectuer des missions de reconnaissance avant une attaque, pour repérer les cibles, et, après, pour enregistrer les résultats. Dans les deux cas, les enregistrements sont relayés vers une station au sol.



boucla un tour du monde sans escale aux commandes du bimoteur *Voyager*. Au total, cela donne un grand oiseau qui a l'envergure d'un Boeing 747, et même davantage.

Mais pourquoi, direz-vous, chercher à voler si haut et si longtemps ? Tout simplement pour aller faire ce qui était indiqué plus haut : observer, écouter, photographier. En termes clairs, le *Condor* est le dernier-né des avions espions. Et un avion espion sans pilote ! Pour les huit vols d'essai qu'il a effectués, il était tout de même suivi par un appareil d'accompagnement, ne serait-ce que pour le surveiller pendant qu'il traversait, en montée ou en

descente, les zones à forte densité de trafic aérien. A part cela, à l'altitude à laquelle il vole, il se trouve bien au-dessus du trafic commercial. Il ne gêne personne. Et, de là-haut, la portée de ses radars, de ses caméras et autres senseurs est considérable. *Condor* se tient à mi-chemin entre l'appareil d'observation classique et le satellite. Et son prix est sans commune mesure avec celui de ce dernier, même si, pour l'instant, il est difficile de dire combien coûtera un *Condor*, puisque cela dépend, entre autres, du nombre d'appareils qui seront construits.

Un tel engin se situe en haut de la gamme des "robots aériens", véhicules sans pilote qui connais-

Un "complément" aux avions pilotés

sent actuellement une vogue sans précédent. Le resserrement des budgets militaires, notamment, pousse de nombreux pays à faire appel à ce genre d'appareils. Car ceux du bas de gamme peuvent être extrêmement bon marché. A la limite, et en schématisant, on trouve des avions sans pilote qui ne sont ni plus ni moins que de grosses maquettes volantes comme en construisent les amateurs, mais qui emportent une charge utile constituée d'une caméra classique ou infrarouge, et d'un système de transmission de données pour répercuter vers la station de contrôle au sol les informations recueillies.

Selon la terminologie américaine, on trouve deux grandes catégories d'engins : les UAV et les RPV. Les premiers, *Unmanned Aerial Vehicles*, sont dotés d'un système de navigation qui les rend totalement autonomes : ils n'ont pas besoin d'être guidés depuis le sol. Tel est le cas, par exemple, du *Condor* de Boeing. Quant aux seconds, les *Remotely Piloted Vehicles*, comme leur nom l'indique, ils sont pilotés à distance. Dans la réalité, les choses sont moins simples. On constate en effet que beaucoup de ces engins possèdent les deux caractéristiques : système de pilotage à distance et système de navigation autonome.

Quant aux missions que peuvent effectuer de tels appareils, on peut les classer en trois grandes familles.

- La première, la plus nombreuse et la plus utilisée pour l'instant, concerne le recueil de l'information sous toutes ses formes : surveillance, reconnaissance, localisation précise des objectifs, écoute électronique.
- La seconde regroupe les engins d'attaque : attaque de destruction (l'UAV, muni d'une charge militaire, est capable de se diriger vers une cible pour la détruire) ; ou attaque non destructrice (brouillage des radars et des moyens de transmission adverses, saturation des radars ennemis en leur envoyant un grand nombre d'engins entre lesquels ils ne seront pas capables de déterminer lesquels sont dangereux et lesquels ne le sont pas). Parmi les UAV ou RPV d'attaque de destruction, on distingue encore deux sous-catégories : les engins qui jouent en quelque sorte les kamikases en se précipitant eux-mêmes sur la cible jusqu'à l'impact explosif, et les engins qui se contentent de larguer à distance leurs munitions.
- Reste la troisième famille, celle des engins dits de support : relais de transmissions, par exemple.

On voit donc que ces engins sans pilote sont à même d'effectuer à peu près toutes les missions de guerre qui, jusqu'à une époque assez récente, étaient confiées à des engins pilotés. Les progrès techniques, notamment en matière d'électronique, ont rendu possible une telle évolution. Et le coût

très élevé des systèmes d'armes modernes rend séduisants ces systèmes sans pilote, relativement bon marché.

Relativement est d'ailleurs le mot qui convient. L'engin lui-même, on l'a vu, peut être d'une grande simplicité : une grosse maquette, munie d'un ou de deux moteurs. En revanche, la charge utile, le système de lancement puis de contrôle au sol, le système de recueil des données ou celui qui permettra de récupérer le véhicule à l'issue de sa mission peuvent être très chers. Une étude publiée par l'ingénieur de l'armement Julien A. Mazerolle, de la Direction des engins (Délégation générale pour l'armement), compare les UAV et les RPV à des icebergs : la partie émergée, connue, est le véhicule aérien ; et la partie immergée, les moyens terrestres de mise en œuvre, de loin la plus importante, que Julien A. Mazerolle appelle "la clef de voûte du système". Les installations au sol peuvent coûter jusqu'à dix fois plus que le véhicule proprement dit. Il n'empêche : même en tablant sur une dizaine de véhicules aériens de manière à répondre aux besoins opérationnels, l'ensemble est entre dix et mille fois moins cher qu'un avion d'armes capable d'effectuer une mission identique, le rapport variant en fonction du type de mission considéré. Le rapport coût/efficacité lui-même, aujourd'hui déterminant quant au choix des systèmes d'armes en raison de la diminution des budgets, reste donc extrêmement intéressant.

Les missions qui peuvent être confiées aux avions sans pilote, on l'a vu, se répartissent en trois grandes familles. La mission de support, comme le relais de transmissions, se comprend d'elle-même. Dans ce cas, le véhicule aérien joue le rôle d'une station dont la portée est augmentée par le fait qu'elle se trouve en altitude. Elle capte les transmissions et les relaie vers l'arrière du champ de bataille. Les deux autres familles méritent sans doute d'être un peu mieux explicitées. L'étude citée plus haut va nous y aider.

Les missions de recueil d'informations font appel à des capteurs : caméras de télévision, système d'écoute électronique, etc. Mais, parmi les missions possibles, il y en a une qui semble avoir la priorité à l'heure actuelle. Il s'agit de ce que les militaires appellent l'acquisition d'objectifs. En termes plus courants, cela consiste à repérer les objectifs de manière précise, afin de transmettre leur position aux moyens d'attaque, notamment l'artillerie. Cependant, la portée des pièces d'artillerie a considérablement augmenté ces dernières années et l'acquisition directe par un observateur, ou même un radar au sol, devient difficile, sinon impossible. Il faut donc disposer d'un moyen qui puisse "voir" au-delà de l'horizon, jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres derrière la ligne de front. Un UAV répond précisément à cette fonction, plutôt

que d'avoir à risquer la vie d'un pilote que l'on enverrait survoler les positions ennemies. C'est ainsi que la France a décidé de se doter de deux systèmes complémentaires : le CL 289 et le Brevel.

- Le CL 289, d'origine canadienne, sera mis en œuvre au niveau du corps d'armée. Il reconnaîtra les cibles jusqu'à une centaine de kilomètres de profondeur et, au-delà, les cibles susceptibles d'être attaquées par le missile nucléaire pré-stratégique Hadès. A noter que l'Allemagne fédérale a décidé également d'acquérir des CL 289, ces engins étant d'ailleurs réalisés en coopération par la firme allemande Dornier.

- Quant au Brevel, il sera chargé de surveiller la zone des combats proprement dite, soit une trentaine de kilomètres au-delà de la ligne de front. Réalisé en coopération franco-allemande (Matra pour la France, MBB pour l'Allemagne), il devrait entrer en service à partir de 1996.

Les missions d'attaque.

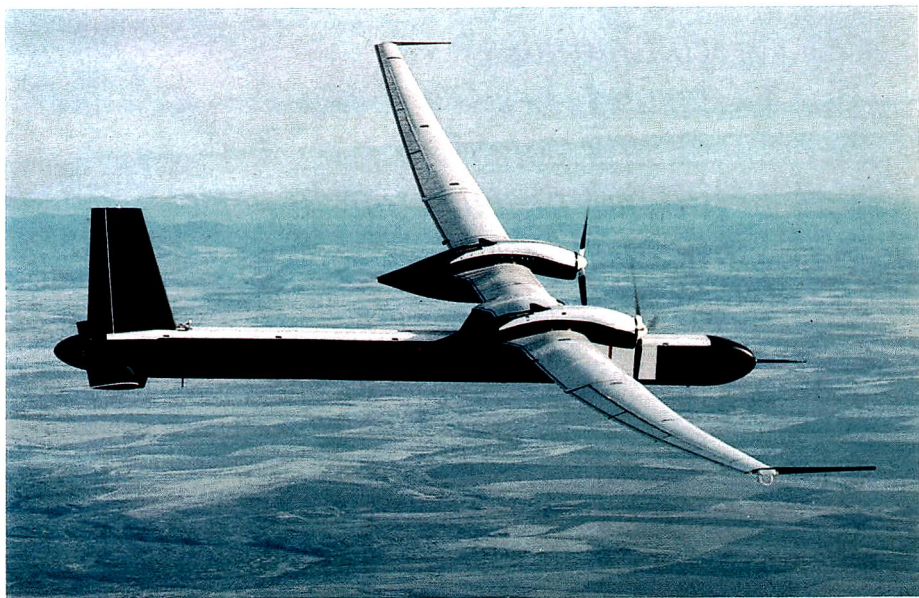
Ce second type de mission des UAV et RPV a été illustré avec éclat par Israël. En 1973, lors de la guerre du Kippour, des cibles sans pilote, bon marché, ont permis de saturer complètement les défenses anti-aériennes égyptiennes disposées le long du canal de Suez et complètement déroutées par la prolifération d'échos entre lesquels il était extrêmement difficile de distinguer les avions israéliens. En 1982, dans la plaine de la Bekaa, des engins sans pilote, munis de réflecteurs radar, donnaient l'illusion aux stations de défense aérienne syriennes qu'il s'agissait d'avions d'attaque ou de reconnaissance. Les stations émettaient donc en permanence pour tenter de repérer les intrus, ce qui permit de localiser celles-ci et de les détruire, ou simplement de les aveugler par le nombre d'échos. La voie était ainsi ouverte aux véritables avions d'attaque.

On peut aujourd'hui faire beaucoup mieux. Les techniques les plus récentes permettent de faire varier la signature radar des engins sans pilote, de les rendre visibles ou invisibles à volonté, augmentant la difficulté de détection. Un engin de cette sorte sera ainsi capable de patrouiller sur

une zone, de localiser un radar sans être lui-même repéré, puis, au moment opportun, de guider des engins sur la station et de plonger lui-même sur cette station. La route sera alors dégagée pour les avions d'attaque pilotés, qui n'auront plus à craindre les systèmes de défense ennemis. Le *Tacit Rainbow* de la société américaine Northrop, ou le DAR de la firme allemande MBB répondent à ce type d'exigences. Tous deux sont capables de s'autodiriger vers des radars adverses et de les détruire. Le premier, propulsé par un turboréacteur, peut être lancé depuis un bombardier B-52. Le second, lancé depuis le sol, peut patrouiller pendant près de quatre heures sur une zone avant d'identifier puis d'attaquer son objectif.

Comme on a pu s'en rendre compte ci-dessus,

Un espion télécommandé à 20 000 m d'altitude. Le *Condor* de Boeing, totalement autonome, peut voler à cette altitude pendant trente-six heures sans escale, et sans ravitaillement. Il est aussi discret qu'un satellite, mais mille fois moins cher !



les engins sans pilote apparaissent surtout comme des compléments aux engins pilotés, plutôt que comme des "concurrents". Un moyen meilleur marché, ou moins risqué, d'effectuer une mission préalable à l'attaque proprement dite des appareils pilotés. Ceux-ci présentent en effet l'avantage d'une meilleure souplesse d'emploi : l'homme, même s'il suit un ordre de mission précis, peut encore improviser, réagir à des conditions imprévues. Ce qui est rarement le cas des engins sans pilote. En tout cas en l'état actuel de la technique.

Germain Chambost

LE NOUVEAU CANADA

Notre flotte de bombardiers d'eau se fait vieille. Le fabricant des célèbres "Canadair" propose un modèle plus performant. Avant de passer à la fabrication, il attend des commandes fermes. Les clients potentiels attendent, eux, que la nouvelle formule fasse ses preuves.

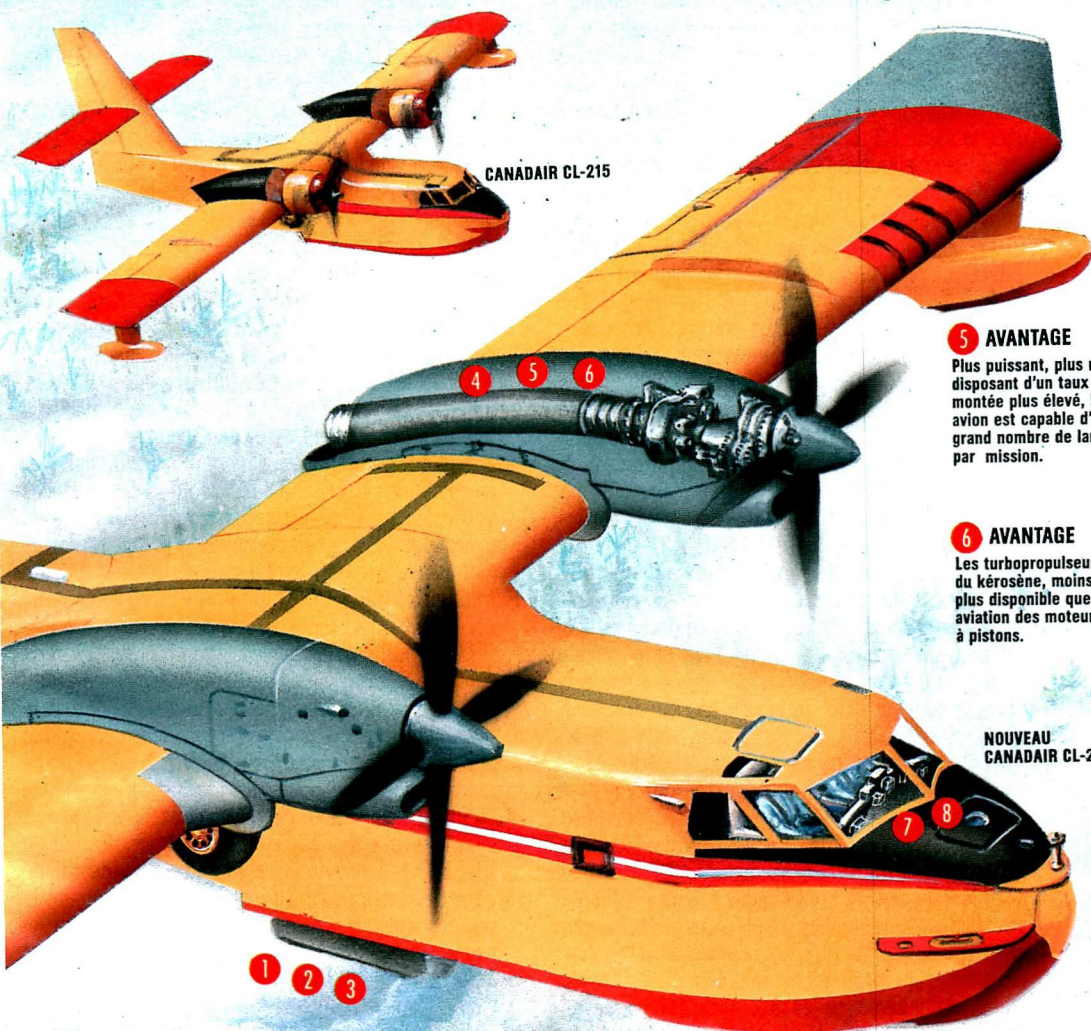
L'été a ramené son lot habituel d'incendies dans le midi de la France. On peut même dire que la "saison" a commencé beaucoup plus tôt cette année, l'exceptionnelle sécheresse du printemps n'ayant pratiquement pas laissé de répit aux hommes qui luttent contre les feux de forêt, qu'ils soient pompiers au sol ou pilotes de bombardiers d'eau. Les moyens aériens se révèlent en effet les plus efficaces lorsqu'il s'agit de juguler un incendie, de le contenir, avant que n'interviennent les véhicules des pompiers. On l'a bien vu cette année, dans le Sud-Ouest, où, à la suite de plusieurs sinistres qui ont détruit des dizaines d'hectares de la forêt landaise, les élus ont réclamé la mise en place à demeure de moyens aériens. Le ministère de l'Intérieur leur a donné satisfaction, en détachant un Macavia, bi-turbopropulseur de transport reconverti en bombardier d'eau, sur la base aérienne de Cazaux, en Gironde. À quel se sont ajoutés deux hélicoptères Bell. Mission de ces appareils : effectuer des vols



9 UN PROBLÈME... RÉSOLU

Pour garantir la stabilité en vol du nouvel avion, il a fallu ajouter des surfaces verticales sur les bouts des ailes et sur le plan fixe horizontal, et un profilage en forme d'obus à la jonction de ce dernier avec la dérive verticale, ainsi qu'un becquet sur le tiers du bord d'attaque droit de ce plan fixe.

R EST ARRIVÉ



CANADAIR CL-215

NOUVEAU
CANADAIR CL-215 T

4 AVANTAGE

Turbopropulseurs au lieu de moteurs à pistons. D'où une aptitude à prendre l'air rapidement après la mise en marche, alors que les moteurs à pistons doivent chauffer pendant une vingtaine de minutes.

5 AVANTAGE

Plus puissant, plus rapide et disposant d'un taux de montée plus élevé, le nouvel avion est capable d'un plus grand nombre de largages par mission.

6 AVANTAGE

Les turbopropulseurs brûlent du kérosène, moins cher et plus disponible que l'essence aviation des moteurs à pistons.

1 AVANTAGE

6,1 t d'eau dans les soutes du CL-215 T, au lieu de 5,3 pour le CL-215.

2 AVANTAGE

4 portes de soutes au lieu de 2, et synchronisation des portes optimisée par ordinateur (les commandes manuelles font souvent que des largages successifs se chevauchent ou au contraire sont trop écartés).

3 AVANTAGE

Système d'adjonction de mousses à l'eau dans les soutes, sur commande de l'équipage en série, alors qu'il est en option sur les anciens appareils. (Sans mousse, l'eau ruisselle sur la végétation et se perd sur le sol. De plus, l'eau additionnée de mousse a un meilleur facteur d'extinction, produit moins de vapeur et abat la fumée ; d'où une meilleure visibilité, qui fait que l'on ne revient pas par erreur sur les zones déjà traitées).

7 AVANTAGE

Poste de pilotage plus ergonomique, donc plus confortable pour l'équipage éprouvé par les secousses dues aux écopages et aux turbulences importantes au-dessus des incendies.

8 AVANTAGE

Instruments de bord plus modernes et plus fiables (circuits intégrés au lieu d'électromécaniques). Commandes de vol assistées sur les trois axes.

aits "de guet armé", durant lesquels avion et hélicoptères surveillent la forêt du haut du ciel et se tiennent prêts à déverser immédiatement leur cargaison d'eau sur la moindre fumée suspecte.

Si les conditions sont particulièrement défavorables — sécheresse persistante, vent fort —, il arrive que les incendies se développent avec une extraordinaire rapidité, en dépit de cette surveillance. Il faut alors faire appel aux moyens lourds. Ceux-ci sont constitués essentiellement par les onze bimoteurs Canadair CL-215, capables d'emporter chacun dans la soute 5,3 tonnes d'eau. A ceux-là s'ajoutent les bi-turbopropulseurs Fokker 27 ou les Tracker — ces derniers étant souvent utilisés pour les missions de "guet armé" dans le Sud-Ouest, en Corse —

CL-215 T

un seul nom pour deux modèles

ou, durant l'été, un nouveau venu en France, le quadri-turbopropulseur C 130 Hercules. Mis en œuvre par un équipage américain, cet avion peut emporter 13 tonnes d'eau (capacité théorique), mais, en opération, on se limite à 12 tonnes. Ce qui est tout de même énorme.

La campagne de lutte 1990 devrait permettre de déterminer si ce nouveau venu répond bien à ce que l'on attend de lui.

Il n'empêche que Tracker, Fokker 27 ou C 130 (les quadri-moteurs DC-6, trop vieux, ne sont plus en service depuis cette année), souffrent d'un handicap par rapport aux Canadair. Ces derniers sont amphibies, c'est-à-dire qu'ils peuvent se poser sur l'eau, faire le plein sans s'arrêter, grâce à des écopages qui plongent dans un lac ou dans la mer alors que l'avion "skie" à ras des flots. Alors que les autres sont des appareils terrestres. Il leur faut donc obligatoirement rejoindre un aéroport pour se ravitailler en eau, avec tout ce que cela comporte de contraintes : éloignement des terrains ; concurrence avec le trafic aérien normal pour atterrir et décoller ; queues au ravitaillement. Un seul avantage : les postes de remplissage terrestres permettent en effet d'ajouter des produits chimiques à l'eau que l'on embarque, produits qui augmentent l'efficacité du liquide déversé sur les incendies. Mais cet avantage-là ne compense pas le handicap initial, et les amphibies l'emportent haut la main, en termes d'efficacité, autrement dit de quantités d'eau déversée par heure.

Le problème est que les CL-215 commencent à prendre de l'âge. De plus, ils sont équipés de moteurs à pistons, qui utilisent de l'essence à haut indice d'octane comme carburant. Or, cette essence-là se fait rare, les pétroliers répugnent à la produire car elle est chère, et offre peu de débouchés : il ne reste quasiment plus d'avions à moteurs à pistons dans les flottes aériennes du monde, où le moteur à réaction, qui tourne au kérosène, règne depuis un bon quart de siècle en maître absolu. De

plus, il faut du temps pour faire chauffer un moteur à pistons, alors qu'une turbine de réacteur est utilisable de suite. La solution réside donc dans un appareil amphibie équipé de turbopropulseurs qui consomment lui aussi du kérosène. Cet appareil existe, d'ailleurs : il s'agit de la version turbopropulsée du CL-215, dite CL-215 T (T pour turbo).

Du moins existe-t-il en prototype. La maquette de ce dernier a d'ailleurs été présentée pour la première fois au dernier Salon de l'aviation légère, qui s'est tenu à Cannes en juin de cette année. Elle révèle les difficultés auxquelles a dû faire face le constructeur canadien Canadair pour mettre au point le nouvel appareil, difficultés qui, apparemment, avaient été quelque peu sous-estimées.

Les essais en vol effectués à Montréal ont fait apparaître, en effet, un certain nombre de problèmes aérodynamiques dus à la mise en place de turbopropulseurs. L'augmentation de puissance qui en a résulté, tout comme la forme des nacelles qui, à cause de leur structure aplatie sur les côtés, jouent le rôle de dérives sur les ailes, ont retardé la définition du nouvel avion, en d'autres termes sa configuration définitive. Du coup, il a fallu corriger les défauts aérodynamiques, ajouter des surfaces verticales sur le plan fixe horizontal (gouverne d' profondeur), par exemple, ou un profilage en forme d'obus à la jonction de la dérive verticale et du plan fixe horizontal. La définition du CL-215 T n'a donc été "figée" qu'au mois de mai dernier.

Ces modifications ont été adoptées sur les deux prototypes, mais seule l'expérimentation opérationnelle, cet été en Espagne, permettra de dire si la machine est bien au point. L'Espagne est en effet le premier pays intéressé par le CL-215 T, elle a décidé de "rétrofitier" (terme franglais qui signifie remettre aux normes les plus récentes) quinze des Canadair CL-215 qu'elle possède et qui seront transformés en CL-215 T. La province du Québec fera de même pour deux avions. Un "rétrofit" — pratiquement le remplacement des moteurs à pistons par des turbopropulseurs, et les adaptations afférentes — coûte quelque 7,8 millions de dollars, alors que l'achat du CL-215 T neuf reviendrait à 15 millions de dollars. Les pays ayant en service des Canadair anciens, mais qui disposent encore d'un potentiel de vol important, peuvent donc envisager de faire équiper leurs bombardiers d'eau avec des turbopropulseurs. Quant à la production de CL-215 T, elle ne sera lancée par Canadair que lorsque la firme canadienne aura enregistré au moins vingt commandes fermes. La certification du CL-215 T, c'est-à-dire la délivrance officielle du certificat de navigabilité, devrait intervenir à la fin de l'année 1990.

Il semblerait donc que la France, qui s'est déclarée intéressée par l'acquisition de nouveaux Canadair de lutte contre le feu, ne devrait plus tarder à passer commande. En réalité, les choses sont moins



L'avant-dernier modèle. Ce Canadair CL-215 T n'est pas encore au point. Ses deux turbopropulseurs, sensiblement plus puissants que les moteurs à pistons qu'ils remplacent, ainsi que leurs nacelles aplaties ont posé des problèmes de stabilité en vol, qui ont été résolus sur la version définitive (voir notre dessin page 87).

simples qu'il n'y paraît de prime abord. Et les récriminations des élus des départements touchés par les incendies, qui reprochent au ministère de l'Intérieur de traîner les pieds pour se doter de nouveaux bombardiers d'eau, ne sont pas toujours très fondées. La lecture de ce qui précède permet de mieux saisir la complexité du problème. Canadair baptise en effet du même nom de CL-215 T deux avions très différents. Le premier, sur lequel on s'est contenté à ce jour de monter des turbopropulseurs à la place de moteurs à pistons (mais avec les modifications que cela a entraînées, on l'a vu...), ne diffère pas de l'ancien Canadair en ce qui concerne, par exemple, le système de largage d'eau proprement dit. C'est-à-dire qu'il largue ses 5,3 t d'eau en une seule fois. Alors que le nouveau CL-215 T, celui qui reste encore à construire, outre le fait qu'il emporte 6,3 t d'eau, peut larguer celle-ci en plusieurs fois, par "paquets" de 2 t. Bien mieux : il possède un système embarqué qui sert à mélanger des produits chimiques à l'eau que l'avion amphibie a écopée. Le poste de pilotage est doté de sièges plus fonctionnels,

d'instruments modernes et d'un système de climatisation. Toutes choses fort appréciées par les équipages, on le comprend.

Le problème est que cet avion-là n'existe pour l'instant que sur le papier, même si son prix a d'ores et déjà été évalué, ainsi qu'il a été indiqué plus haut. Son lancement est encore incertain, puisque la firme constructrice a bien précisé qu'elle n'entreprendrait de le produire que si elle disposait d'au moins une vingtaine de commandes. Or, les premières commandes, seuls les Français seraient à même de les passer pour l'instant. Une sorte de cercle vicieux, d'où l'on sortira le jour où la nouvelle formule aérodynamique et la nouvelle motorisation des Canadair auront fait leurs preuves. Pour l'instant, on attend toujours.

**Claude Toutand
et Germain Chambost**

PARIS-AIR TROPHÉES LE COMPOSITE A L'HONNEUR

Ce concours, on le sait, s'est déroulé fin juin sur l'aéroport du Bourget. Parmi les membres du jury

"Science & Vie": Jeana Yeager, pilote, avec Dick Rutan, de l'appareil "Voyager" qui a effectué le tour du monde sans escale en décembre 1986.

PAR GERMAIN CHAMBOST





Le premier prix du trophée *Science & Vie* est allé à Daniel Hédrécourt pour l'exceptionnelle réalisation que représente son triplace *The Cozy (1)* en matériaux composites. La construction de l'avion lui a demandé quelque trois mille heures de travail, mais il se révèle à la hauteur des efforts déployés pour sa réalisation : une autonomie de six heures de vol, une vitesse de croisière qui frôle les 300 km/h. Le prix accessit a été décerné à Francis Heindryckx, pour son appareil, de construction bois et toile, *Jurca MJ 2D Tempête (2)*. Celui-ci a été réalisé entièrement en appartement par des passionnés qui n'hésitent pas à empiéter sur leur confort domestique pour donner libre cours à leur passion.

Le prix du public est allé aussi à un appareil de construction en composites, d'ailleurs conçu par son réalisateur, Claude Chudzik, le *Chudzik CC 01 (3)*.

Ce sont au total trente et un avions de construction amateur qui ont participé au concours, avec quinze avions de construction métallique, neuf de construction bois et toile, et sept de construction composite plastique. Parmi les avions métalliques, une forte proportion de Pottier, dont le concepteur, Jean Pottier, exerce ses talents en région parisienne, sur l'aérodrome des Mureaux (Yvelines).

Germain Chambost



LE JURY "SCIENCE & VIE"

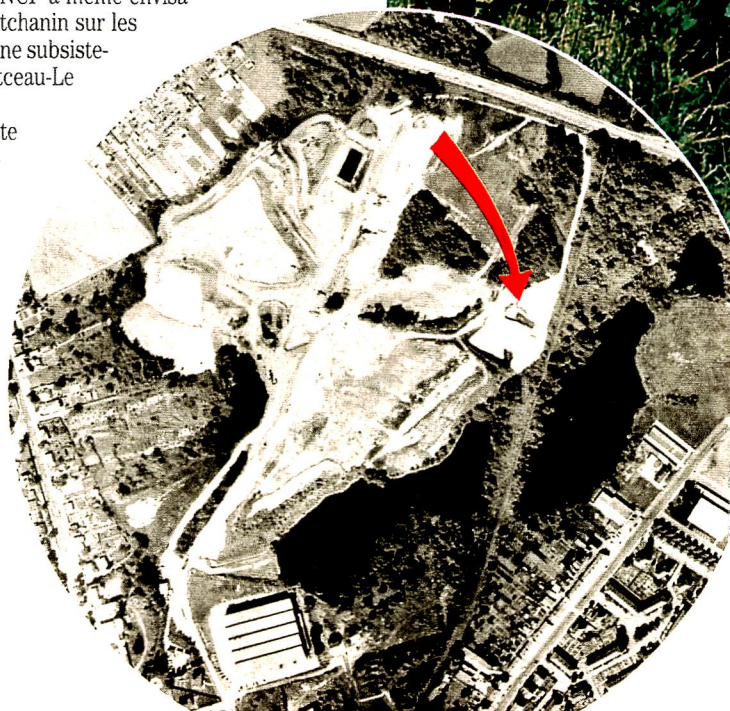
Il était composé, outre Jeana Yeager et Dick Rutan, de Philippe Cousin, rédacteur en chef ; de Gérard Feldzer, président de l'association Jonathan, organisatrice du Paris-Air Trophées ; de Catherine Maunoury, championne du monde de voltige aérienne ; ainsi que de Gérard Trocmé, commandant de bord à Air France et président de la Fédération nationale aéronautique.

HISTOIRE TRISTE DE MONTCHANIN, DÉCHARGE CHIMIQUE

Des déchets industriels ont été enfouis pendant dix ans en plein cœur d'une ville. Les émanations de produits toxiques ont fini par altérer la santé des Montchaninois. La décharge a bien été fermée. Mais ses émanations vont durer.

Montchanin, ville de 6 000 âmes, a vécu paisiblement jusqu'au scandale qui l'a rendue célèbre dans l'Europe entière. A tel point qu'aujourd'hui la SNCF a même envisagé de supprimer le nom de Montchanin sur les panneaux de la gare du TGV, où ne subsisterait que le nom de Montceau-Le Creusot !

Quelle plaie a donc frappé cette ville de Bourgogne ? Une décharge s'est installée, il y a une dizaine d'années, en son cœur même, à 100 m des premières maisons, à 500 m du collège d'enseignement secondaire (CES) et tout près du supermarché. Impossible pour les habitants d'oublier sa présence ! Comment l'administration a-t-elle pu accepter qu'une installation de ce type puisse être exploitée en pleine ville, avec les nuisances inévitables qui s'y ratta-





Des déchets camouflés au cœur de la ville. Au milieu des arbres, deux énormes citernes recueillent, encore aujourd'hui, les jus toxiques de la décharge — 6 millions de litres par an. Par ailleurs, une fosse suspecte (sous la flèche) — aujourd'hui dissimulée — a été fortuitement découverte sur une ancienne photo aérienne, dans un endroit où aucun enfouissement n'était autorisé.

AUTOPSIE D'UNE DÉCHARGE

DÉCHETS	TONNAGES PAR ANNÉE										TOTAL
	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	
Solvants non halogènes	0	0	0	0	0	0	57	0	0	0	57
Boues de peinture	0	197	203	972	1 114	0	213	201	15	8	2 923
Déchets de peinture	77	134	96	0	0	6 564	8 037	9 787	26 054	7 581	58 330
Boues d'usinage avec hydrocarbures	0	0	14	0	56	232	1 348	2 283	2 206	249	6 388
Boues d'usinage sans hydrocarbures	0	37	58	0	0	0	35	44	35	39	248
Copeaux particules métalliques	0	0	0	0	0	0	868	1 765	1 175	454	4 262
Fibres d'amiante	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	19
Mâchefers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	500
Suies de dépoussiérage	0	0	0	0	0	16	189	1 909	1 157	22	3 293
Scories de décrassage	0	1 346	9 106	10 102	9 667	9 128	4 791	10 098	11 892	6 559	72 689
Sables de fonderie	0	0	0	361	1 237	2 304	1 887	2 639	2 707	1 338	12 473
Sous-produits de fabrication issus de synthèse organique	129	1 395	446	625	1 861	2 004	3 032	716	218	84	10 510
Bases minérales résiduelles	0	0	0	12	852	0	0	0	0	0	864
Boues de chaux	1 728	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 728
Sulfate de calcium	0	0	0	0	0	124	564	102	79	21	890
Boues minérales	0	0	66	0	214	0	0	0	0	132	412
Oxydes métalliques	0	0	0	0	0	26	33	44	76	19	198
Sels métalliques	0	77	0	0	0	0	0	0	0	0	77
Sels minéraux résiduels	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	864
Catalyseurs usés	0	0	40	0	0	0	60	0	0	0	100
Boues d'hydroxydes déshydratées	6	1 148	543	5 136	2 377	2 888	11 640	18 994	23 935	10 992	77 659
Boues d'hydroxydes non déshydratées	0	0	0	0	0	819	1 446	12	3	3	2 283
Boues de station d'épuration	0	0	0	3 410	6 222	9 566	9 892	11 715	14 684	5 790	61 279
Boues de décantation	111	413	446	172	247	0	441	603	2 397	2 713	7 543
Résines échang. d'ions	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	25
Matériaux souillés de produits organiques	0	220	1 057	2 432	0	3 673	2 329	550	7 167	5 746	23 174
Matériaux souillés de produits inorganiques	0	0	0	0	0	0	522	480	516	279	1 797
Matériels souillés	0	0	0	0	0	2 878	7 366	7 568	18 086	8 588	44 486
Matériaux souillés	0	452	353	200	521	0	3	21	35	18	1 603
Loupés de fabrication	27	140	0	0	0	700	406	300	186	76	1 835
Piles usagées	0	0	0	0	0	0	0	0	375	209	584
Rebuts d'utilisation	0	118	107	0	0	54	27	0	124	0	430
Verre	0	0	0	0	0	0	0	39	85	59	183
Plastiques	0	0	0	0	0	0	122	231	143	72	568
Total	2 078	5 691	12 535	23 422	24 368	40 976	55 333	70 101	113 350	52 070	399 924

Voici le détail des déchets enfouis à Montchanin jusqu'à la fermeture de la décharge en juin 1988. En tout 400 000 t. Du moins officiellement, s'il n'y a pas eu de déversements clandestins. Ce sont les produits à base de solvants qui prédominent (boues de peinture, matériaux souillés de produits organiques...). On peut s'interroger sur les 44 486 t de "matériels souillés", termes suffisamment flous pour désigner n'importe quoi ! On voit également que c'est au cours des toutes dernières années que le rythme des enfouissements s'est accéléré, ce qui correspond à l'apport massif de déchets allemands et suisses.

chaient : odeurs, va-et-vient de poids lourds ?

L'histoire commence il y a quinze ans. En décembre 1976, le conseil municipal de Montchanin décide à l'unanimité d'acquérir, pour 80 500 F, un lot de parcelles qui appartenaient à la SAFER Savoie-Bourgogne, au lieu-dit les Carrières. Il s'agit en fait d'une vaste excavation d'une douzaine d'hectares, anciennement exploitée par la Grande Tuilerie de Bourgogne, qui en extrayait l'argile. A l'époque, le maire, Louis Farastier, précise à ses conseillers que ces terrains « présenteront dans l'avenir un intérêt certain pour l'urbanisation de la commune ». Propos qui résonnent aujourd'hui bizarrement. Ce maire décide dans la foulée de modifier le plan

d'occupation des sols qui interdisait les affouillements et exhaussements du sol, dans la zone en question. Et cela afin de rendre à cette zone son "caractère naturel" et d'« effacer l'exploitation sauvage du siècle dernier ».

Six mois plus tard, le 13 mai 1977, nouvelle réunion du conseil municipal : toujours pour l'urbanisation, M. le Maire et ses conseillers décident de louer ces terrains à une société, Déblais-Service Environnement, qui a l'intention d'en faire une décharge contrôlée. Le bail est signé le 17 mai 1977, pour une période de douze ans et pour la somme incroyablement modique de 5 000 F par an. Sans doute ces élus considérèrent-ils que l'installation

d'une décharge est une forme d'"urbanisation".

Pour pouvoir commencer ses activités, Déblais-Service doit se plier à diverses procédures administratives ; ainsi, un arrêté préfectoral est nécessaire. Mais l'administration est lente, et Déblais-Service commence à faire entrer des déchets avant de posséder les autorisations nécessaires. Ainsi, dès 1978, arrivent sur le site des centaines de fûts qui restent entreposés sur la décharge et sur lesquels on s'interroge encore aujourd'hui. Il paraît qu'il s'agissait de déchets chlorés, plus précisément d'hexachlorocyclohexane, venant de l'usine Rhône-Poulenc de Saint-Auban. Depuis, les fûts sont enterrés dans la décharge, et bien malin qui peut aujourd'hui les identifier. Mais ce n'est là qu'un des mystères de Montchanin.

La succession des arrêtés préfectoraux (il y en a eu quatre) est, elle, piquante, sans doute parce qu'elle est caractéristique des décharges de déchets toxiques. Le scénario consiste à demander dans un premier temps l'autorisation de déposer des ordures ménagères et des déchets ordinaires, l'autorisation est généralement accordée, comme ce fut ici le cas le 19 décembre 1977. Puis, une fois que l'on occupe les lieux, on demande à modifier l'arrêté préfectoral, pour recevoir des déchets moins anodins, voire carrément toxiques... Mme Solange Edou, épouse de Luc Laferrère, exploitant de la décharge, en est nommée P-DG. On apprendra par la suite que, par un heureux hasard, le frère de Mme Edou fit partie, de 1978 à 1981, du cabinet du ministre de l'Environnement. Toujours est-il que ses demandes furent examinées avec bienveillance !

En raison de son épaisse couche d'argile, la carrière de Montchanin semblait bien adaptée à un programme expérimental. Celui-ci consistait à enfouir dans 4 alvéoles des déchets bien précis, à les y laisser macérer, puis à examiner périodiquement la façon dont ils se dégradaient. Cela afin de choisir par la suite la meilleure manière de les enterrer. Dûment subventionné (près de 500 000 F), en particulier par le ministère de l'Environnement, ce programme permettait aussi à l'exploitant de se débarrasser à bon compte de 600 t de déchets toxiques. En l'occurrence :

- 176 t de Malathion et autres produits phytosanitaires organophosphorés de chez Rhône-Poulenc, à Villefranche-sur-Saône, et de Sedagri, à Nevers.
- 149 t de boues gorgées de plomb provenant de

l'usine Octel-Kuhlmann, à Paimbœuf.

- 176 t de polychlorure de vinyle (PVC) de la société Ferrari, à Trevoux.

- 149 t de déchets chlorés de l'usine Rhône-Poulenc de Saint-Auban. Pour être plus précis, il s'agissait de résidus de distillation et de fonds de bac d'une fabrication de perchloréthylène et de tétrachlorure de carbone.

Démarrée fin 1980, l'expérience s'acheva cinq ans plus tard. Les conclusions en furent décevantes. En particulier en ce qui concerne le Malathion, l'équipe de l'INSA (1) reconnut, ô litote, en mars 1985, qu'« aucun bilan pollution ne peut être fait ». La conclusion générale de toute l'étude se résumait



La décharge au fond du jardin.

Au moment où des déchets étrangers gorgés de solvants sont arrivés "légalement" en masse, les habitants des maisons les plus proches ont été victimes de troubles inexplicables tels que céphalées, nausées, asthme, etc. A ces déchets s'ajoutent des dépôts moins dangereux tels que ces 700 m³ d'enterrés récemment dans un endroit interdit et aujourd'hui stockés sous une bâche.

ainsi : plutôt que de mettre ce type de déchets organiques dans des sortes de tombeaux même étanches, il valait mieux les malaxer avec de l'argile pour qu'ils ne puissent pas être solubilisés par l'eau. Bref ! il fallait éviter qu'ils macèrent dans leur jus ! Lorsque c'est le cas pour le Malathion, par exemple, des odeurs nauséabondes se dégagent.

De toute façon, les scientifiques chargés de surveiller ces tombeaux n'ont pas attendu la fin du programme pour décider de refuser ou d'accepter ces familles de déchets sur le site. Un an leur suffit, comme c'était d'ailleurs prévu depuis le début.

Ce n'est, en effet, pas par hasard que ces quatre catégories de résidus avaient été choisies. Les

industriels qui les produisaient avaient besoin de leur trouver un asile. Or, théoriquement, le cadre réglementaire interdisait leur admission en décharge. Ainsi, les boues de plomb étaient auparavant acheminées jusqu'aux anciennes mines de sel d'Herfa-Neurode, un site de stockage souterrain de RFA, remarquablement géré, mais... très onéreux. La possibilité de traiter ces déchets en France représentait une véritable aubaine ! Seuls, à l'époque, les habitants de Montchanin (toujours eux) s'inquiétaient que leur sol servit de terrain d'expérience, et cela d'autant plus qu'on y enfouissait du Malathion, un insecticide, et qu'on le leur avait caché.

Ils ne découvrirent l'identité de ce dernier qu'au bout de un an ! Certaines manœuvres d'entreposage, effectuées nuitamment pour ne pas affoler la population, eurent l'effet inverse. Etant donné, en effet, que le Malathion est une poudre (blanche) qu'il vaut

mieux manipuler en scaphandre, et que les fenêtres de certains Montchaninois donnaient sur la décharge, la présence d'hommes vêtus en Martiens en pleine nuit inspira plus d'une alarme.

Les fûts de Seveso sont-ils à Montchanin ?

Une précision s'impose à propos de ce programme expérimental. En effet, l'administration, en l'occurrence la Direction régionale de l'industrie et de la recherche de Bourgogne, nous a indiqué que les fûts entreposés en surface, dès 1978, n'étaient que les déchets chlorés de Rhône-Poulenc-Saint-Auban, destinés à l'une des alvéoles du programme scientifique. Or, nous avons retrouvé le bulletin d'analyses des "vrais" déchets destinés au programme. Le prélèvement pour cette analyse a été effectué à Saint-Auban et il est daté du 15 mai 1979 ! Ce qui prouve que, jusqu'à cette date, ces fûts-là étaient encore à Saint-Auban. Donc l'analyse en question n'est pas valable pour les 1 500 autres fûts qui étaient déjà à Montchanin un an plus tôt ! C'est cependant cet effet étrangement rétroactif qu'on cherche à nous faire avaler.

Mais en dehors de cette expérience isolée, la décharge recevait son lot habituel de déchets. Qu'en faisait-on ? Leur sort était entre les mains de M. Gérard Di Placido, qui occupa successivement les postes de gérant, de directeur général, puis de directeur technique. Il jouit d'une solide réputation professionnelle et exerce aujourd'hui ses compétences au sein de la société France-Déchets, qui exploite la plupart des grosses décharges en France. Il n'avait pas attendu les résultats de la longue étude scientifique de l'INSA pour mettre en pratique la technique du malaxage.

Ainsi, lorsqu'un camion arrivait à Montchanin, il "dépotait" dans une fosse de réception. Les déchets, généralement sous forme de boues, étaient alors malaxés avec de l'argile prélevé sur le site, ce matériau étant connu pour piéger les différents pol-

luants. Déposé ensuite dans une seconde fosse, ce mélange finissait dans une alvéole comblée au fur et à mesure comme un millefeuille : 1 m de déchets, 30 cm de matériau inerte et ainsi de suite.

Si le ciel ne s'en était mêlé, les déchets auraient pu rester éternellement confinés dans leur gangue d'argile. Mais à Montchanin comme ailleurs, il arrive qu'il pleuve. Or, il faut à tout prix éviter que les eaux s'infiltrent dans le sol, entraînant des éléments toxiques arrachés aux déchets vers les nappes d'eaux souterraines. Certes, lorsque les terrains ont une faible perméabilité, comme c'est le cas des couches argileuses, cette migration est très lente, mais elle existe, car l'imperméabilité totale reste un leurre. Il ne faut pas non plus que les eaux s'accumulent et finissent par déborder d'un sol saturé pour ruisseler un peu partout autour de la décharge. C'est pourquoi, il se révèle nécessaire de récupérer en permanence les eaux ayant été en contact avec les déchets — les professionnels préfèrent parler de lixiviats ou de jus — à l'aide de tuyaux verticaux ou piézomètres, disposés à des endroits clefs. A Montchanin, ces jus étaient récupérés dans une fosse, puis pompés et refoulés vers des citernes. Que faire ensuite de ces jus ? Durant des années, c'est la station d'épuration de Torcy, une commune proche, qui les a traités. Sachant que la plupart des stations d'épuration d'eaux usées ont un rendement qui dépasse rarement 60 %, on peut supposer qu'une partie de ces liquides sont tout simplement partis dans la rivière !

Un beau jour, la Compagnie générale des Eaux, qui gère la station, refusa les quantités sans cesse croissantes. Pris de court, l'exploitant, qui ne savait plus quoi faire, aspergeait tout bonnement sa décharge avec ces jus, ce qui ne faisait, bien entendu, que différer le problème, l'eau retournant à la case départ. L'INSA vint, une fois encore, à son secours, en proposant de répandre ces eaux encombrantes sur des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères, qui furent acheminés jusqu'à la décharge. Lors de la percolation, il se produit notamment une évaporation très importante due à la chaleur dégagée par les imbrûlés dans le mâchefer, qui s'oxydent lentement. Au lieu de retourner à la terre, l'eau retournait donc au ciel.

L'évacuation des jus de décharge était devenue un problème crucial : de 170 m³ en 1985, ils atteignaient 6 000 m³ en 1987 ! Leur progression était évidemment liée au rythme d'exploitation qui s'accélérait furieusement. Qu'on en juge : 25 000 t de déchets en 1984, 55 000 t en 1985, 70 000 t en 1986 et... 115 000 t en 1987. En même temps que la quantité des déchets évoluait, leur nature variait. Ainsi, durant les dernières années d'exploitation, les déchets de peintures, de vernis et d'encres augmentaient considérablement. En l'espace de deux ans, leur quantité fut multipliée par trois. Ils représen-

tèrent bientôt le quart de tout ce qui entraît à Montchanin. C'est à ce moment-là également que sont apparues les huiles de coupe, des déchets du travail des métaux, qui contiennent des hydrocarbures. Montchanin devenait Montdépotoir.

Un point important fut que les hydrocarbures et les boues de peinture contiennent des solvants et dégagent donc des odeurs fortes, voire toxiques. Ce furent, en effet, des problèmes d'odeurs qui causèrent la fermeture de la décharge, d'abord provisoirement le 18 juin 1988, puis définitivement le 20 octobre 1989. Ce qui fait dire à certains que si l'exploitant s'était contenté de faire tourner son exploitation comme elle avait fonctionné jusqu'en 1985, elle serait probablement encore en activité. Mais au cours des deux dernières années, les camions arrivaient à une telle cadence que les employés n'avaient plus le temps de neutraliser les déchets avec de l'argile et de les enfouir rapidement. Les émanations, notamment de solvants, très volatils, devenaient intolérables. Dans les écoles proches, on ne pouvait plus ouvrir les fenêtres. Dans les quartiers sous le vent, les gens avaient du mal à mettre le nez dehors. Bref ! c'est toute une ville dont l'air était empoisonné. Le phénomène dépassait la simple nuisance, si l'on en juge par les rapports médicaux qui s'y rapportent.

Ce sont les médecins généralistes de Montchanin qui ont, les premiers, été alertés par l'augmentation de leurs consultations ainsi que de certaines pathologies telles que céphalées assorties de fatigue générale, irritation des muqueuses, sous forme notamment de conjonctivites et de trachéites, troubles gastro-intestinaux avec nausées, cas d'asthme inexplicables, le tout sous une forme rebelle. Sans parler des troubles névrotiques, la décharge devenant une obsession pour les habitants les plus proches, à quelques dizaines de mètres, rappelons-le. Lorsque l'un d'eux, qui avait des séquelles d'une ancienne poliomyélite, succombe sous l'accès d'un mal de tête trop violent, la tension atteint un point culminant ! Ces pathologies correspondent à celles que les médecins du travail diagnostiquent régulièrement chez les ouvriers soumis à des atmosphères riches en solvants, comme les térébenthines, alcools, esters, cétones, hydrocarbures aromatiques, etc. Et les médecins de Montchanin, qui ignoraient la nature des produits de la décharge, ne pouvaient donc pas faire de corrélations, ni expliquer, par exemple, les passages plus fréquents des élèves à l'infirmerie de l'école, généralement pour de violents maux de tête. Ils furent prudents : « On ne peut pas éliminer un risque potentiel », a déclaré le Dr Anne Boucharlat, inspecteur de la santé à la DDASS dans un rapport établi en juin 1988 (?). « Beaucoup d'éléments plaident en faveur de la relation de cause à effet », dit le Dr Petit, de l'hôpital Edouard-Herriot de Lyon, chargé, fin 1988, d'une



Une cargaison de trop ! En mai 1978, arrivent sur la décharge ces 1 200 fûts de déchets chlorés. Le mystère continue de planer sur cette cargaison, venant, dit-on, de Rhône-Poulenc - St-Auban et destinée à être enfouie dans le cadre d'un programme expérimental. Le hic, c'est que l'alvéole d'une contenance de 150 t destinée à ce programme a reçu, en 1981, 150 t d'autres déchets chlorés de Rhône-Poulenc.

enquête pour le préfet de Saône-et-Loire. Ce praticien s'inquiéta de "manifestations inspiratoires" chez des enfants de 2 à 6 ans.

La concentration des produits toxiques incriminés était faible par rapport à celle qui est subie par les travailleurs de l'industrie chimique, car les vapeurs se diffusaient en plein air. Mais, dans les maisons situées en lisière de la décharge, l'exposition fut quasi permanente, avec des pics parfois importants. De plus, les natures allergiques, les personnes âgées et les enfants ont une sensibilité plus grande.

De toute façon, les concentrations dans l'air étaient assez fortes pour être mesurables ; une volumineuse étude de la société Europoll et Ecopol pour le ministère de l'Environnement le prouve. Pis : les mesures furent faites en septembre 1989, alors que l'activité de la décharge avait cessé. Mais les produits qu'elle abrite continuaient, et continuent, de diffuser leurs poisons dans l'air et dans l'eau et le feront durant plusieurs dizaines d'années. Europoll estime même que les niveaux d'émissions, qui se situent entre 1 et 34 mg de composés organiques volatils par m² et par heure, devraient augmenter. Leurs appareils ont détecté plus de 300 corps différents, parmi lesquels surtout des hydrocarbures saturés et aromatiques, ainsi que des composés halogénés et soufrés. Mais pas de trace de la famille des dioxines.

La région alentour est peu ou pas polluée ; mais il suffit que les masses d'air aient survolé la décharge pour qu'elles contiennent trois ou quatre fois plus de composés organiques volatils. Près de la décharge, l'atmosphère est comparable à celle qui règne autour des grandes zones industrielles. Ainsi, les habitants les plus proches respirent actuellement un air plus pollué que celui qui baigne la région, pourtant fortement industrialisée, de Fos-sur-Berre. Sur la décharge elle-même, les niveaux augmentent

encore. De 200 à 450 µg par m³ d'air, les composés organiques volatils passent à des teneurs se situant autour de 0,05 à 1,5 mg/m³ d'air. Lorsqu'il n'y a pas de vent, les teneurs peuvent atteindre 43 mg/m³ ! Dans le sous-sol, au fond des piézomètres, c'est encore pire, on monte à des taux affolants : de 1 à 26 g de composés organiques volatils par m³ ! Que se passerait-il si on ouvrait la décharge pour en évacuer le contenu ?

Les émissions dépendent fortement des conditions météorologiques. Lorsqu'il n'y a pas de vent pour disperser les masses d'air — c'est souvent le cas au petit matin ou vers 9-10 heures du soir —, la pollution augmente. Lorsqu'il pleut, c'est encore pire. L'eau chasse les gaz, et les flux peuvent alors être multipliés par 50. Les alvéoles comblées récemment dégagent davantage que celles exploitées anciennement. C'est l'inverse pour la concentration de ces polluants dans les jus, selon le Pr Jean-Michel Jouany, de l'université de Rouen : les jus des alvéoles anciennes sont beaucoup plus toxiques que ceux des fosses récentes, ce qui prouve un mauvais vieillissement.

Comment être sûr que ces liquides toxiques ne s'échappent pas de la décharge pour rejoindre l'environnement par des infiltrations inconnues ? Il y a, en particulier, autour du site, trois étangs suspectés par la population, en raison des pestilences qu'ils dégagent parfois. En fait, après analyses réalisées en 1988 par la société Ecopol, les odeurs à base de gaz sulfureux, qui s'apparentent à celles d'œufs pourris, seraient dues à la mauvaise oxygénation des eaux. Ces étangs sont fortement "eutrophisés" ; ils contiennent des taux très élevés de matières organiques, et la matière végétale qui s'y est développée de façon anarchique pourrit les fonds ; et la décharge n'y est pas entièrement étrangère. Non la décharge industrielle, mais la partie où Déblais-Service déversait des ordures ménagères, qui jouxtait justement l'étang le plus pollué, l'étang des Ecrasés. Il semble de plus en

Montchanin, poubelle de l'Allemagne

plus que la qualité du sol dans cette partie de la décharge ait été beaucoup moins fiable qu'ailleurs. Et les jus des ordures ménagères continuent de suinter dans le lac. Notons d'ailleurs que les Montchaninois n'avaient pas attendu la décharge pour mettre à mal le plan d'eau, puisque durant des années, jusqu'en 1969, ils y ont déversé leurs ordures ménagères.

Un autre rapport de la DDASS, daté de 1988, concluait à la présence, dans les étangs, de composés d'origine typiquement industrielle. La présence de phosphore, mais pas de phosphates, semblait également témoigner de la présence de jus de décharge. Mais il est tout à fait possible que l'exploitant, encombré des jus de décharge refusés par la

station d'épuration de Torcy, s'en soit débarrassé en partie dans les étangs ! Paradoxalement, il vaudrait mieux que cette hypothèse fût la bonne, car sinon ce serait l'étanchéité même de la décharge industrielle qui serait en cause. L'étang des Ecrasés se trouve à l'aplomb d'une ancienne mine de charbon exploitée au XIX^e siècle (pas loin de Montceau-les-Mines) et la petite histoire rapporte qu'il se serait formé après l'effondrement des galeries, d'où son nom sinistre. Le tout est de savoir si un réseau de galeries dans le sous-sol n'offre pas des communications avec la décharge. Jusqu'à présent, une seule galerie identifiée passe bien sous la décharge industrielle, mais elle se situe à 500 m de profondeur. En bordure de la décharge, on trouve aussi un embryon de galerie de 30 m de long à 250 m de profondeur. Mais les habitants de Montchanin assurent qu'il existerait d'autres galeries.

C'est ce qu'a cherché à vérifier le BRMG (3), dépêché lui aussi sur les lieux dès le mois d'avril dernier. Ces travaux, comprenant des carottages, devaient permettre de tester l'étanchéité du site. Les résultats, tout récents, montrent que le coefficient de perméabilité varie d'un bout à l'autre de la décharge. La partie qui contient des ordures ménagères correspond en fait à une zone d'effondrement d'ouvrages miniers et sa perméabilité laisse totalement à désirer. Quant à la décharge industrielle, si le fond semble bon, les terrains de surface permettraient des infiltrations vers la zone d'ordures ménagères non étanche.

Mais que recèle exactement la décharge ? Les 41 fûts de Séveso ? C'est ce qu'affirme notre confrère *Politix*, qui estime que les fûts retrouvés dans le nord de la France n'étaient pas les bons. Ayant suivi de près l'affaire (c'est nous qui avons "levé le lièvre" en mars 1983) et en ayant indiqué les parcours, nous étions en mesure d'analyser cette hypothèse. Les nombreux indices en notre possession ne permettent pas de l'accréditer.

Mais Montchanin est "riche" de bien d'autres déchets ! Nous avons reconstitué ce que recèle les flancs de cet immense territoire (*voir tableau p. 94*). Environ 400 000 t y reposent réparties dans 12 alvéoles, auxquelles il convient d'ajouter près de 50 000 t d'ordures ménagères. Les "fournisseurs" sont aussi célèbres que nombreux. Dès 1979, Rhône-Poulenc livrait des résidus chlorés pâteux de son usine de Saint-Auban, mais également des déchets provenant de Pont-de-Claix dans l'Isère : uniquement pour le mois de décembre, 2 000 t ! Espérons que ces déchets, désignés sous le nom de boues de chaux, ne correspondaient pas aux fûts entreposés dans une ancienne ferme désaffectée qui avait servi de dépotoir à la plate-forme industrielle durant des années ? Ces déchets contenaient des traces de dioxines et une bonne partie d'entre eux furent évacués dans la décharge de Roumazé-

(suite du texte page 146)

ECHOS DE L'INDUSTRIE

INNOVATION

Une malédiction sur les aînés ?

Triste nouvelle pour les aînés. Ils se trouveraient, en matière d'innovation, à la traîne de leurs puînés qui seraient, eux, les véritables créatifs, simplement parce qu'ils viennent au monde après, en 2^e, 3^e ou, comme Darwin, en 5^e position. Somme toute, ici au moins, les premiers seraient bien les derniers.

Peu imaginatifs, encore moins contestataires, les aînés auraient, dans le domaine scientifique, des idées et un comportement particulièrement conventionnels et par trop respectueux des normes en vigueur. C'est par eux que se transmettraient, se maintiendraient et se conforteraient les dogmes, les croyances et les idées établis, que se figeraient et se solidifieraient les systèmes en place. Ils constitueraient des forces de pesanteur et d'immobilisme, ils ne penseraient pas, n'oseraient que reproduire et prolonger le passé. Ils interviendraient ainsi comme de véritables et puissants freins à tout changement dans l'ordre existant, à toute nouvelle conception scientifique, à toute manière originale de résoudre les problèmes, à toute démarche innovatrice.

Non, les innovateurs, ceux qui découvrent, ceux qui bâtissent les nouvelles théories, ceux qui font bouger et avancer le monde parce qu'ils osent le remettre en question et s'interroger sur son fonctionnement, ce sont les puînés. Ceux-là ne font pas que progresser dans les voies déjà tracées; ils s'attaquent à ce qui est radicalement nouveau et ils sont capables de faire surgir des innovations fondamentales.

Telle est du moins la théorie qu'avance Frank Sulloway, un universitaire américain qui enseigne l'histoire des sciences au réputé

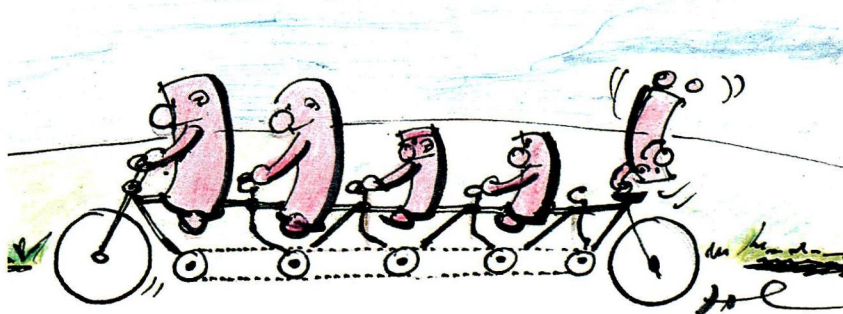
Massachusetts Institute of Technology (MIT). Et, même si l'ironie du sort fait que Sulloway soit lui-même le troisième né d'une famille de quatre enfants, ses travaux doivent être pris tout à fait au sérieux. Il a passé vingt ans à décortiquer les 28 plus importantes découvertes scientifiques des quatre cents dernières années — 23 étaient directement le fait de puînés.

Il a aussi étudié, découverte par découverte, quels savants étaient impliqués, d'un côté ceux qui les avaient soutenues, développées ou aidées à émerger, de l'autre ceux qui s'y étaient opposés et les avaient réfutées — et avec quels arguments. Puis il a retrouvé le rang de naissance de ces... 2 784 scientifiques impliqués dans ces 28 découvertes fondamentales, ce qui lui a demandé cinq ans de travail. La conclusion est formelle, les plus innovateurs sont ceux qui ont au moins un frère aîné. Les plus traditionnels, les aînés d'abord, les enfants uniques ensuite.

Bien entendu, les résultats auxquels aboutit Sulloway ne traduisent aucune anomalie génétique,

aucune infériorité ou supériorité de quotient intellectuel affectant les uns par rapport aux autres. Leur explication serait beaucoup plus simple : l'aîné s'identifierait, de gré ou de force, à l'autorité, au modèle parental, aux normes et règles sociales en vigueur et il les reproduirait. Ne serait-ce que parce que les parents font de l'aîné l'homme de la tradition, l'homme de la confiance aussi, par exemple en lui donnant la responsabilité de prendre en charge ses frères et sœurs. Il serait, pour ainsi dire, condamné à être "raisonnable". Tout cela, on ne le demande pas aux jeunes, ils n'ont pas ce poids sur les épaules, on admet qu'ils soient espiègles, "tout fous". Et comme ils ne sont pas en contact direct avec leurs parents, mais avec leurs aînés, ils passent leur temps à voir jusqu'où ils peuvent aller, quelles sont les limites de la tolérance de leurs aînés, qu'ils ne craignent pas véritablement.

Sulloway précise bien les limites de son étude. Si elle ne met nullement en cause les capacités mentales, l'intelligence, elle ne concerne



en rien, non plus, la réussite sociale. De multiples essais effectués sur cette question de l'influence sociologique éventuelle de l'ordre de naissance ont du reste tous abouti à des échecs ou à des conclusions contradictoires — ce qui revient au même. La seule chose que Sulloway ait comptabilisée, c'est l'aptitude à contester les idées reçues, la propension des individus — des scientifiques en l'occurrence — à remettre en question ce qu'à leur époque on considèrerait comme des vérités parfaitement établies.

Et là il est absolument formel. Catégorique. Au point de ne pas hésiter à soutenir que l'ordre de naissance constitue le plus sûr des indicateurs pour savoir si un scientifique est voué à une attitude conventionnelle, c'est-à-dire à progresser sur des routes déjà ouvertes, ou radicalement innovatrice, c'est-à-dire à défricher et à pouvoir faire surgir de véritables révolutions techniques.

Rien n'ébranle Sulloway, dont la théorie est défendue par plusieurs psychologues — ses collègues du MIT, mais aussi d'autres universités. Si on lui fait remarquer que Einstein était un premier-né, il

répond que c'est l'exception qui confirme la règle et que la plupart de ses premiers disciples étaient des puînés. Et si on lui rappelle que Jacques Watson et Francis Crick, conjointement prix Nobel pour avoir expliqué la structure de l'ADN, sont aussi tous deux des premiers-nés, il rétorque, très sérieusement, que les prix Nobel ne récompensent pas des innovateurs, mais seulement ceux qui sont assez intelligents pour assembler des puzzles infiniment compliqués — en un mot pour synthétiser des éléments déjà existants, pas pour créer quoi que ce soit.

Le rôle des aînés se borne-t-il à recueillir et à développer les fulgurantes intuitions de leurs puînés ? Après tout, si cela leur vaut des prix Nobel, leur sort n'est pas si triste... Sans compter que la créativité, on sait aujourd'hui que cela peut s'apprendre. De multiples livres sont là, qui donnent toutes les explications, toutes les techniques, tous les conseils nécessaires. Les aînés qui auraient quelque complexe peuvent toujours s'y référer pour vaincre la "malédiction du premier-né" !

Papier recyclé pour photocopieuses. Fuji Xerox commercialise au Japon un papier pour photocopieuses fabriqué pour 70 % à partir de vieux papiers de bureau recyclés. On avait jusqu'ici échoué à obtenir un papier chimiquement neutre, l'acidité des papiers de recyclage posant des problèmes de conservation.

60 % des logements japonais sont climatisés et 23 % seulement des climatiseurs correspondent à un premier équipement. Le marché intérieur nippon est donc quasiment saturé. Résultat : les Japonais lorgnent du côté de l'Europe ; ils estiment que son marché va connaître une croissance de 15 % au cours des cinq prochaines années.

Avec 168 variétés de rhododendrons et 85 d'azalées (dont 40 japonaises à feuilles persistantes), le parc botanique de La Tessonnière, à Bourg-en-Bresse est le plus important de France. Mais ce parc vaut aussi le détour pour ses 137 espèces de feuillus et ses 130 de résineux.

14,5 m de haut, 15 m de long, le plus grand cheval de bois du monde était présent aux jeux Olympiques qui se sont tenus en juillet à Stockholm. Il y a même participé... en tant que voûte d'entrée pour la course d'obstacles d'attelage.

Le zirconium, un nouveau matériau pour les industries chimiques. Métal jeune, il a connu un développement considérable dans le nucléaire en raison de sa grande transparence aux neutrons et de ses propriétés mécaniques et chimiques dans l'eau et dans la vapeur à haute température. Mais on ne s'était pas encore avisé que sa résistance exceptionnelle aux milieux agressifs le rendait aussi très intéressant pour de nombreuses industries chimiques gênées par des problèmes de corrosion. Le point à Lyon les 10 et 11 octobre prochains. Les possibilités d'application du zirconium dans de très nombreux secteurs de la chimie (pharmacie, pétrochimie, agroalimentaire) seront présentées concrètement (Société française de métallurgie, immeuble Elysées La Défense, 194 Le Parvis, cedex 35, 92072 Paris-La Défense).

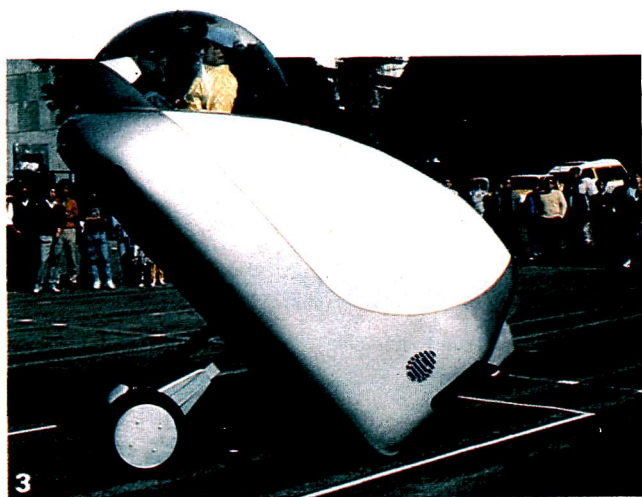
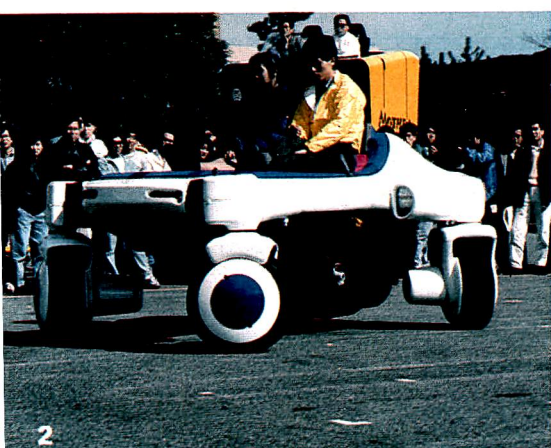
AUTOMOBILE

Quand les Japonais s'amuse...

...ils fabriquent ce véhicule capable de se déplacer non seulement en avant et en arrière, mais encore latéralement, qui peut s'élever ou s'abaisser à volonté et qui fait penser à quelque mystérieux OVNI (*photo 1*). Ou celui-ci, au design aéronautique, qui peut se dresser verticalement grâce à l'extension et à l'appui de sa roue-train d'atterrissage avant et qui n'a alors plus besoin pour se garer que d'une demi-place de parking (*photo 2*). Ou encore le véhicule "Relax" où, pour le pilotage, les pieds ne sont pas plus nécessaires que les mains : les commandes obéissent à la voix ; mieux : "Relax" vient à vous quand vous l'appellez... (*photo 3*). La dernière création que nous présenterons est la plus farfelue : le "Bavard" n'a ni accélérateur, ni freins, il fonctionne aux bruits émis par le conducteur. Si ce dernier veut aller plus vite, il doit parler ou chanter plus fort ; pour ralentir il lui faut baisser la voix et se taire pour s'arrêter (*photo 4*). L'inventeur a en effet constaté que des tas de conducteurs, lorsqu'ils étaient seuls, se mettaient à parler ou à chanter haut et fort, tandis que nombre d'autres n'hésitaient pas à casser les oreilles de leurs passagers par leurs plaintes sur les embouteillages, leurs critiques sur la façon de conduire des autres automobilistes. D'où son idée de récupérer l'"énergie" de ce bruit jusqu'ici bien inutile... et de s'en servir, par l'intermédiaire de circuits intégrés, pour commander les déplacements de son véhicule.

Ces véhicules fous, fous, fous, mais bourrés d'idées, ne constituent que quelques exemples de ce qu'ont, cette année, été capables de présenter les employés du constructeur Toyota aux Olympiades des idées.

Cette manifestation annuelle est organisée par la Toyota Engineering Society (TES), un groupement



informel qui publie un journal, organise des réunions d'information technique, des séminaires de "remise à niveau", constitue des groupes de recherche, etc. Une sorte de cercle à la fois de productivité et de qualité.

Pour les dirigeants de Toyota, TES « réunit les employés qui ont à cœur de perfectionner leurs connaissances techniques et d'accroître leur savoir-faire. Il s'agit de développer les compétences, mais aussi l'esprit de camaraderie afin de contribuer au progrès de l'industrie automobile. » Même lorsque les Japonais laissent libre cours à leur imagination, ce serait



donc de façon organisée, par dévouement à leur entreprise, pour développer entre eux des relations amicales — dans la mesure où celles-ci sont également bénéfiques à l'entreprise.

40 % de l'ensemble des employés de Toyota sont membres de TES. Ne serait-ce pas aussi pour exprimer librement leur créativité, hors du sacro-saint dévouement à l'entreprise et sortir pour une fois, d'un système de travail, d'une organisation et d'une discipline, extrêmement rigides et contraignants ?





L'aiguille qui ne pique pas...

... accidentellement s'entend, puisque cette énième nouvelle aiguille hypodermique vise à supprimer les risques de contamination sanguine accidentels.

On n'en finit décidément pas d'inventer, pour la protection du personnel hospitalier, des systèmes anti-sida et autres virus véhiculés par les seringues. A part le mouvement perpétuel ou les nouveaux moteurs, peu de thèmes auront, à notre connaissance, excité à ce point l'imagination des inventeurs et la créativité des firmes de tous pays.

Cette nouvelle seringue revendique le sérieux, la rigueur : elle est la seule, assurent ses promoteurs, à offrir un tel degré de protection et elle a été testée avec succès dans les hôpitaux relevant du ministère de la Santé britannique. Ce dernier fournit du reste, sur simple demande, un exemplaire de son

rapport d'essais.

Le principe de la "SSN" est effectivement astucieux : avant l'usage, une gaine de plastique transparent recouvre toute l'aiguille sauf la pointe. Au moment de la piqûre, cette gaine recule au fur et à mesure que l'aiguille pénètre dans la chair pour le prélèvement ou l'injection. Lorsqu'on retire l'aiguille, la gaine avance et dépasse sa position originale pour coiffer la pointe sur laquelle elle se referme. Toutes les parties de l'aiguille contaminées par le sang sont ainsi protégées et isolées de façon définitive. Il n'y a pratiquement aucun risque de blessure accidentelle — pour peu que le plastique de la gaine soit suffisamment résistant — ni lors de manipulations ultérieures, ni lors de la mise au rebut. Pour toute information : Sterimatic Abnash, Chalford Hill, Stround, Gloucestershire, GL6 8QN, Grande-Bretagne.

RECRUTEMENT

Pas de chômage pour les graphologues

Partant de l'idée que, pour étayer leur choix ou le justifier, 70 % des responsables du recrutement des entreprises ont recours à la graphologie, les animateurs du Groupe action commerciale, organisateur de carrefours de carrières, ont offert une analyse graphologique gratuite aux jeunes diplômés qui les ont sollicités 15 jours avant leur dernier carrefour.

Ces analyses, effectuées par des graphologues professionnels, devaient donner le profil du commercial type de l'an 2000.

Le résultat, qui aurait pu être fort utile et dont on nous dit qu'il « fait ressortir des caractéristiques significatives », nous paraît, à nous, d'une affligeante, d'une désespérante banalité. Nous apprenons en effet que trois profils se dégagent. Le commercial a tendance marketing : créatif et doté d'un esprit d'analyse et de rigueur, on peut lui laisser une large initiative. C'est un parfait diplomate. Le com-

mmercial a tendance produit : esprit concret et précis, il a le sens de l'organisation et est crédible. Mais il faut que le produit corresponde à ses goûts. Enfin, le commercial de terrain : il est, on s'en douterait, tourné vers l'action. Il est pragmatique et opportuniste. Il s'adapte très facilement. Il veut socialement être reconnu et est très sensible à l'argument financier.

Voilà les portraits robots des commerciaux de l'an 2000 annoncés à grand fracas. Vous en saviez autant, vous en auriez dit autant ? Nous aussi. Cela vous paraît manquer un peu de sérieux ? A nous aussi. Ce n'est tout de même pas d'après cela que les programmes de formation vont être adaptés et que les jeunes vont se définir et se diriger ? Nous l'espérons. Mais vous ne voudriez tout de même pas mettre au chômage les graphologues professionnels ? Surtout qu'ils ont un art essentiel : celui de rassurer les chefs d'entreprise...

223 kg de miel dans une seule ruche. C'est le nouveau record et il appartient à un apiculteur de Prats-de-Sournia (Pyrénées-Orientales). Le précédent record était de 200 kg et était détenu par un Danois. La ruche française, haute de 2,73 m et large de 0,50 cm était peuplée d'abeilles de la race, très prolifique, italo-caucasienne.

Les capteurs de demain seront à fibres optiques. 20 % de ceux actuellement brevetés utilisent déjà cette technique. Les fibres optiques permettent de mesurer, souvent sans contact, de nombreuses grandeurs : déplacements, positions, températures, déformations, contraintes, pressions, vibrations, états de surface, etc. Leur encombrement est faible. Enfin, et surtout, elles fonctionnent en milieux hostiles : hautes températures, perturbations électromagnétiques, radiations, atmosphères explosives.

Une "peau" artificielle sensible à la pression mise au point aux Etats-Unis. Elle peut localiser et évaluer toute force appliquée sur un point quelconque de sa surface. Le secret ? Des fibres de verre, recouvertes d'un matériau sensible à la pression — et dans lesquelles on fait passer un faisceau lumineux —, sont incorporées dans le matériau. Toute variation de pression modifie l'indice de réfraction. Cette modification est mesurée et les données recueillies sont transmises à un ordinateur qui analyse l'information sensorielle. Un débouché de taille pour ce système qui assure l'autosurveillance : toutes les conduites et même les ponts.

Un centre de la gastronomie française à Tokyo vient d'ouvrir ses portes sur 6 000 m² à Nishi shinjuku, le quartier le plus futuriste de la capitale. Objectifs : former et informer le grand public et les professionnels japonais sur la gastronomie française, les vins et les arts de la table. Partenaires associés dans ce projet : la Chambre de commerce et d'industrie de Paris et la société japonaise Tokyo Gas, deuxième distributeur privé de gaz au monde. Si cela ne s'appelle pas de la diversification...

Un robot pouvant atteindre 10 000 m de profondeur, pour l'exploitation marine, est étudié et développé par le Centre japonais des sciences et des techniques de la mer.

Ces petites "PCH" qui pourraient produire tant d'électricité

69 milliards de kWh/an, 20 % de notre production électrique totale, c'est l'apport de l'énergie hydraulique, 10 % provenant du thermique classique et 70 % du nucléaire.

Sur cette production, les petites centrales hydrauliques, les "PCH", celles dont la puissance est inférieure à 4 500 kW, fournissent à peine 4 milliards kWh/an. A considérer les sites encore équipables, les PCH pourraient pourtant doubler, voire tripler leur production.

C'est que les producteurs indé-

pendants, dont le chiffre d'affaires représente 1,6 à 1,8 milliard de francs, voient leur dynamisme bloqué par des contraintes d'environnement — un environnement qu'ils dénaturent pourtant infiniment moins que certaines réalisations d'EDF — et par la stagnation des rachats du courant qu'ils produisent. On retrouve EDF et c'est là un vieux problème.

Alors pourquoi ne pas se tourner vers l'exportation ? En attendant une hypothétique modification de

la politique menée par la firme nationale, cela semble la seule solution pour les fabricants de PCH. Le marché mondial est ouvert et considérable : on l'évalue à 6 à 8 GW/an.

Le tourisme évolue et l'innovation envahit ce secteur.

Pour faire le point : le SITT, Salon international des innovations et des technologies appliquées au tourisme, à Tarbes, du 9 au 12 octobre.

Des soudures parfaites

Lorsqu'on soude bout à bout des tuyaux de plastique, que ce soit pour la mise en place de canalisations de distribution d'eau ou de gaz, dans les mines ou dans l'industrie, il se forme fréquemment à l'intérieur, au niveau des raccords, des bourrelets qui empêchent le libre écoulement du liquide ou du gaz, d'où une perte de charge pouvant atteindre 20 % par rapport à un tuyau normalement lisse.

Une tête de coupe munie de lames et se déplaçant suivant la courbe de la paroi interne du tuyau, entraînée par un moteur hydraulique, constitue la solution au problème. Elle vient d'être mise au point par une société bri-

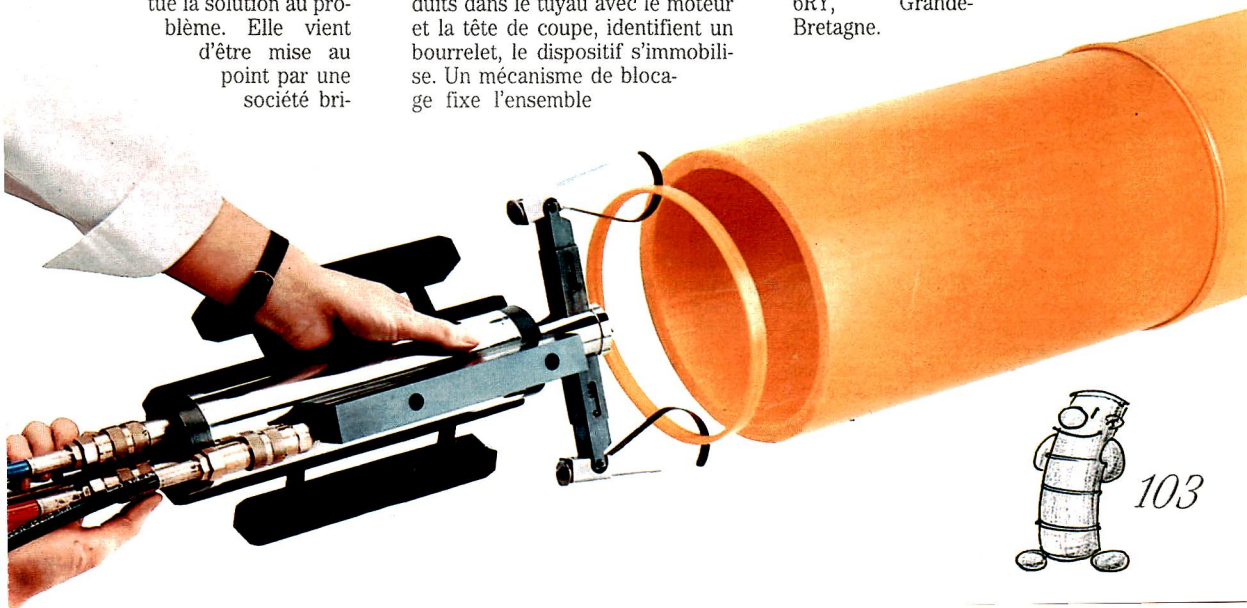
tannique en collaboration avec la Société britannique de gaz.

Cet équipement est capable de couper les bourrelets jusqu'à 48 m de l'extrémité du tuyau. Il les récupère également, ce qui permet leur examen détaillé. Examen qui aide à déceler, par exemple, les défauts d'alignement du tronçon, une soudure mal adaptée — pas assez chaude pour obtenir une fusion moléculaire intégrale — ou encore des joints de mauvaise qualité — ce qui apparaît dans les fentes et fissures dont ils peuvent être porteurs.

Ainsi lorsque les palpeurs, introduits dans le tuyau avec le moteur et la tête de coupe, identifient un bourrelet, le dispositif s'immobilise. Un mécanisme de blocage fixe l'ensemble

contre la paroi et la pression hydraulique du moteur est transmise à la tête de coupe dont les lames avancent le long de la paroi pour découper le surplus de matière. Une fois détaché, le bourrelet est bloqué dans le dispositif.

Ce système, "Daisy", est adaptable à des tuyaux d'un diamètre allant de 90 à 400 mm. Il est à noter que la société britannique qui l'a développé cherche des agents pour sa diffusion en France. Pour tout renseignement : Gorseline Daisy Ltd, 16 High Street, Hatfield, Doncaster, South Yorkshire, DN7 6RY, Grande-Bretagne.



DES MARCHÉS À SAISIR

Les innovations et les techniques et procédés nouveaux 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, 5 rue de la Baume, 75008 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

LE VELO "PORTE-BARDA"

**Quoi ?**

Un vélo dont la forme permet l'installation d'un vaste sac porte-bagages central, si bien que, quelle que soit la charge, le centre de gravité se trouve toujours entre les deux roues.

Comment ?

Adeptes du VTT — le vélo tout

terrain —, l'inventeur s'est avisé que, lors de ses randonnées, le cycliste est obligé de transporter quantité d'objets qu'il amarre tant bien que mal sur ses porte-bagages, déséquilibrant ainsi encore un peu plus cette machine à l'équilibre éminemment instable qu'est son vélo.

Il a trouvé la parade en inventant ce cadre dédoublé qui permet l'installation et l'arrimage d'un sac central, ne gênant pas, bien sûr, le pédalage. Ce sac peut se transformer en sac à dos, ou à provisions, car l'invention n'intéresse pas seulement les adeptes du VTT, mais aussi tous ceux qui doivent faire des courses. Son auteur envisage également de développer deux applications particulières. Dans la première, le sac serait remplacé par une caisse en bois, avec couvercle et serrure, permettant aux coursiers et livreurs de petits objets d'effectuer aisément leurs tournées. Dans la seconde, le sac serait isotherme pour transporter à la température voulue tout le nécessaire à un bon pique-nique en pleine nature...

Le prototype de ce nouveau vélo, équipé d'un sac bien rempli, a longuement été testé avec succès sur divers itinéraires pentus et bosselés, comme la traversée du Vercors.

Pour qui ?

L'inventeur cherche un fabricant distributeur.

LA PLUS FORTE DES ALARMES DE CHEVET...

Quoi ?

... et aussi la plus petite puisqu'elle ne mesure que $12 \times 8 \times 7$ cm, ne pèse que 220 g et n'est alimentée que par deux piles courantes. Mais quand on actionne cette alarme de chevet, son haut-parleur hurle, impossible de ne pas l'entendre, même de loin : il diffuse 130 décibels. Pendant 30 heures, si c'est nécessaire... Le dispositif peut être posé sur un meuble mais aussi fixé au mur grâce au puissant adhésif placé sous son socle.

Pour qui ?

Le fabricant (japonais) cherche des importateurs et des distributeurs.

**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.

■ **L'équivalent de la forêt de Fontainebleau abattu** par les tempêtes qui ont marqué le début de l'année. Cela représente plus de deux millions de mètres cubes d'arbres arrachés ou cassés. Encore ce triste record ne tient-il compte que des forêts gérées par l'Office national des forêts (ONF), soit quatre millions d'hectares sur les quatorze que compte la forêt française. Le volume des arbres abattus représente 15 % de la récolte annuelle de l'ONF. Pour un chêne et deux résineux, sept hêtres ont péri.

■ **La carte au Salon.** Du 25 au 27 septembre Paris accueillera, venus du monde entier, au Palais des congrès, les producteurs de cartes et les concepteurs de systèmes et de services privés ou publics utilisant ces dernières. On compte aujourd'hui près d'un milliard de cartes aux Etats-Unis, 150 millions au Japon, 350 en Europe dont 150 en Grande-Bretagne, 100 en France et 80 en RFA. La France fait figure de laboratoire grandeur nature avec une production de cartes qui, en seulement deux ans, a augmenté de quelque 65 % (COFRESA, tél. (1) 42 89 14 33).

■ **La première ferme marine échinicole** (pour l'élevage des oursins) de Méditerranée vient d'être ouverte sur une île de l'archipel de Frioul, en rade de Marseille. L'écloserie alimentera les autres fermes marines de la région en naissains, pour le repeuplement des sites puis pour l'exploitation. Les oursins grandiront selon une technique spécifique d'élevage hors-sol, en circuit fermé, dans des bacs. D'ici trois ans, la ferme devrait produire annuellement environ 150 tonnes d'oursins. Douze pêcheurs professionnels se sont associés pour réaliser cette ferme, qui, grâce à l'aide de l'IFREMER, produira également des loupes et des daurades. Coût de l'investissement : 6 millions de francs.

■ **Une capsule pour analyser ce qui se passe dans les intestins.** La société japonaise Yakult pense réussir à la mettre au point d'ici deux ans. Il s'agit d'un dispositif électronique d'analyse et de transmission de 2 cm de diamètre, avalée par le patient et rejetée par les voies naturelles. On en attend des informations précieuses sur la chimie de l'intestin grêle, inaccessible par les moyens d'investigation actuels.



NAUTISME

Bateau vole...



Ce n'est pas un banal aéroglisseur que présente Mitsubishi Heavy Industries, mais bien un nouvel engin de loisir nautique, apportant des sensations originales. Dès que l'on atteint la vitesse de 50/60 km/h, ce bateau vole en effet littéralement à 50 cm au-dessus de l'eau.

Son moteur de 64 ch alimente une hélice à trois pales, placée au-dessus du bateau. L'air qui s'y engouffre est dirigé en pente douce le long de la coque arrière. Lorsque la

poussée est suffisante, un coussin d'air se crée sous la poupe du bateau et celui-ci se soulève au-dessus des flots. La vitesse maximale "en vol" atteint 85 km/h.

Le contrôle du "bateau volant" s'effectue par l'intermédiaire de ces ailerons, volets et dérives que l'on voit à l'arrière sur notre photo.

Evidemment, compte tenu des remous créés, mieux vaut ne pas passer trop près des plages ou des endroits où se pratiquent planche à voile ou ski nautique...

SECURITE

On recherche fabricant de "bombes"

Dans le sport équestre, le principal risque est la chute, et les membres supérieurs, la tête et le cou sont alors les parties les plus touchées. Les traumatismes crâniens constituent les accidents les plus graves et ceux qui peuvent le plus facilement entraîner le décès. Le rôle de la bombe des cavaliers, comme celui du casque pour les motards, est donc primordial. Or, actuellement, les bombes n'apportent quasiment aucune protection.

Un médecin spécialiste du sport équestre, le Dr Auvinet, précise pourtant que l'on sait parfaitement comment il faudrait les

fabriquer pour qu'elles soient efficaces, et même que des normes le précisant clairement ont été définies dès... 1977. Seulement ces normes sont restées lettre morte faute de fabricant : pour cause d'étroitesse du marché, aucun industriel n'a jusqu'ici voulu se lancer dans l'aventure.

Un espoir vient de naître : un fabricant envisagerait de lancer un produit qui intéresse tout le marché européen. Son idée, fort astucieuse : sortir une bombe qui puisse servir certes pour l'équitation, mais aussi pour d'autres sports, comme par exemple, le cyclisme.

ATTENTION AU NOUVEAU RADAR ROULANT

*Logés dans une voiture
semblable à la vôtre,
et roulant comme vous,
les nouveaux
radars ne vous "louperont"
pas. Nous les
avons mis à l'épreuve.*

PAR HENRI-PIERRE PENEL

Comme chaque année, la période estivale risque encore d'intensifier les contrôles routiers souvent mal acceptés par l'usager. Quoi de plus rageant que de se trouver bloqué sur le bord de la chaussée pour excès de vitesse alors que, pendant ce temps, d'autres véhicules passent à des vitesses visiblement plus élevées. De plus, si le procédé est ponctuellement dissuasif, dès la zone "dangereuse"



traversée les excès peuvent reprendre de plus belle. Bref ! si ce type de contrôle par radars à poste fixe permet d'infliger quelques procès-verbaux, leur efficacité en ce qui concerne la sécurité générale est contestable. Dans les mois qui viennent, la méthode devrait donc être modifiée.

Le gros problème du radar réside dans son immobilité. Facilement repérable, il ne concourt à une sécurité, d'ailleurs relative, que sur une petite portion de route. Arrivent donc des radars mobiles homologués, embarqués à bord de véhicules de police banalisés. L'appareil le plus performant à ce jour est réalisé par la société suisse Zellweger sous l'appellation Multanova 6F. Il s'agit d'une machine hybride pouvant très facilement être utilisée soit en radar mobile, soit à poste fixe montée sur trépied.

Toute l'électronique du radar est logée dans le coffre du véhicule. Seule dépasse, à gauche de la plaque d'immatriculation, la tête hyperfréquence. Flash et appareil photo sont installés sur la plage arrière de la voiture. Ainsi équipée, celle-ci, dès que l'on ouvre le coffre, semble sortir tout droit d'un



Ne doublez pas cette voiture. Son coffre (photo page ci-contre) dissimule toute l'électronique de mesure et de calcul du radar Multanova 6F ; seuls sont visibles, à gauche de la plaque minéralogique, sa tête hyperfréquence — qui devrait d'ailleurs être masquée ultérieurement par une plaque en matériaux composites de couleur identique à celle de la carrosserie — et, sur la plage arrière, l'appareil photo et son flash, prêts à prendre un cliché de tout véhicule en excès de vitesse (photo ci-contre).

film de James Bond. Pour que l'appareil soit capable de mesurer la vitesse des autres véhicules, il faut bien évidemment qu'il connaisse d'abord la sienne. Pour cela, un tachymètre analogue aux capteurs de freinage ABS est placé en sortie de boîte de vitesses. Grâce aux informations qu'il fournit, le calculateur embarqué peut donc prendre en compte la vitesse de la voiture radar, l'ajouter à la vitesse mesurée par le faisceau et déterminer ainsi la vitesse réelle du conducteur suspect. Cette mesure tachymétrique fut longtemps le problème le plus

délicat à résoudre, du moins en ce qui concerne les radars mobiles. Avec ce capteur en sortie de boîte, l'erreur de mesure reste inférieure à 1 %, approximation tout à fait acceptable pour le but recherché. Côté tête hyperfréquence, rien de bien nouveau, si ce n'est une meilleure directivité du faisceau. En effet, si sa fréquence d'émission reste standard, 24,125 GHz, soit plus de 24 milliards d'oscillations par seconde, son orientation est telle qu'elle permet de contrôler la vitesse des camions aussi bien que celle des voitures. Ce n'était pas le cas de tous les

radars fixes en raison de la différence de hauteur de garde au sol des divers types de véhicules : le faisceau, censé être réfléchi par la calandre des voitures, pouvait l'être par les roues dans le cas d'un camion. Renvoyé par une roue qui tourne, il pouvait indiquer une vitesse très faible, voire nulle, s'il la frappait dans sa partie inférieure, ou une vitesse double, s'il la frappait en dessus du moyeu. Recevant donc une suite de résultats incohérents, le radar annulait purement et simplement la mesure.

L'élément le plus élaboré du Multanova 6F reste sans aucun doute le calculateur embarqué, dont dépend la précision de la mesure. En poste fixe, il est capable de donner la vitesse, au km/h près, de 0 à plus de 240 km/h. Pour obtenir une telle précision, il n'effectue pas une seule mesure mais 60, et il valide le résultat si 20 d'entre elles au moins sont identiques. Qui plus est, il reconnaît automatiquement le sens de passage du véhicule et peut donc, sans la moindre intervention, effectuer des contrôles simultanément dans les deux sens de la circulation. Donc, attention, la voiture banalisée a beau être sur l'autre voie, elle ne vous en espionne pas moins !

Grâce à la différence d'intensité du faisceau réfléchi, il est possible de distinguer une voiture d'un camion et de programmer deux seuils limites de vitesse : par exemple, 130 km/h pour les voitures et 90 km/h pour les camions.

Les possibilités de l'appareil sont identiques en poste fixe ou en radar mobile. Nous l'avons essayé sur un tronçon de l'autoroute A4 limité à 110 km/h

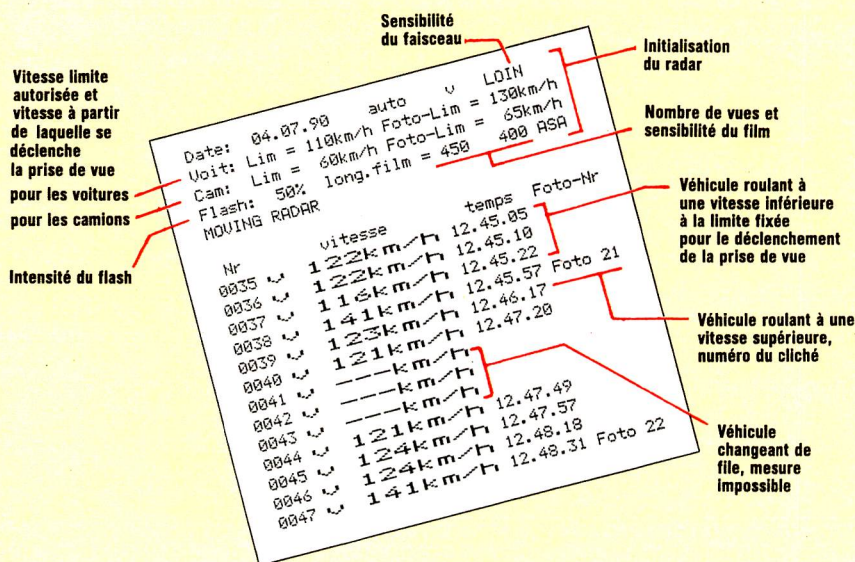
(voir photo p.107). Dès sa mise sous tension, le Multanova 6F demande de lui indiquer la vitesse officielle maximale autorisée sur l'axe routier en question pour les voitures. Nous avons répondu 110 km/h. De même, il fallut préciser la vitesse maximale tolérée avant déclenchement de l'appareil photo. Elle fut fixée à 130 km/h. Précisons qu'il s'agit ici de "vitesses chrono", les compteurs de vitesse des voitures, généralement optimistes, indiquent souvent des valeurs supérieures à la réalité. Pour les camions, le calculateur fut programmé sur 90 et 100 km/h.

Le radar était prêt. Afin que les mesures soient possibles, il est indispensable de rouler à une vitesse à peu près constante : elle fut stabilisée à 100 km/h sur la foi du tachymètre alors que le compteur de la voiture indiquait déjà un peu plus de 110 km/h. Dès lors, pour les véhicules qui nous dépassaient à moins de 110, rien ne se passait. Entre 110 et 130, la vitesse mesurée était simplement saisie par une petite imprimante thermique placée près du tableau de bord (voir photo ci-dessous) et enfin, au-dessus de 130, flash et appareil photo se déclenchaient automatiquement. Simultanément, dans ce dernier cas, le calculateur inscrivait sur la pellicule photographique, par l'intermédiaire d'un afficheur électroluminescent placé dans le boîtier de l'appareil, jour, heure, vitesse mesurée et numéro de photo. Toutes ces indications étaient en outre reportées sur l'imprimante.

La mesure est possible dès l'instant où les trajectoires des deux véhicules sont parallèles, qu'elles soient rectilignes ou courbes. Elle est en revanche impossible si le véhicule déboîte pour doubler ou freine brusquement. Dans ces deux cas, l'appareil indique qu'il est incapable de fournir un résultat satisfaisant et n'affiche aucune vitesse.

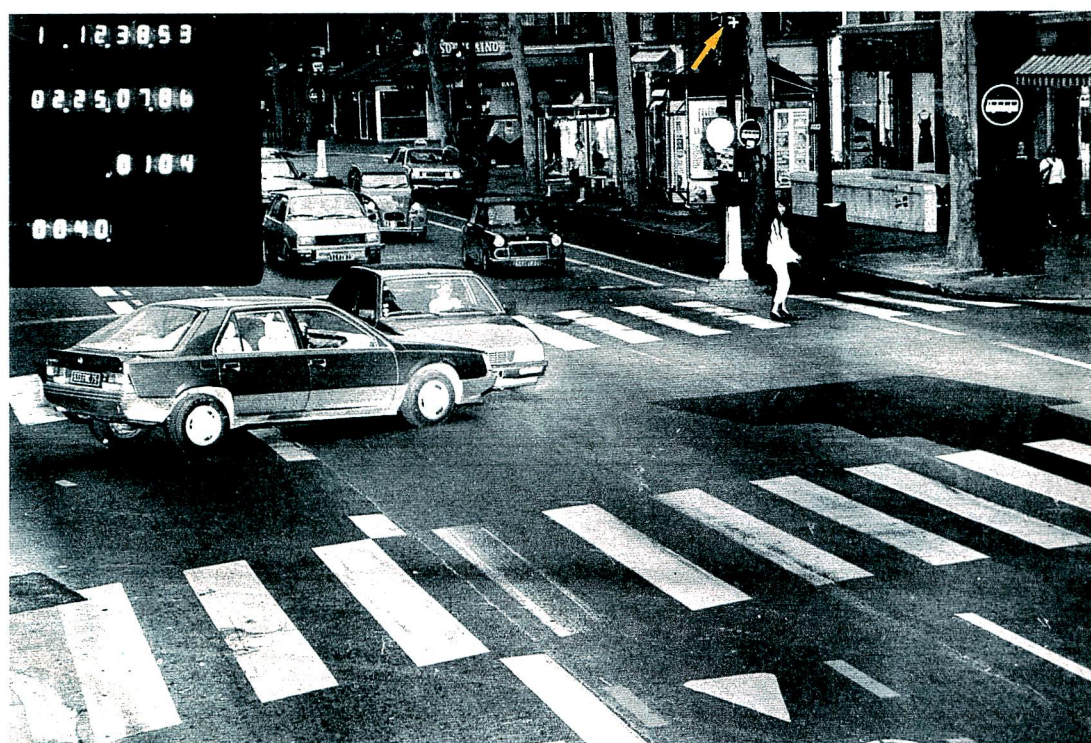
Autre problème de circulation : celle du respect des feux tricolores. Six carrefours de la capitale — choisis parmi les plus dangereux — sont déjà équipés d'un appareil dénommé Multifot avec des résultats éloquentes. L'un des cas les plus frappants concerne l'équipement mis en place à l'intersection de la rue Jeanne-d'Arc et du boulevard Saint-Marcel. Avant la

Ce que consigne l'imprimante du radar Multanova 6F





12 h 38, boulevard Saint-Germain, à Paris, une Peugeot grille le feu...



... le Multafot l'avait vu avant la Renault. Aux six carrefours parisiens équipés de cet appareil, la première des deux photos est prise si, le feu étant rouge, la boucle d'induction, dissimulée sous le passage piéton, détecte le passage d'une voiture. La seconde, quelques instants plus tard, confirme l'infraction ou innocente le véhicule qui se serait simplement arrêté un peu loin. Sur chacune apparaît : le nombre de véhicules en infraction sur la photo (1), l'heure (2), le numéro d'identification du carrefour (3), la date (4), le temps (en dixièmes de secondes) depuis lequel le feu était au rouge lorsque le véhicule a commis l'infraction (5) et le numéro du cliché (6).

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE GAGNE LES COMPACTS

Ces appareils 24×36 – dont le succès est tel qu'ils ont pratiquement balayé du marché tous les autres formats de grande diffusion – incitent les constructeurs à multiplier les innovations. Ainsi les compacts 1991 qui seront exposés à la Photokina présenteront-ils un éventail de perfectionnements capables de libérer les amateurs de tout problème technique.

Véritable institution du marché des images depuis quarante ans, la Photokina tiendra salon à Cologne (Allemagne), du 3 au 9 octobre prochain, pour présenter les grandes nouveautés des industries photo, cinéma et vidéo. Son impact est si fort au plan international que même les Japonais, pourtant si jaloux de leurs secrets industriels, consentent à y dévoiler quelques-uns de leurs prototypes, révélant ainsi les tendances sur des appareils dont la commercialisation n'interviendra parfois que plusieurs années après.

Dans le domaine de la photo amateur (nous traiterons les autres domaines dans notre numéro d'octobre prochain), la Photokina 90 sera dominée par un affinement de l'informatisation des appareils photo reflex et par un élargissement des automatismes des appareils 24 x 36 compacts. Nous ne nous arrêterons ici qu'à cette dernière tendance.

En photographie, le marché est aujourd'hui dominé par les appareils 24 x 36 dits "compacts", qui sont d'ailleurs de moins en moins compacts en raison d'une constante augmentation de leurs perfectionnements. Cette domination est absolue, au point que les appareils de formats plus petits (mini-formats 110 et demi-formats 126) sont de plus en plus rares. Quant aux formats plus grands (4,5 x 6 cm, 6 x 6, 6 x 9...), ils sont surtout réservés aux professionnels travaillant en studio.

Depuis plusieurs années, le succès des compacts 24 x 36 a incité les constructeurs à multiplier les perfectionnements et les modèles afin de proposer aux acheteurs un très large éventail d'appareils avec des prix s'échelonnant couramment de quelques dizaines de francs à 3 000 F.

Certains perfectionnements sont aujourd'hui des plus classiques : deux focales d'objectif ou zoom couvrant les focales de 35 à 70 mm ; mise en service automatique de ces focales par moteur électrique, avec modification asservie du cadrage de visée ; mise au point automatique de la distance ; position dite "macro" permettant la photo rapprochée ; réglage automatique de la sensibilité du film (système DX) ; chargement, entraînement et rebobinage automatiques de la pellicule par moteur électrique ; réglage automatique de l'exposition ; flash électronique incorporé comportant une mise en service automatique dès que la lumière ambiante est très faible ; retardateur intégré permettant de se photographier soi-même ; sécurités empêchant le déclen-



chement de l'obturateur lorsque la photo est impossible pour un motif quelconque.

L'ensemble de ces caractéristiques tend, en principe, à décharger l'amateur de tout souci technique et à lui permettre de réussir un maximum de photos. En fait, les automatismes standards ne permettent de résoudre que les cas courants de prise de vue, lorsque la lumière est abondante et uniformément répartie sur le sujet. En revanche, lorsque les contrastes augmentent, ou bien lorsque les prises de vues présentent des particularités (par exemple un sujet en mouvement rapide, une fleur rapprochée par ciel ouvert), ces automatismes risquent d'être insuffisants. Cet inconvénient est réduit, en ce qui concerne l'exposition, lorsqu'on utilise un film négatif, car sa tolérance aux erreurs d'exposition est grande (jusqu'à 5 diaphragmes, soit 1 600 %). Il reste important avec les films inversibles qui n'ont guère qu'une tolérance d'un seul diaphragme (soit une erreur possible de 100 %).

Pour réduire les divers risques, les constructeurs proposent souvent soit plusieurs programmes automatiques, soit le débrayage de ces automatismes en vue d'un réglage manuel. Mais l'amateur qui n'a aucune connaissance de la technique photographique ne sait quel programme choisir ou quel réglage effectuer. C'est ainsi qu'on assiste aujourd'hui aux premières tentatives des constructeurs pour pallier ces inconvénients avec des automatismes capables d'assurer les corrections nécessaires à la réussite des photos difficiles. Cela revient à doter les appareils compacts relativement peu coûteux (de 2 000 à 3 000 F) de micro-ordinateurs et de programmes d'autocorrection. Ces programmes sont encore limités et imparfaits. Mais il sont appelés à être élargis et affinés, car, dans ce domaine, les progrès possibles sont presque infinis.

La nouvelle gamme des compacts Minolta Riva, qui arriveront en France au moment de la Photokina, va nous permettre de voir où en est aujourd'hui cette technologie. Le plus perfectionné des 24 x 36 Riva est le Minolta zoom 105i (i, pour intelligence artificielle) (*photo page ci-contre*) dont le prix sera d'environ 2 800 F. C'est un modèle à zoom 4-6,7 de 35-105 mm à mise au point et exposition automatiques, doté d'un système "macro", d'un flash électronique automatique, de l'entraînement motorisé de la pellicule, d'un retardateur, du mode flash complémentaire pour éclaircir les ombres en contre-jour, etc., bref de tous les raffinements déjà proposés sur tous les compacts hauts de gamme. Mais plusieurs de ces perfectionnements sont maintenant complétés par des systèmes correcteurs ou des systèmes élargissant les possibilités de prises de vues. Ce sont :

L'Autofocus TTL passif, déjà utilisé sur les reflex Dynax de la marque. Ce système permet :

- la mesure de la distance à travers l'objectif (jus-

qu'à 0,70 m), ce qui la rend plus précise lorsqu'on change de focale ;

- la détermination de la distance du sujet à partir de mesures du contraste de son image sur un dispositif à transfert de charge (DTC) dans le viseur comportant une large plage de cellules. Ce système, dit passif par opposition aux dispositifs actifs utilisant une émission de rayons infrarouges, est particulièrement précis ;

- l'anticipation de la mise au point pour un sujet en déplacement.

Ce dispositif électronique prend en compte la vitesse de déplacement du sujet pour déterminer la distance à laquelle il sera au moment de son enregistrement sur le film et faire ainsi la mise au point.

Le cadrage automatique APZ (*Advanced Program Zoom*). C'est un système totalement inédit : dès que le photographe porte l'appareil à l'œil pour cadrer un sujet, l'APZ ajuste automatiquement la focale du zoom afin d'assurer la meilleure mise en page. Pour cela, un détecteur infrarouge situé sous l'oculaire entre en action

dès qu'il perçoit la présence du sujet, entre 0,70 et 11 m. Selon la distance il choisit la focale cadrant le sujet. Au-delà de 11 m, cette focale reste à 105 mm. Bien entendu, l'APZ est débrayable pour permettre un autre cadrage à l'utilisateur ; il se remet automatiquement en service après la prise de vue.

Une cellule à deux segments. Un segment central mesure la lumière réfléchie par le sujet principal (au milieu de l'image), alors qu'un segment extérieur mesure la luminance des arrière-plans. Ces deux mesures sont prises en compte par un calculateur qui détermine l'exposition pour le sujet. Si la lumière est insuffisante, le système commande un éclair de flash.

La gamme des appareils Riva de Minolta comportera par la suite des modèles dotés d'autres perfectionnements ou d'une partie de ceux-ci.

Cette tendance se retrouvera chez tous les constructeurs qui présenteront à la Photokina autant de compacts ultra-perfectionnés que de modèles très simples. Parmi les premiers, mentionnons le Canon Epoca à zoom 2,8-6,6 de 35-105 mm et flash intégré doté d'une lentille de Fresnel (prix : 2 700 F, voir "les échos de la vie pratique" p.138) ; le Konica Z-UP 28W doté d'un zoom tout grand angulaire 3,5-6,6 de 28-56 mm, à exposition et mise au point automatiques (prix : 1 690 F) ; l'Olympus AZ-100 zoom (prix : 1 890 F), plus classique dans ses automatismes et son optique (zoom 4-7,7 de 35-70 mm) ; le Vivitar 370-Z, également très classique avec un zoom 35-70 mm.

Roger Bellone



LES PUCES JAPONAISES MANGERONT-ELLES LA TVHD EUROPÉENNE ?

Le Japon a perdu la première bataille de la télévision à haute définition, le Vieux Continent ayant réussi à imposer un système purement européen à 1 250 lignes, le HD-MAC. Mais les Japonais ne s'avouent pas vaincus pour autant. Demain, ils pourraient bien reconquérir le marché en produisant l'ensemble des circuits électroniques nécessaires au HD-MAC.

Dans le cadre du programme Eurêka EU 95, la télévision à haute définition (TVHD) est devenue une réalité en Europe comme au Japon (voir *Science & Vie* n°874). Le procédé adopté, le HD-MAC, vient d'entrer dans une phase expérimentale qui durera jusqu'en 1995. Un public de plus en plus nombreux pourra voir des émissions HD-MAC produites pour les événements internationaux.

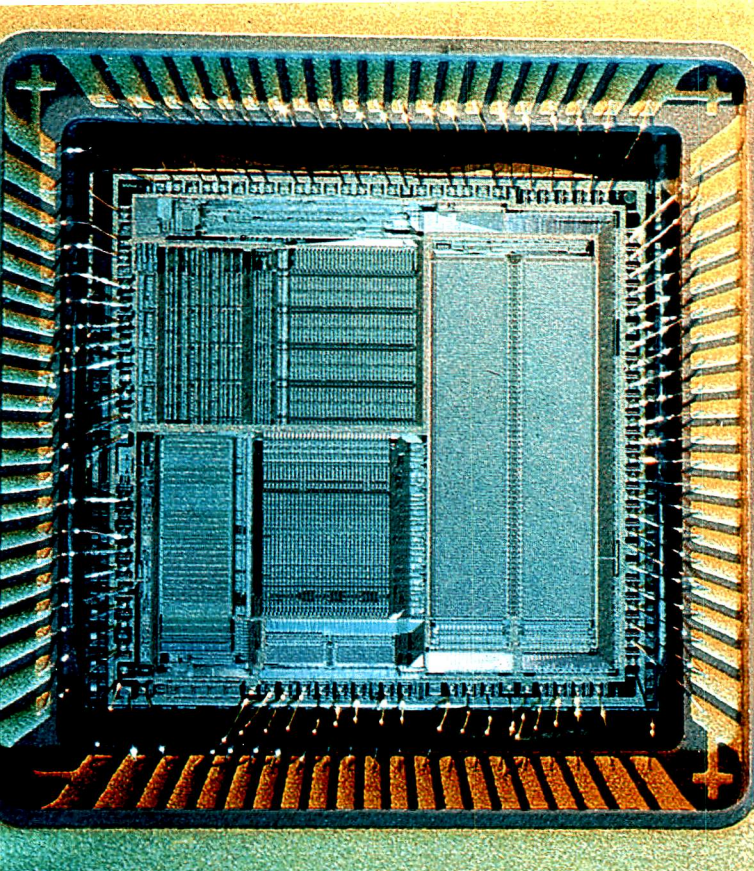
Dès aujourd'hui, le D2-MAC Paquet, une norme intermédiaire entre le HD-MAC et les vieux PAL et SECAM, est entré en service dans plusieurs pays européens, dont l'Allemagne et la France (pour cette dernière, avec les programmes par satellite de La Sept et d'Euromusique). Elle permettra, jusqu'en 1995, une forte amélioration des images et du son tout en créant les conditions d'une compatibilité complète entre les vieux systèmes et la TVHD.

Dès la fin de cette année, le format des images télévisées abandonnera le rapport 4:3 au profit du 16:9, plus proche du cinémascope ou de la Panavision. Des téléviseurs D2-MAC Paquet seront proposés avec écran dans ce format large. Les usines de Thomson en Italie ont commencé la production en série des tubes 16:9 qui leur seront nécessaires. Philips devrait suivre. Un processus similaire vient d'être adopté au Japon avec le système Muse, procédé concurrent de TVHD, et les productions en série de tubes 16:9 sont lancées par Sony, Toshiba

et Mitsubishi. A partir de 1995, la TVHD entrera officiellement en service et se substituera au D2-MAC Paquet. Pratiquement, elle aura conquis totalement l'Europe en 2010.

L'une des caractéristiques essentielles de cette TVHD c'est sa conception évolutive. Rien n'y est figé, comme ce fut le cas pour le SECAM ou pour le PAL. Le HD-MAC pourra s'adapter au progrès technologique. Et, dès maintenant, l'évolution fondamentale prévue est son passage au numérique, probablement au-delà de l'an 2010 (car, pour l'instant, les systèmes TVHD, tant européen que japonais d'ailleurs, restent analogiques en ce qui concerne la transmission des images, notamment par satellite). Cette évolution vers le numérique représente une véritable révolution, car elle aboutira à diverses intégrations de la TVHD dans d'autres secteurs d'application tels que l'industrie, l'informatique, la recherche scientifique, la médecine, l'édition et les télécommunications.

Bien entendu, il y a là une stratégie globale (enviagée autant par les Européens que par les Japonais) qui ne sera possible qu'après normalisation de systèmes aujourd'hui différents. Ainsi, dans le cadre d'Eurêka, un groupe de travail intérimaire (GTI 11/9) a-t-il été chargé depuis un an de l'harmonisation des normes de haute définition nécessaires au passage des applications de radiodiffusion aux autres applications. Il travaillera avec la CEI (Com-



100 F cette puce révolutionnaire.

Une unité de calcul, une mémoire rapide, une unité centrale de contrôle et de calcul, 4 liens de communication et des interfaces mémoires constituent le "transputer" IMS T 800, utilisé en TVHD et conçu par INMOS (groupe Thomson-SGS-Microelectronics).

le stade de Rome (*voir dessin p. 114*). Outre la RAI, ont pris part à cette expérience Telettra, constructeur des équipements de compression des signaux haute définition, la Retevisión (TV espagnole) et l'université de Madrid. Le procédé utilisé, conçu pour l'échange des programmes vidéo entre les studios, envisage déjà une standardisation complète des systèmes de TVHD japonais et européen. Les matches du Mondiale étaient en effet transmis en TVHD numérique avec un débit de 70 Mbits/s sur le satellite

Olympus à la fois par NHK et la RAI en 1 125 lignes 60 Hz et par la RAI en 1 250 lignes 50 et 60 Hz.

Ainsi rapidement brossé, le tableau de la mutation de la télévision vers la haute définition et vers son intégration à d'autres domaines de l'électronique (ordinateur, télécommunications, cinéma professionnel, vidéo et audio...) laisse voir que le système qui nous sera proposé au-delà de l'an 2000 sera différent non seulement de celui que nous connaissons actuellement, mais aussi de celui que nous aurons à partir de 1995. Il fait surtout ressortir l'importance que prend dès aujourd'hui une industrie clé, celle des semi-conducteurs, sans laquelle il n'existerait pas de télévision. Il permet aussi de percevoir l'évolution de cette industrie dans les dix prochaines années. En effet, s'il est évident que les progrès de la TVHD dépendent de la capacité des circuits électroniques dont disposeront les techniciens pour créer les équipements (depuis la production des programmes vidéo jusqu'à leur transmission et leur réception), il faut aussi savoir que cette capacité devra évoluer avec le changement de nature et l'augmentation des applications de la TVHD : passage au numérique, intégration de nouveaux services, interconnexion avec d'autres périphériques... Des estimations ont été faites. Ainsi, seulement pour un téléviseur couleurs, il a été calculé qu'en 1989 cet appareil recevait environ pour 160 F de semi-conducteurs, dont 20 % étaient des circuits

mission électrotechnique internationale) et l'ISO (Organisation internationale de normalisation), dans les domaines des applications informatiques, industrielles, scientifiques et médicales — y compris aux magnétoscopes et aux vidéodisques optiques. Il travaillera aussi avec le CCITT (Comité consultatif international télégraphique et téléphonique) et avec le CCIR (Comité consultatif international des radiocommunications) pour les transmissions télévisuelles et sonores et pour la distribution de la TVHD par le RNIS (réseau numérique intégré de services) à large bande. Celui-ci, grâce à une fibre optique de 140 mégabits (soit 1 000 fois plus que le Numéris actuel) donnera à chaque abonné le téléphone et la TVHD, remplaçant à la fois les réseaux téléphoniques et les réseaux câblés actuels. Dès octobre prochain, le GTI 11/9 fera le point sur ses premiers résultats lors d'une réunion qui se tiendra à Tokyo.

Quant à la TVHD numérique proprement dite, elle fait l'objet de recherches importantes depuis de nombreuses années. Nous avons vu dans notre numéro du mois dernier qu'un programme européen particulier, Euréka 256, avait confié à la RAI (la télévision nationale italienne) une étude des problèmes de transmission numérique et que, dans le cadre de ce programme, une première expérience de transmission de TVHD numérique par satellite (sur Olympus) a été faite durant le Mondiale, depuis

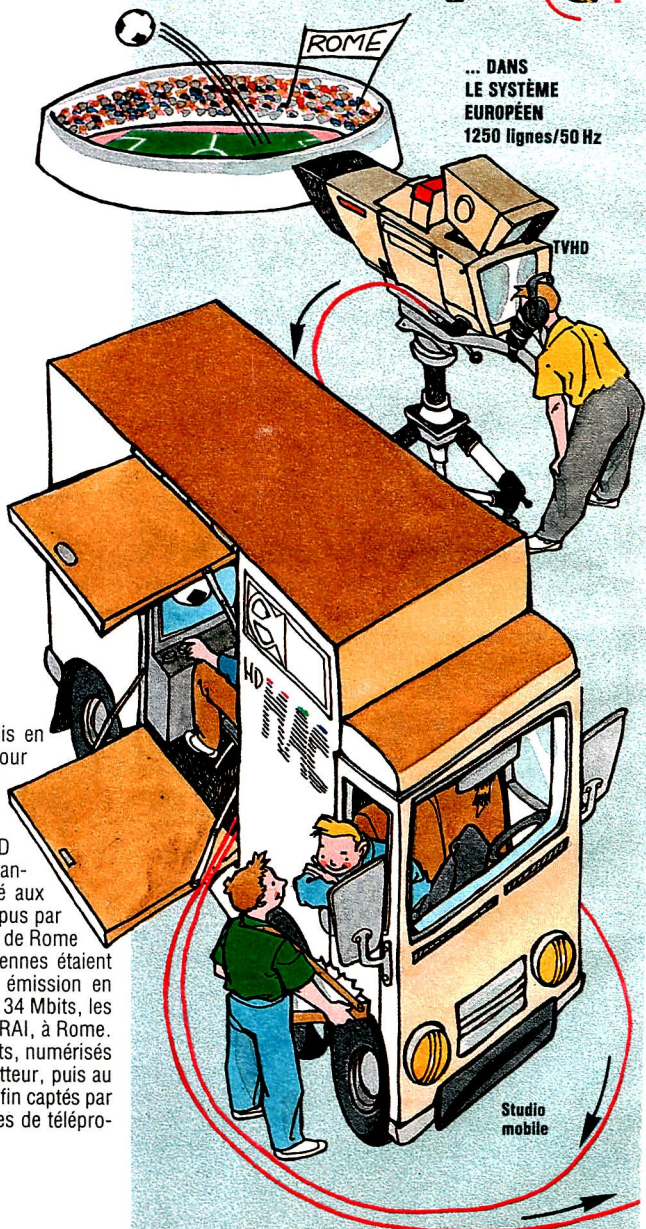
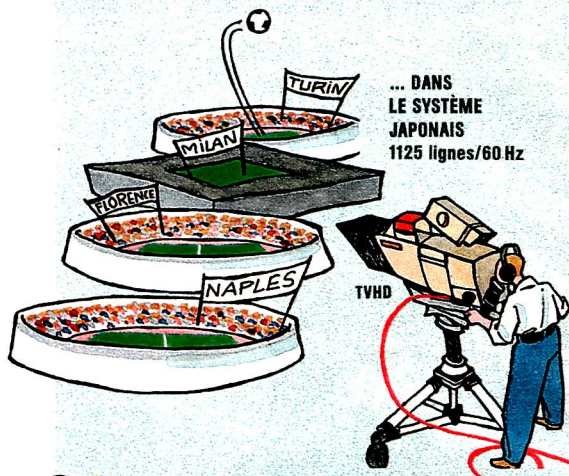
analogiques, 20 % des circuits logiques et 10 % des mémoires. En 1995, un récepteur HD-MAC recevra pour 850 F de semi-conducteurs (soit près de 6 fois plus), dont 15 % de circuits logiques et 70 % de mémoires. Ces derniers auront alors une capacité totale de 32 mégabits, c'est-à-dire quatre fois plus qu'un micro-ordinateur actuel.

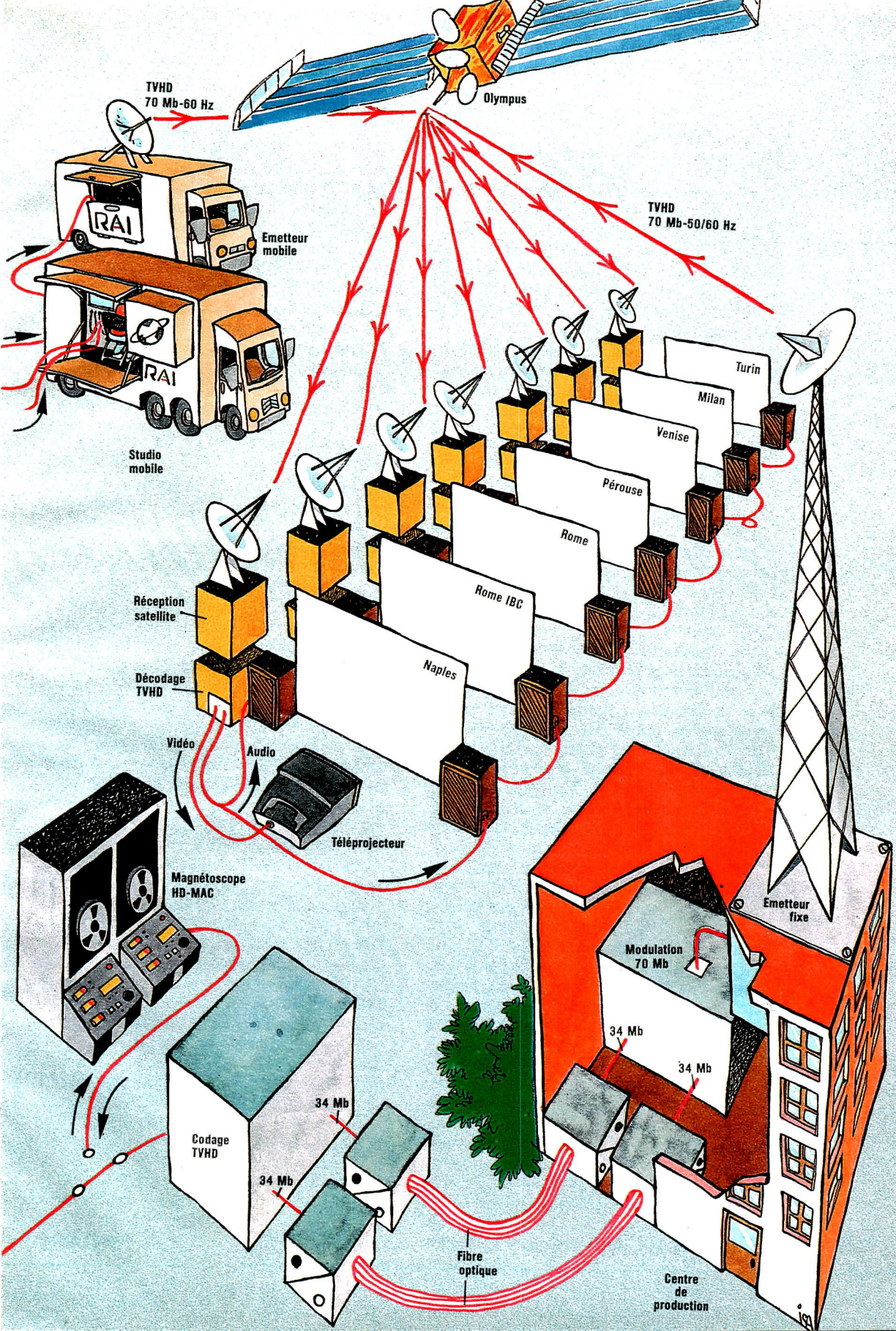
A l'évidence, si l'Europe se révélait incapable de produire une part de ces semi-conducteurs, elle perdrait la maîtrise de sa TVHD. Or, actuellement, les industries japonaises dominent le marché mondial. Elles assurent 40 % de la production des semi-conducteurs, contre 32 % pour les Etats-Unis et 17 % pour l'Europe. Par ailleurs, les Japonais contrôlent leurs productions nationales d'équipements électroniques auxquelles ils fournissent près de 90 % des semi-conducteurs qui leur sont nécessaires, alors que l'Europe ne peut en fournir que 37 % (les Etats-Unis, de leur côté, contrôlent encore 70 % de leur propre marché). Pour Philippe Geyres, directeur de la stratégie de SGS-Thomson-Microelectronics, « il ne faut pas se méprendre sur ce que les Japonais font actuellement. Ils n'importent que 10 % des semi-conducteurs qu'ils utilisent. Cela signifie qu'ils achètent seulement les microprocesseurs Intel et Motorola dont ils n'ont pas encore maîtrisé la technologie. Ils viennent de gagner la bataille du secteur des prédiffusés sur lequel ils possèdent déjà 70 % du marché mondial. Et ils seront bientôt sur les microprocesseurs... ».

Rien qu'en 1989, les six géants de l'électronique japonaise — NEC, Toshiba, Hitachi (les trois premiers mondiaux), Fujitsu, Mitsubishi et Matsushita — ont

Plein la vue !

Un impressionnant dispositif a été mis en place par la RAI et les firmes du programme Eureka 256 pour retransmettre en TVHD numérique des matches de la coupe du monde de football 1990 aussi bien dans le système japonais 1 125 lignes 60 Hz que dans le système européen 1 250 lignes 50 Hz. Sur les divers stades, des caméras TVHD classiques assuraient les prises de vues. Les signaux au standard japonais, eux, étaient traités dans un camion équipé aux normes de NHK et transmis en numérique au satellite Olympus par un émetteur mobile sur camion. C'est au voisinage du stade de Rome que, dans un camion TVHD, les images HD-MAC européennes étaient reçues et enregistrées sur magnétoscope HD-MAC pour émission en différé ou traitées pour émission en direct. Après codage en 34 Mbits, les signaux étaient transmis par fibre optique aux studios de la RAI, à Rome. Dans ce centre de production, ils étaient modulés en 70 Mbits, numérisés pour une diffusion compatible 50/60 Hz et transmis à l'émetteur, puis au satellite. Les programmes numériques du satellite étaient enfin captés par une station, décodés en HD-MAC et transmis dans les salles de téléprojection de la RAI.





mis environ 70 milliards de francs dans la recherche et le développement (semi-conducteurs et autres), soit presque 12 % de plus qu'en 1988. Ensemble, ils ont pris plus de 80 % du marché des mémoires de 1 mégabit, les plus puissantes, les DRAM (pour *Dynamic Random Access Memory*, ou encore mémoires dynamiques). Ce marché est aujourd'hui essentiel pour l'informatique qui absorbe 44 % des semi-conducteurs produits dans le monde. Mais demain, ces mémoires entreront en force dans la TVHD, les télécommunications, l'automobile, la vidéo grand-public...

Aujourd'hui, les Japonais contrôlent 85 % du marché des mémoires dynamiques et ils ont la volonté d'en acquérir la maîtrise totale. D'ailleurs, pour Philippe Geyres, « les Japonais ont décidé de conquérir le monde de la haute technologie, cela revient à conquérir le monde, car le monde de demain sera celui de la haute technologie ».

Cette domination du marché des mémoires dynamiques est particulièrement significative de la maîtrise de la technologie des composants par les industriels nippons. Avec l'américain Texas Instruments, ils détiennent une bonne avance dans la production des DRAM de 1 mégabit, obtenues selon une technologie C-MOS donnant des motifs dont la finesse atteint un micromètre ($1\text{ }\mu\text{m}$). Dès cette année, les Japonais développent des circuits de 4 mégabits avec une géométrie de $0,8\text{ }\mu\text{m}$ — ils ont cependant été précédés par IBM, mais le géant américain ne fabrique que des puces destinées à ses propres productions (notamment d'ordinateurs). A partir de 1995, le Japon passera massivement aux mémoires de 16 mégabits et peut-être de 64 mégabits avec des géométries qui atteindront respectivement $0,5$ et $0,3\text{ }\mu\text{m}$. NEC a même annoncé pouvoir produire du 16 mégabits dès 1991.

L'Europe lance un défi au Japon

Face à la montée du Japon et, parallèlement, à un certain déclin américain — les Etats-Unis sont en passe de perdre le domaine des semi-conducteurs qui, il y a quelques années, leur appartenait totalement —, l'Europe n'est pas totalement démunie. Actuellement, trois groupes figurent parmi les 15 premiers mondiaux, le hollandais Philips (10^e), le franco-italien SGS-Thomson Microelectronics (12^e) et l'allemand Siemens (15^e). Même si jusqu'en 1988 l'industrie des semi-conducteurs ne fut guère considérée que comme une industrie comme les autres et surtout pas comme une industrie stratégique, dès cette année-là Philips produisait près d'Eindhoven des mémoires statiques de 1 mégabit. En 1989, les trois groupes commençaient à travailler sur les puces de 4 Mbits et des technologies de $0,6$ à $0,8\text{ }\mu\text{m}$. Et récemment Philippe Geyres déclarait : « Nous ne sommes pas à la merci des Japonais. En fait, nous pourrions rapidement

mettre fin à notre dépendance vis-à-vis d'eux. SGS-Thomson fabrique déjà une mémoire non volatile (EPROM) de 1 Mbit et est en ce moment dans la phase d'échantillonnage de la nouvelle 4 Mbits. Tandis que Siemens fournit des puces DRAM de 1 Mbit et commence également à échantillonner un modèle de 4 Mbits. »

C'est dans ces conditions que les membres du programme Eurêka réunis à Vienne l'an dernier lancèrent JESSI (*Joint European Submicro Silicon*), avec un budget de 27 milliards de francs sur huit ans, afin de permettre à l'Europe de rattraper son retard dans les technologies de la microélectronique submicronique. Aujourd'hui, autour des trois grands européens des semi-conducteurs, de nombreux fabricants, comme Alcatel, Bosh, Olivetti, ont rejoint JESSI. Récemment encore, IBM, allié à Siemens pour la création de la super-puce de 64 Mbits, a été associé à JESSI.

L'objectif n'est pas de conquérir la place du Japon, mais de restituer à l'Europe une place parmi les premiers producteurs mondiaux et, au plan stratégique, de faire que sa technologie ne soit plus dépendante du Japon. En particulier, il s'agit de permettre à Philips, SGS-Thomson et Siemens, d'acquiescer ensemble en 1996 environ 15 % du marché mondial, au lieu de 10 % actuellement, et de sortir la DRAM de 64 Mbits, sur laquelle Siemens fait d'ailleurs de gros efforts depuis plusieurs années.

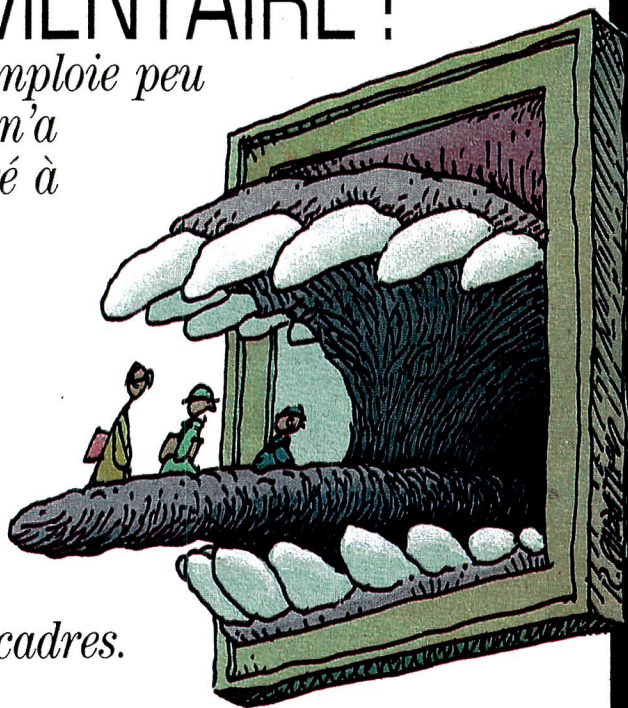
Pour la TVHD, il faudra produire bien d'autres composants essentiels, comme les analyseurs à transfert de charge, les écrans plats ou les transputers (ces derniers, pour lesquels Thomson détient une forte avance, sont des microprocesseurs monopuces dotés d'une unité de calcul à performances élevées, d'une mémoire rapide et de liaisons d'intercommunications). En fait, l'enjeu est considérable et va bien au-delà de la TVHD, car, dans dix ans, le marché de l'électronique dépassera les 12 000 milliards de francs et l'industrie des composants sera alors la première industrie mondiale.

En 1995, le marché de la microélectronique représentera trois fois celui de la télévision. C'est, par conséquent, la micro-informatique qui tirera à elle la TVHD et qui permettra le mariage des réseaux de TVHD avec les réseaux informatiques. Dès aujourd'hui on y travaille et, au Japon, par exemple, une firme comme Matsushita développe un projet de micro-ordinateur compatible avec la TVHD. Dans ce contexte, la bataille engagée par l'Europe contre les Japonais est devenue une bataille pour sa survie, pour éviter l'effondrement de ses industries nationales, lesquelles représentent 2 millions d'emplois et en commandent en outre 20 millions dans les secteurs périphériques. Les experts de la Communauté estiment qu'ils pourront la gagner dans les cinq ans. C'est sans doute le plus grand défi jamais lancé par l'Europe.

Roger Bellone

4 000 CADRES POUR L'AGRO-ALIMENTAIRE !

Secteur prospère, elle emploie peu de salariés qualifiés et n'a jusqu'à présent consacré à la recherche et au développement que des efforts insuffisants. Deux faiblesses auxquelles les industries concernées entendent aujourd'hui remédier par un recrutement massif de cadres.



La première branche industrielle française emploie 393 000 personnes, et a dégagé en 1989 un chiffre d'affaire de 610 milliards de francs. Ses échanges extérieurs, en progression constante, font apparaître un excédent de 31,7 milliards de francs.

Ces chiffres prouvent l'excellente santé des industries agro-alimentaires (IAA), mais masquent de grandes disparités. Le domaine est des plus hétérogènes. Les sept familles qu'on y distingue — l'industrie de la viande, celle du lait et de ses produits, la fabrication de conserves, la boulangerie-pâtisserie industrielle, le travail du grain, la fabrication de produits alimentaires divers (des huiles au chocolat, en passant par les épices), celle des boissons et des alcools (!) — ne représentent pas moins de 40 sous-secteurs différents que se partagent 4 000 sociétés et coopératives. Deux personnes sur trois travaillent dans une entreprise de moins de 500 employés.

Les 82 % de PME que compte l'agro-alimentaire se distinguent souvent par le caractère artisanal de leurs structures. La plupart tournent avec un minimum de salariés qualifiés et sans s'être beaucoup soucies de moderniser leurs procédés de fabrica-

tion. Mais le déficit en personnel d'encadrement et de maîtrise commence à se faire sentir, de même que le retard accumulé en matière d'automatisation. Selon une enquête sur la structure des emplois réalisée par l'INSEE en 1987, tous les sous-secteurs ont un taux de qualification ouvrière inférieur au taux moyen national, à l'exception des industries du lait et de la boulangerie-pâtisserie. Mais ces deux industries, comme celles de la viande et de la conserve, sont très en dessous du taux moyen de cadres de l'industrie, alors que celle des boissons, du sucre et du travail du grain s'en rapprochent. Les industries de la viande, elles, sont très peu automatisées en raison du manque d'équipement adapté à leurs activités. Tel n'est pas le cas des industries de mélange (chocolaterie-confiserie, alimentation du bétail, biscuiterie), dont les processus de fabrication sont automatisés à des degrés divers. C'est dans les sous-secteurs du sucre, de la brasserie, de l'huilerie, du lait que se rencontrent les industries les plus perfectionnées (pilotage et contrôle de la fabrication, suivi informatisé de la production).

Pour avoir été épargnée par le ralentissement économique de 1974, l'agro-alimentaire s'est acquise une solide réputation de "pourvoyeur d'emplois".

PAR ISABELLE BOURDIAL

LES MÉTIERS D'AVENIR - LES MÉTIERS D'AVENIR - LES MÉTIERS D'AVENIR

Mais si la consommation n'a pas chuté brutalement, la concurrence nationale et internationale s'est intensifiée. En France comme dans tout l'Occident, le marché est quasiment saturé. Progressive, mais bien réelle, la baisse des effectifs de l'agro-alimentaire amorcée en 1984 se poursuit au rythme annuel de 1 %. Elle est plus marquée dans les industries de première transformation qui traitent les produits agricoles bruts.

L'industrie laitière, particulièrement concernée (pour cause d'automatisation plutôt qu'en raison des quotas laitiers, trop ponctuels pour expliquer un déclin continu), réduit toujours ses effectifs. L'Union laitière normande, 2^e laiterie française, supprimera 800 emplois d'ici à 1993.

BIOTECHNOLOGIES AGRO-ALIMENTAIRES

Les IAA s'intéressent aux biotechnologies qui mettent en jeu les enzymes et les fermentations. Les industries de première transformation y ont recours pour produire des composés qui serviront d'ingrédients, de matière première ou d'additifs (levures, édulcorants, vitamines, texturants...). Les industries de seconde transformation utilisent les microorganismes, les enzymes et les composés précédents pour produire des boissons fermentées, des fromages ou des biscuits. Les progrès des biotechnologies permettent de mieux contrôler les réactions biologiques impliquées dans les

procédés de transformation. On est encore loin de maîtriser ces procédés. La plupart des exploitants de vignobles ne connaissent pas la souche impliquée dans la fermentation malolactique qui suit la fermentation alcoolique. Pour connaître le caractère d'une fermentation, mais aussi détecter des bactéries indésirables, comme les salmonelles ou les listeria, l'agro-alimentaire fait appel à des techniques de pointe, comme les anticorps monoclonaux ou les sondes moléculaires, et recrute des spécialistes en génie enzymatique, en génie des procédés et des bactériologistes.

À l'inverse, c'est parmi les industries de seconde transformation, celles qui fabriquent des produits élaborés à forte valeur ajoutée (plats cuisinés, surgelés, aliments diététiques) que l'on trouve les créations d'emplois les plus importantes : 100 000 depuis 1978. En 1988, tandis que diminuaient les effectifs de l'industrie laitière, du travail du grain, de la fabrication de produits alimentaires divers, de boissons et d'alcools, on voyait augmenter ceux de l'industrie de la viande, de la fabrication de conserves et de la boulangerie-pâtisserie.

L'ouverture du marché européen en 1993 ne devrait pas créer beaucoup d'emplois. Dans l'immédiat, il précipite les concentrations et les restructurations, mouvements entraînant plutôt des compressions de personnel. Les plus grosses entreprises françaises sont déjà implantées en Europe et font de préférence appel à la main-d'œuvre locale.

Le marché intérieur des IAA se répartit principa-

lement entre la consommation des ménages (pour plus de la moitié) et la restauration. Sans doute le budget alimentaire ne constitue-t-il plus que 19 % du budget total des ménages — il atteignait 90 % en 1830 ! —, mais la part des produits des IAA dans l'alimentation ne cesse de croître, au point qu'il n'en reste plus aujourd'hui que 15 % pour les produits agricoles. De nouveaux besoins (recherche d'une alimentation équilibrée, recettes allégées), des changements de mode de vie (augmentation du nombre de femmes actives ou de personnes vivant seules, développement de la restauration hors du foyer) modifient les habitudes alimentaires, stimulant du même coup le marché. Ainsi s'explique le succès des produits laitiers frais, des jus de fruits,

des eaux minérales et autres produits allégés. On adopte volontiers la cuisine d'assemblage, qui met en œuvre des produits déjà transformés (viande surgelée, sauce lyophilisée, champignons en conserve) et raccourcit le temps de préparation des repas, qui est passé en trente ans de deux heures à trente minutes. L'avènement du surgelé, dont les ventes ont augmenté de 57 % entre 1984 et 1987, a précédé celui des plats cuisinés, dont le chiffre d'affaires progresse de plus de 20 % par an depuis plusieurs années.

A ces changements d'habitude, les industriels doivent impérativement s'adapter. Un produit nouveau ne peut s'imposer qu'au détriment

d'un autre, et seuls 15 % des produits nouveaux retiennent l'attention des consommateurs de manière durable. Dans ces conditions, la course à l'innovation est particulièrement serrée et les entreprises sont amenées à concevoir des produits alimentaires de plus en plus élaborés et à le faire savoir. Rien d'étonnant si l'on attribue aux IAA le quart des dépenses de l'industrie en publicité et en promotion. BSN, premier groupe agro-alimentaire français, est aussi le premier annonceur national.

Mais innover implique également d'investir dans la recherche et le développement. Jusqu'à présent, les investissements que les IAA y consacrent sont restés modestes : 0,17 % du chiffre d'affaires contre 0,7 % aux États-Unis, si l'on se réfère au rapport Cointat publié par le ministère de la Recherche et de l'Industrie en 1987. Les recrutements de cadres affectés à la R & D sont passés de 2,2 % de l'ensemble du recrutement des cadres en 1984 à 12 % en 1989. Si ce pourcentage reste inférieur à la moyenne de l'industrie (19,3 % en 1989), c'est que la quasi-totalité des efforts de recherche de l'agro-alimentaire repose sur une minorité d'entreprises :

(1) Auxquelles il conviendrait peut-être d'en ajouter une huitième, l'INSEE intégrant parfois l'industrie du tabac parmi les IAA.

80 sur 4 000. En 1986, l'ensemble du secteur français investissait moins que le seul groupe suisse Nestlé (900 millions de francs, contre un milliard).

Aujourd'hui, les IAA semblent bien décidées à combler non seulement leur déficit en chercheurs, mais également leur déficit en personnel hautement qualifié. En 1989, elles ont embauché 3 600 cadres, une progression de 26 % qui les fait accéder au rang des plus gros recruteurs de cadres. Et l'Association pour l'emploi des cadres (APEC) prévoit que ce recrutement dépassera 4 000 emplois en 1990.

Passer du stade artisanal au stade industriel implique pour les différentes familles de l'agro-alimentaire la perte d'une partie de leur spécificité. Aussi convient-il d'analyser le marché de l'emploi non plus par secteur, mais par fonction. Si l'on s'en tient aux offres d'emplois qui parviennent à l'Association pour l'emploi des cadres, ingénieurs et techniciens de l'agriculture et de l'alimentaire (APECITA), les postes à pourvoir se répartissent équitablement entre la production, la recherche et la vente. Mais l'évolution de la demande n'est pas du tout la même pour ces trois grandes fonctions.

Le volume d'offres concernant la production stagne depuis plusieurs années. Les baisses d'emplois liés à la fabrication sont compensées par les débouchés créés par l'automatisation autour de l'installation, de l'entretien et de la maintenance des équipements. Du côté de la recherche, les postes à pourvoir ont doublé en cinq ans et s'adressent à un personnel très qualifié. Quant à la fonction commerciale, elle connaît un véritable envol depuis quelques années. Ses carrières ne sont plus seulement réservées aux diplômés des écoles de commerce, elles deviennent également accessibles à des techniciens et à des ingénieurs ayant reçu une formation complémentaire en gestion ou en commerce (BTS + certificat de techniques de commercialisation, diplôme d'ingénieur + formation IAE, IGIA). Chez les cadres, la prépondérance de la fonction vente est encore plus marquée : elle a obtenu près d'un poste sur deux en 1989 et témoigne de l'effort de la profession pour trouver de nouveaux marchés et renforcer sa position auprès des distributeurs. Les entreprises recherchent en particulier des technico-commerciaux pour vendre les produits intermé-

diaires (farine, aliment pour bétail) à d'autres industries ou aux agriculteurs.

Les besoins des IAA dans le domaine de la production deviennent de moins en moins spécifiques. Le développement de l'automatisation rend la connaissance des processus biologiques moins nécessaire qu'auparavant. Les titulaires d'une maîtrise de sciences et techniques (MST) de biologie appliquée à l'agro-alimentaire trouvent tout de même des débouchés dans la production et peuvent espérer accéder à un poste de cadre plus rapidement que les techniciens supérieurs. Les ingénieurs généralistes (Arts et Métiers, Centrale, Mines) succèdent peu à peu aux ingénieurs agro-alimentaires (ENSIA, ENITIA, ENSAIA). Cette tendance se vérifie davantage dans les secteurs des matières inertes (confiserie, boissons) que dans ceux des matières vivantes (lait, viande). En revanche, les ingénieurs agronomes demeurent particulièrement recherchés par les laboratoires des entreprises, tout comme les universitaires spécialisés en biochimie, en chimie analytique, en microbiologie, en pharmacie, en arômes...

(suite du texte page 150)

BONNES ADRESSES

Il existe 76 filières de formation supérieure spécialisées en sciences et en techniques alimentaires.

Formations courtes

- Le brevet de technicien supérieur agricole des industries agro-alimentaires et biotechnologies s'obtient dans les lycées agricoles et comprend 5 options : industries alimentaires, industrie laitière, industrie des viandes, charcuterie-salaisons, technologie et gestion des industries du lait et des viandes, analyses agricoles biologiques et biotechnologiques.
- Le diplôme universitaire de technologie sanctionne un enseignement en biologie option industries alimentaires.

Formations longues

Au nombre de 6, les MST industries alimentaires sont implantées à Brest, à Bordeaux, à Clermont-Ferrand, à Créteil, à Montpellier et à Lille. Quatre écoles forment des ingénieurs spécialisés en industries alimentaires :

- Ecole nationale supérieure de biologie appliquée à la nutrition et à l'alimentation (ENSBANA), Campus de Montmuzard, 21000 Dijon.
- Ecole nationale d'ingénieurs des techniques en industries alimentaires (ENITIA), chemin de la Géraudière, 44072 Nantes.
- Ecole nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires (ENSAIA), 2 av. de la Fort-de-Haye, BP 172, 54505 Vandœuvre-lès-Nancy.
- Ecole nationale supérieure des in-

dustries agro-alimentaires (ENSIA), 1 av. des Olympiades, 91305 Massy.

De nombreux établissements (y compris les écoles agronomiques) proposent une spécialisation en industries alimentaires, d'autres initient les ingénieurs à la gestion.

- L'université de Compiègne forme des ingénieurs dans deux filières : les bio-industries, les produits alimentaires et biologiques.
- IAE (Institut d'administration des entreprises, une vingtaine en France), 162 rue Saint-Charles 75015 Paris.
- IGIA (Institut de gestion international agro-alimentaire), 5 av. du Parc, 95033 Cergy-Pontoise.

Les adresses des établissements peuvent être obtenues au ministère de l'Agriculture, direction générale de l'enseignement et de la recherche, 1 ter av. de Lowendal, 75007 Paris. La revue professionnelle *RIA* a consacré un dossier à l'emploi et à la formation en agro-alimentaire : *RIA* (numéro 439, mars 1990), 42 rue du Louvre, 75001 Paris. A lire aussi le dossier APEC "Les industries agricoles et alimentaires", disponible 51 bd Brune, 75014 Paris. L'APECITA se trouve 1 rue du Cardinal-Mercier, 75009 Paris.

A signaler enfin le concours "Jeunes créateurs d'entreprises" lancé par le conseil général de l'Aisne, 20 rue Paul-Doumer, 02013 Laon, ouvert aux moins de 30 ans et qui récompensera les cinq meilleurs projets.

SCIENCE JEUX

La machine de Van de Graaff (1)

PHYSIQUE AMUSANTE

Trois fois déjà nous avons présenté ici des machines capables de délivrer de hautes tensions : la machine de Wimshurst, dans les numéros 811 et 847, puis la bobine de Ruhmkorff dans le numéro 865. Le vif intérêt qu'ont manifesté nos lecteurs pour ces montages nous a alors mené à tenter une gageure : passer à l'échelle supérieure et proposer la construction d'une machine beaucoup plus puissante, qui est d'ailleurs toujours utilisée aujourd'hui dans les centres de recherches sur les hautes tensions.

Si la machine de Wimshurst est un très bon outil pédagogique, elle ne donne pas lieu à des réalisations de taille industrielle. Quant à la bobine de Ruhmkorff, elle est fabriquée en grande série pour assurer l'allumage des moteurs à essence, mais ne permet pas d'avoir des différences de potentiel colossales. Quand on a besoin de tensions se comptant en millions de volts, il faut se tourner vers une autre machine électrostatique, celle de Van de Graaff.

Au centre de recherches de l'EDF, il existe des machines de ce type qui ont la taille d'un donjon ; les étincelles sont du même ordre de grandeur — plusieurs mètres — et prennent l'allure de véritables éclairs. Le but est d'ailleurs de tester l'effet de la foudre sur les installations de transport du courant.

Notre version, on s'en doute,

sera loin de ces puissances énormes, qui posent des problèmes d'isolement — et de sécurité — très ardues. Elle sera toutefois nettement plus puissante que les machines précédentes, et la longueur d'étincelle atteint facilement 12 cm : il est donc vraiment conseillé de faire très attention à ne pas prendre la décharge.

L'ensemble est assez complexe, et de ce fait long à monter ; un seul numéro n'aurait donc pas suffi à décrire toute la construction que nous avons divisé en trois parties, les deux premières étant consacrées à la machine elle-même et la troisième aux accessoires qui permettront de réaliser de nombreuses expériences.

Comme la machine de Wimshurst, celle de Van de Graaff est du type à influence : elle transporte jusqu'à un cylindre de Faraday, où

elles s'accumulent, les charges électriques puisées en un autre point. La différence de potentiel s'accroît jusqu'au moment où les pertes par effluves dues à l'ionisation de l'air limitent la charge.

Nous avons déjà, lors des articles consacrés aux machines de Wimshurst, décrit les phénomènes qui sont à la base de l'électrostatique. Nous pouvons donc, cette fois, nous contenter de les résumer avant de nous pencher plus attentivement sur les caractéristiques propres à la machine de Van de Graaf. De toute manière, nous allons retrouver les phénomènes d'électrisation par frottement et par influence.

Commençons par le premier : certains corps, frottés avec un tissu, une fourrure animale ou un autre corps convenable acquièrent la propriété d'attirer des objets légers ; on dit alors qu'ils sont électrisés. L'expérience est facile à réaliser avec le verre, l'ébonite ou certains plastiques frottés avec de la laine ou un tissu de fibres synthétiques. En revanche, les métaux demandent à être tenus par un support isolant.

Ces faits d'expérience ont conduit à admettre que le frottement fait apparaître des charges électriques qui stagnent comme un fluide à la surface des isolants et circulent dans les conducteurs. L'électrisation peut ensuite se transmettre par contact, mais à ce moment on constate qu'il y a répulsion entre les deux corps.

L'existence de forces attractives et répulsives peut s'interpréter en admettant qu'il y a deux sortes de charges électriques, les unes positives et les autres négatives. Dans le processus d'électrisation par frottement, les deux corps mis en jeu prennent des charges opposées. L'expérience montre d'ailleurs que l'apparition d'une charge (+) est toujours accompagnée de celle d'une charge (-), et réciproquement : la somme des charges existantes est donc constante (principe de conservation de l'électricité).

Notons tout de suite que l'électrisation peut être obtenue non seulement par frottement, mais aussi par simple contact entre corps différents bien choisis ou par compression de certains cristaux ; toutefois, les différences de

potentiel ne sont pas aussi élevées que ce qu'on peut obtenir par frottement. De toute manière, on sait maintenant que les charges électriques sont toujours des multiples entiers de la charge de l'électron, un des trois constituants élémentaires de tous les atomes.

Le deuxième constituant est le proton de charge (+), égale en valeur absolue à celle de l'électron, le troisième étant le neutron de charge nulle. Ce sont donc ces particules, ou des assemblages de ces particules en atomes ionisés, qui constituent les charges qui apparaissent par frottement.

Toutefois, la nature exacte du processus reste difficile à interpréter; en particulier, on sait mal pourquoi le frottement est efficace avec certains corps et sans effet avec d'autres ni pourquoi la charge est très élevée certaines fois et bien modeste les fois suivantes. Le phénomène n'a toujours pas pu être quantifié, c'est-à-dire qu'aucune formule ne permet de relier la charge qui apparaît à la composition des matériaux mis en jeu ni à l'énergie mécanique dépensée en frottements.

Enfin, la nature profonde de la charge électrique et du champ de forces, attractives ou répulsives, qui lui est associé demeure une parfaite inconnue. Cela explique que les machines électrostatiques soient d'un fonctionnement un peu aléatoire et qu'elles posent, du point de vue théorique, bien des énigmes. Car elles mettent en jeu non seulement l'électrisation par frottement, mais aussi par contact et par influence.

Dans le premier cas, un corps conducteur (ou même isolant) à l'état neutre est attiré par un corps électrisé C, vient en contact avec lui, puis se trouve repoussé: en le touchant, il a pris une partie de la charge de C et les charges de même signe se repoussent.

L'électrisation par influence concerne encore les corps conducteurs: si on approche un corps électrisé d'une tige métallique isolée et à l'état neutre, celle-ci devient capable d'attirer des objets légers; elle est donc à son tour électrisée, bien qu'il n'y ait pas eu contact. Mais cette électrisation disparaît dès que l'on éloigne le corps chargé, dit influençant.

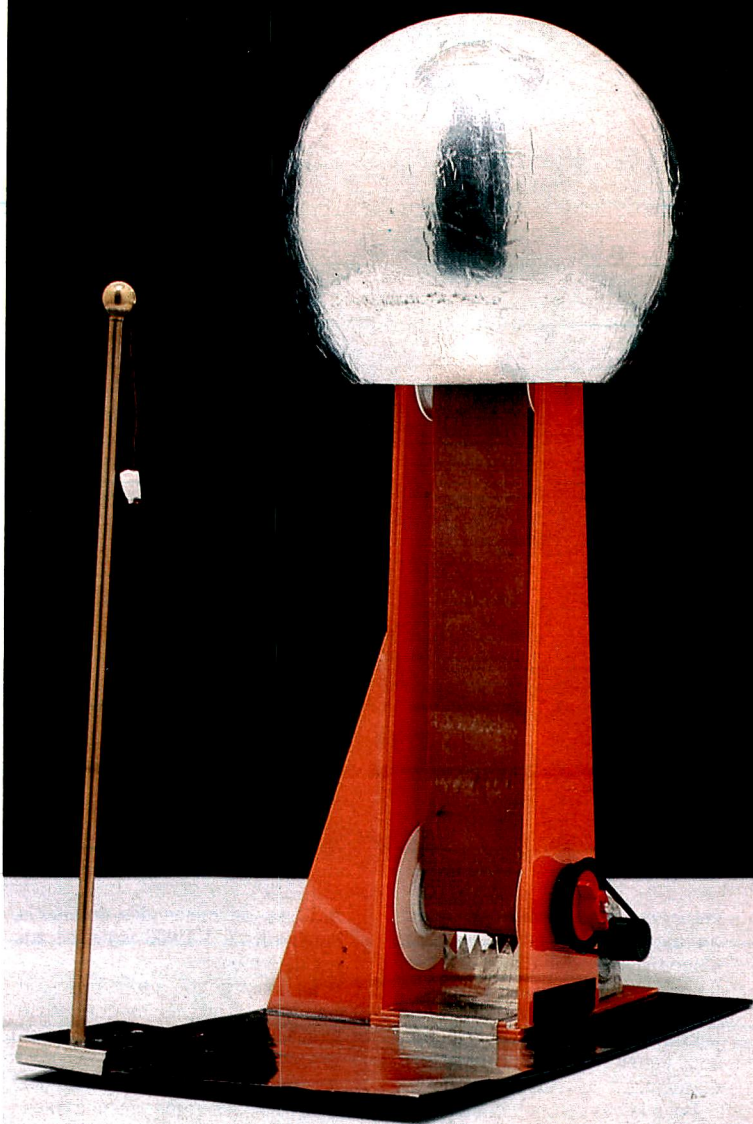
L'expérience montre que si ce

corps influençant est, par exemple, chargé négativement, le bout de la tige conductrice qui en est proche se couvre de charges positives tandis que l'autre extrémité devient négative. Il est même possible de séparer ces charges et de les conserver quand on écarte le corps influençant, ce processus étant d'ailleurs à la base des machines électrostatiques.

La méthode la plus simple consiste à influencer deux sphères conductrices mises en contact; la

plus proche se couvre de charges opposées à celle du corps influençant, la plus éloignée ayant des charges égales. Si on les sépare à ce moment, donc sans avoir éloigné le corps influençant, elles emportent les charges dont elles étaient couvertes.

La chose peut sembler paradoxale puisque normalement l'électrisation disparaît quand on retire le corps influençant; il faut alors regarder les choses de plus près pour voir où se situe la différence



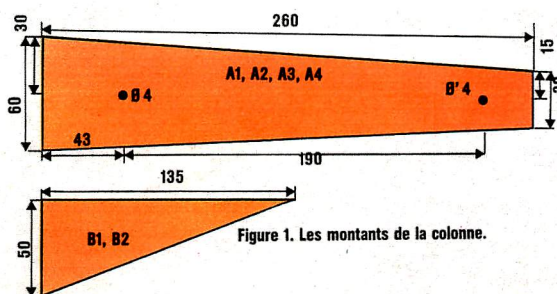


Figure 1. Les montants de la colonne.

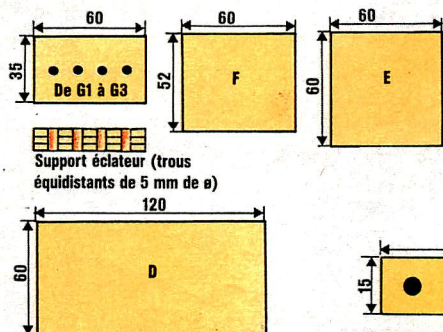


Figure 3.

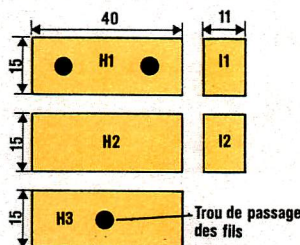


Figure 5. Support des prises d'alimentation du moteur.

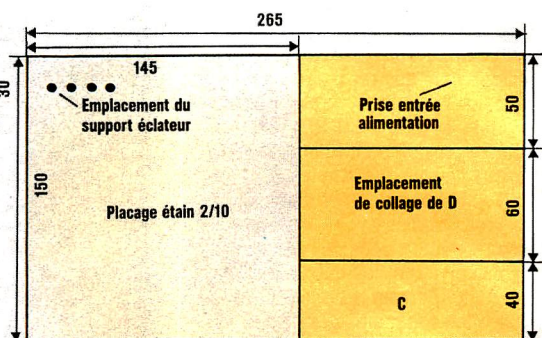


Figure 2. Le socle.

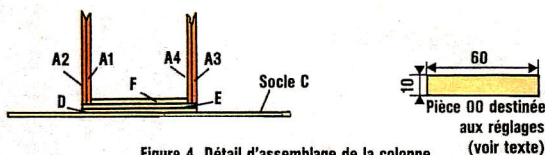
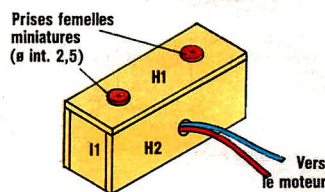


Figure 4. Détail d'assemblage de la colonne.



entre les deux expériences. Quand on approche un corps électrisé d'une tige métallique non chargée, il n'y a aucun travail à fournir : elle se charge (+) d'un côté et (-) de l'autre et les forces d'attraction sont équilibrées par la résistance du métal.

Dans le cas de deux boules conductrices, il n'y a pas non plus de travail à fournir pour approcher le corps influençant, mais il n'en est pas de même quand il faut séparer les sphères, car il faut vaincre les forces d'attraction entre charges de signe contraire. C'est le travail fourni à ce moment qui se retrouve sous forme de charges réparties à la surface des sphères.

Nous verrons le mois prochain comment on peut transporter ces charges et les accumuler sur un seul conducteur pour arriver à des différences de potentiel théoriquement aussi grandes que l'on veut. En pratique, on est toujours limité par les pertes dues au champ électrique, mais notre machine attein-

dra tout de même des potentiels supérieurs à 100 000 volts, ce qui est déjà bien.

La construction a toutefois posé nombre de problèmes que Pierre Courbier a mis du temps à résoudre. Pour commencer, la machine de Van de Graaff comporte une courroie qui sert justement à transporter les charges.

Or, une courroie plate doit normalement être maintenue par des poulies sans flasques, mais en forme de tonneau qui en assurent l'alignement et lui évitent de sau-

ter ; la fabrication de telles poulies nécessite l'emploi d'un tour, machine réservée à des amateurs très bien outillés : ceux-ci n'auront aucune peine à faire des galets orthodoxes. Les autres, infiniment plus nombreux, pourront se contenter de galets cylindriques très faciles à réaliser.

Bien entendu, cette entorse à la mécanique se paie du risque de voir la courroie partir à droite ou à gauche et venir frotter contre les montants. Nous verrons en temps utile comment pallier ce défaut qui eût été rédhibitoire sans un "truc" qui le rend acceptable, au point que notre modèle a fonctionné des heures durant sans le moindre ennui.

Schématiquement, la machine de Van de Graaff est simple : un tapis roulant transporte les charges créées par influence en un point et les apporte dans une sphère conductrice. En pratique, le tapis roulant a été difficile à trouver : on peut éliminer d'emblée

RAPPEL

Les expériences les plus marquantes et les plus importantes de cette rubrique ont été regroupées dans l'ouvrage *la Physique amusante*. En vente à *Science & Vie*, 5 rue de La Baume, 75008 Paris. Prix : 75 F (85 F par envoi direct).

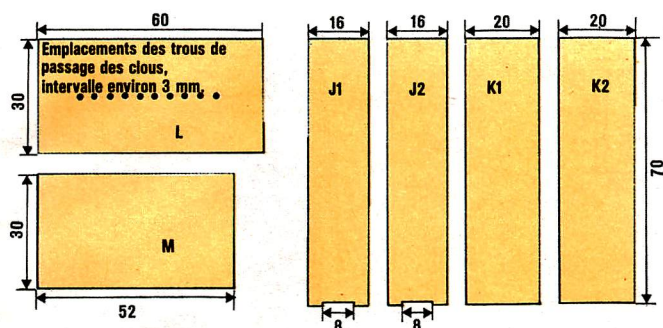


Figure 6. Le support du peigne supérieur et de la sphère.

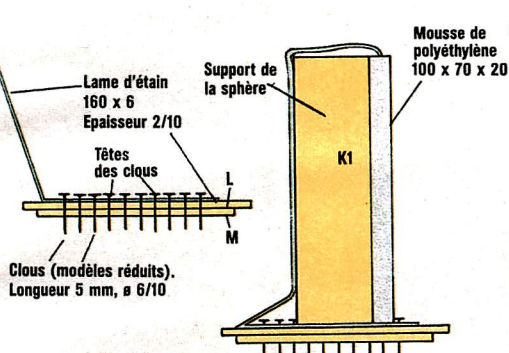


Figure 7. Montage du support du peigne supérieur.

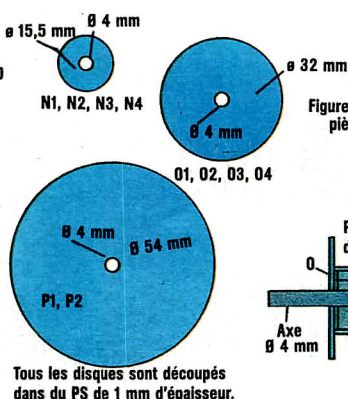


Figure 9. Les rouleaux, pièces et méthodes de centrage.

l'anneau découpé dans une chambre à air, car celle-ci est faite d'un caoutchouc vulcanisé légèrement conducteur et donc impropre au transport des charges.

Les courroies crantées destinées aux moteurs ou aux machines-outils pourraient convenir à condition de ne pas avoir d'armature interne métallique (cas fréquent), mais elles sont chères et généralement assez raides. Finalement, le matériau qui a donné les meilleurs résultats est le caoutchouc blond qui sert à fabriquer les bracelets élastiques. Les Etablissements Champion ont accepté de fabriquer à l'intention de nos lecteurs des anneaux de 42 mm de large et de 220 mm de demi-longueur.

Mais comme rien n'est parfait, ces anneaux souffrent d'un défaut : à la sortie de la boudineuse, le tube encore chaud est enroulé à plat pour être stocké ; il en résulte deux plis que la faible tension de la courroie ne peut faire disparaître. A chaque passage sur les rouleaux,

ils provoquent un léger claquement qui, s'il ne nuit en rien au fonctionnement de la machine, résonnera désagréablement aux oreilles des mécaniciens professionnels.

La sphère a également posé un problème délicat, et nous verrons dans le deuxième article comment il a été résolu à partir d'une boule de plastique creuse. Au total, la liste du matériel nécessaire peut sembler impressionnante, mais nous rappellerons que chacun peut adapter le montage en fonction des éléments dont il dispose. Il faut donc réunir :

- matériel habituel du Hobbystyrène
- cutter, règle métallique, crayon, gomme, papier abrasif, fer à souder, soudure.

- Colles Uhu-Plast, trichloréthylène, Uhu-Stick, Cyanocrylate Gel, Néoprène, colle époxy à deux composants.

- Papier aluminium ménager. "Brillette" de Baranne, mousse plastique de récupération, poly-

styrène expansé de récupération.

- Bocal ou récipient cylindrique, règle plexiglass (voir texte), ampoule 60 W en verre clair, fil à coudre, fil de Nylon 25/100 environ.

- Polystyrène choc de 1 et 2 mm d'épaisseur.

- Composants spécifiques pour la machine et le condensateur

- feuille d'étain 2/10, 180 × 220 mm ; tiges acier Ø 4 mm, L = 85 mm et L = 65 mm ; 2 joints en PVC pour raccords de canalisation électrique Ø ext. 18, Ø int. 15,5, L = 46 ; gaine thermorétractable Ø 5,5, L = 50 cm.

- 4 tubes de laiton Ø 5 mm, L = 240 mm ; tube de laiton Ø 3 mm, L = 100 mm ; tube de laiton Ø 4 mm, L = 50 mm.

- Poulie à gorge démontable Fisher Technik, Ø en fond de gorge : 28 mm ; poulie à gorge à vis de blocage, Ø en fond de gorge : 10 mm ; courroie caoutchouc 1/2 diamètre 85 mm ; moteur électrique Monoperm 5 pôles 12 V, avec interrupteur/inverseur.

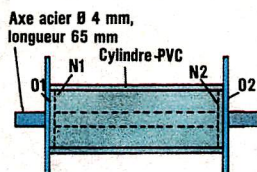


Figure 10. Rouleau supérieur.

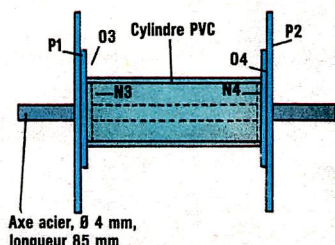


Figure 11. Rouleau inférieur.

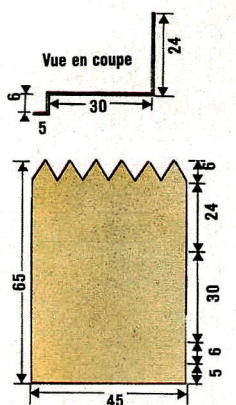


Figure 12. Le peigne collecteur inférieur (étain 2/10*).

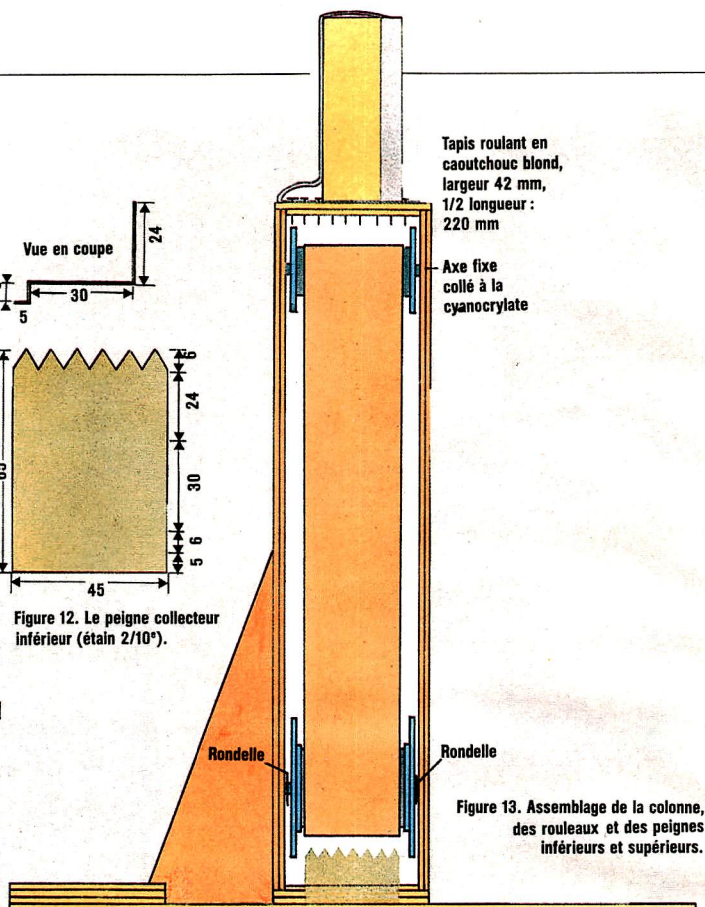


Figure 13. Assemblage de la colonne, des rouleaux et des peignes inférieurs et supérieurs.

— De 12 à 20 clous miniatures \varnothing 6/10, L = 5 mm pour modèle réduit ; sphère en plastique métallisé \varnothing 150 (ou 140) mm ; tapis roulant caoutchouc type PARA blond 220 \times 42 mm ; sphères de cuivre ou de laiton : deux de 12 mm de \varnothing (éclateur fixe et éclateur à main), une de 25 ou de 26 mm de \varnothing ; 2 prises "banane" miniatures complètes (mâle et femelle), \varnothing 2,5 mm.

• Accessoires

— Feuillard de cuivre 1/10 d'épaisseur, 60 \times 60 mm ; 1 écrou borgne, \varnothing pas de vis : 3 mm ; 1 tube de laiton, \varnothing 5 mm, L = 240 mm ; 1 tube plastique, \varnothing extér. 7 mm, L = 500 mm.

— Encre conductrice à l'argent Elecolit ; 3 entretoises de \varnothing 4, L = 12 mm avec pas de vis \varnothing 3 mm ; 6 écrous 3 mm \varnothing ; 1 diode électroluminescente ; fil de cuivre émaillé \varnothing 1 mm, L = 600 mm ; 2 boîtiers de piles 1,5 V Wonder type "Sacro" ; 1 tube au xénon (tube flash) \varnothing 4,2, L = 50 mm ; sphère de cuivre ou de laiton, \varnothing 14 mm.

Le polystyrène choc et la plupart des composants sont disponibles chez Pierron, 57206 Sarreguemines Cedex.

Ce mois-ci, nous ne construirons que la structure générale de la machine et verrons le mois prochain la partie mobile. Nous commencerons par faire la colonne et le socle, pièces de A1 à A4, B1, B2, C, D, E, F, de G1 à G3.

Il est nécessaire que cette colonne, qui supporte le mécanisme et la sphère, soit solidement construite. C'est pourquoi nous avons doublé l'épaisseur des montants de A1 à A4 (figure 1). De plus, l'un des deux est maintenu vertical et fixe par les deux équerres B1 et B2, qui le rendent solidaire du socle.

A1 et A2 d'une part, A3 et A4 d'autre part seront assemblés l'un à l'autre au trichloréthylène. Les deux blocs seront ensuite parfaitement superposés et retenus par deux morceaux de ruban adhésif afin d'être percés de deux trous de 4 mm aux cotes indiquées figure

1. En procédant ainsi, on s'assure du bon alignement de ces trous, qui sont destinés à servir de piliers.

Le socle sur lequel la colonne sera fixée est décrit figure 2. La partie foncée sera revêtue d'un placage de feuille d'étain (épaisseur 2/10 mm) collé à la colle Néoprène. Les emplacements de collage des diverses pièces sont indiquées sur cette même figure.

On réservera une place dans un angle pour coller le support de l'éclateur constitué par trois pièces (de G1 à G3, figure 3) superposées, collées et percées de quatre trous de 5 mm. Après avoir collé ce bloc sur la pièce C, on le revêtira également d'étain afin d'assurer la continuité électrique avec la tige de l'éclateur. Nous verrons ultérieurement que ce revêtement métallique est relié au peigne collecteur inférieur, ce qui assure la continuité du circuit.

On tracera, découpera et ponce-
ra les pièces D, E et F (figure 3).

On collera D sur C, le socle, à l'emplacement indiqué **figures 2 et 4**. Sur D, on collera la pièce E, puis sur un côté de celle-ci on fixera le montant (formé par les deux pièces A1/A2) qui sera maintenu vertical et rigide par les deux équerres B1 et B2. On collera ensuite F (60 x 52), mais l'autre montant ne sera pas fixé par collage.

En effet, avant d'en terminer avec lui, il y aura de nombreux réglages à faire qui seront décrits en détail dans les prochains articles. Pendant toute la durée des essais, on devra souvent enlever ce montant. Par la suite, le nettoyage du tapis roulant nécessitera encore des démontages, et c'est pourquoi il est préférable de le maintenir en place avec des petits morceaux de ruban adhésif. La pièce 00, qui servira de butoir au montant non encore assemblé, sera découpée et mise de côté; nous en verrons l'emploi ultérieurement.

Les prises d'entrée du courant seront placées sur un support formé par les 5 pièces de H1 à H3, I1 et I2 (**figure 5**). Deux prises femelles du type banane miniatures y seront fixées. Les fils seront d'ailleurs connectés aux prises, et laissés libres à leur autre extrémité en vue de leur soudure ultérieure aux bornes du moteur.

Notons au passage que nous avons utilisé un moteur de type Monoperm 5 pôles 12 V tournant (à vide) à 5 000 tours et muni d'un inverseur de marche. Ce moteur nous a donné toute satisfaction. Il est disponible dans les magasins spécialisés dans les maquettes. Bien entendu, d'autres types de moteurs équivalents peuvent convenir.

On passe ensuite à la construction du peigne collecteur supérieur — pièces J1, J2, K1, K2, L et M. L'ensemble de ces pièces a une triple fonction : collecter les charges transportées par le tapis roulant et les transférer à la sphère, assembler mécaniquement le haut de la colonne, et porter la sphère où les charges électriques s'accumuleront.

On commencera par assembler L et M (**figures 6 et 7**). Sur L on tracera, comme indiqué sur cette figure, les emplacements des clous qui joueront le rôle des dents du peigne. Nous avons choisi des clous miniatures destinés aux

modèles réduits de bateaux en bois (longueur 5 mm, diamètre d'environ 6/10^e de mm) et que l'on trouve dans les magasins spécialisés.

On percera à chaud, à l'aide d'une aiguille du même diamètre que les clous, les dix trous destinés à les recevoir. Puis on collera (Néoprène) une bande d'étain (environ 2/10^e d'épaisseur) de 6 x 160 mm. On disposera ensuite les dix clous comme indiqué **figure 7** en perçant la bande. Les clous, dont les têtes toucheront la bande d'étain, seront ensuite immobilisés avec une colle cyanocrylate.

Il restera à découper et à assembler le support de la sphère formé par les pièces J1, J2, K1 et K2. Les pièces J1 et J2 comportent une petite encoche taillée au cutter qui permet le passage de la bande d'étain. Celle-ci sera ensuite collée comme indiqué **figures 7 et 8**. Elle est destinée à établir le contact électrique entre le peigne collecteur et la sphère.

Nous verrons plus tard que la sphère est munie d'une colonne creuse qui viendra coiffer celle que nous venons de construire. Afin d'avoir une fixation stable, on ajoutera un petit bloc de 20 x 70 x 100 mm en mousse de polyéthylène (récupérée dans un emballage quelconque) qui sera collé comme indiqué **figures 7 et 8**.

Il restera à découper le peigne inférieur dans une feuille d'étain de 2/10^e selon les cotes données **figure 12**. Il sera plié à angle droit comme indiqué sur cette figure et collé (Néoprène) sur F, de telle façon que son rebord vienne toucher le placage d'étain collé sur le socle (voir **figure 13**). Ses dents (les échancrures) seront aussi aiguës que possible. Lors des réglages ultérieurs, on veillera à ce qu'elles se présentent le plus près possible du tapis et dans le plan défini par leurs axes.

Le mois prochain, nous terminerons la construction de la machine de Van de Graaff et commencerons la première mise au point. Dans le troisième article, nous développerons complètement les emplois et accessoires qu'elle pourra mettre en œuvre : c'est là qu'on constatera la puissance des effets qu'on obtient avec une différence de potentiel de 140 000 volts.

Renaud de La Taille
Modèle Pierre Courbier

Les problèmes de la finale

JEUX MATHÉMATIQUES

La finale du quatrième championnat international de France des Jeux mathématiques et logiques s'est déroulée le 7 juillet dernier à la Villette. Nous vous en ferons, le mois prochain, le compte rendu, accompagné d'un palmarès. Pour l'heure, nous vous laissons savourer quelques-uns des jeux-problèmes proposés aux concurrents lors de cette finale. Nous les avons classés par ordre croissant de difficulté. Vous en trouverez d'autres dans les prochains numéros de *Science & Vie*.

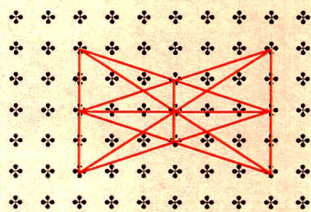
Le juste prix

Quatre copains préparent leurs longues soirées de travail. Alain a acheté des crayons, Bernard des taille-crayon, Carole des dictionnaires, Danièle une machine à écrire. En tout, 200 objets ont ainsi été acquis. Les quatre articles coûtent des prix différents, qui sont des nombres entiers de francs. Et, coïncidence extraordinaire, les quatre copains ont payé le même prix.

Combien coûte la machine à écrire ?

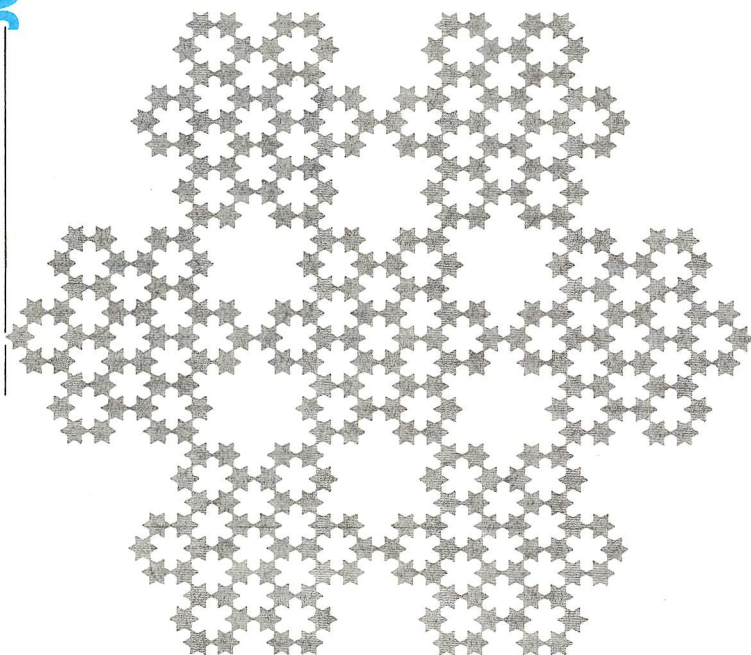
SOLUTIONS DU N° 874

Le caissier imprudent 1 ; 7 ; 9
Le casse-tête gaulois
(1 type de solutions connu)



Le cancre

L'élève Bougredane aurait dû trouver comme résultat à son opération 1550.



L'armée indéploable

Le général Emile Itaire est à la tête d'un corps d'armée comprenant entre 1 000 et 1 990 hommes.

Il choisit de les disposer de façon originale : en plusieurs colonnes (au moins deux), chaque colonne comportant un homme de plus que la précédente. Or, malgré tous ses efforts, il n'arrive pas à un tel résultat.

Combien l'armée contient-elle d'hommes ?

La boîte à chaussures

Trois garçons, Anatole de Face, Bertrand du Dessus et Christophe de Côté, doivent calculer le volume d'une boîte à chaussures (qui a la forme d'un parallélépipède rectangle) dont les dimensions sont toutes des nombres entiers de centimètres. Mais ils n'emploient pas la bonne formule : ils utilisent $V = S + h$ au lieu de $V = S \times h$ où V désigne le volume, S l'aire de la base et h la hauteur de la boîte.

Anatole, Bertrand et Christophe trouvent respectivement 304, 416 et 169 cm^3 .

Quel est le volume de la boîte, exprimé en centimètres cubes ?

La diagonale du pou

Les cases d'un damier 50×50 sont numérotées de 1 à 2 500, de gauche à droite et de haut en bas. Chaque case est un carré de 1 cm de côté.

Un pou méthodique entreprend le trajet "en diagonale" suivant (voir début sur le schéma) :

- il voyage de centre en centre en commençant par la case 1, puis la case 2, puis la case 51, puis la case 101, etc.
- A chaque fois qu'il atteint une case de la première ou de la dernière ligne, il rejoint alors la case immédiatement à l'est (où à droite si vous préférez) et repart en diagonale.
- A chaque fois qu'il atteint une case de la première ou dernière colonne, il rejoint alors la case immédiatement au sud (où en bas) puis repart toujours en diagonale.
- Toutes les différentes diagonales sont parallèles.

Sa vitesse est de 36 m par heure et il s'arrête, épuisé, au bout de 33 min/10 s.

Dans quelle case se trouve-t-il alors ?

Faites "AAA ... AAA"

11 est le plus petit entier dont le carré, en base dix, est de la forme $a \dots a : 11^2 = 121$ (les points remplacent des chiffres quelconques et le nombre de points n'indique pas forcément le nombre de chiffres manquants).

De même, 212 est le plus petit entier dont le carré est de la forme $aa \dots aa : 212^2 = 44\ 944$.

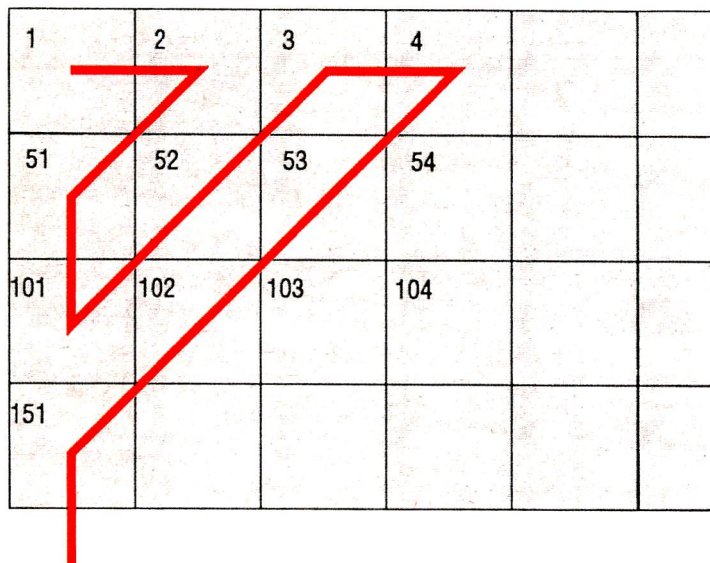
Trouver le plus petit entier dont le carré, en base dix, s'écrit sous la forme $aaa \dots aaa$.

Star-système

Le napperon dessiné ci-dessous comporte un certain nombre d'étoiles et un certain nombre de trous. (on appelle "trou" une région fermée, entièrement entourée d'étoiles).

Quelle est l'aire totale des trous sachant que l'aire d'une étoile est égale à 1 cm^2 ?

Gilles Cohen



Un casque sans fil : (1) l'émetteur

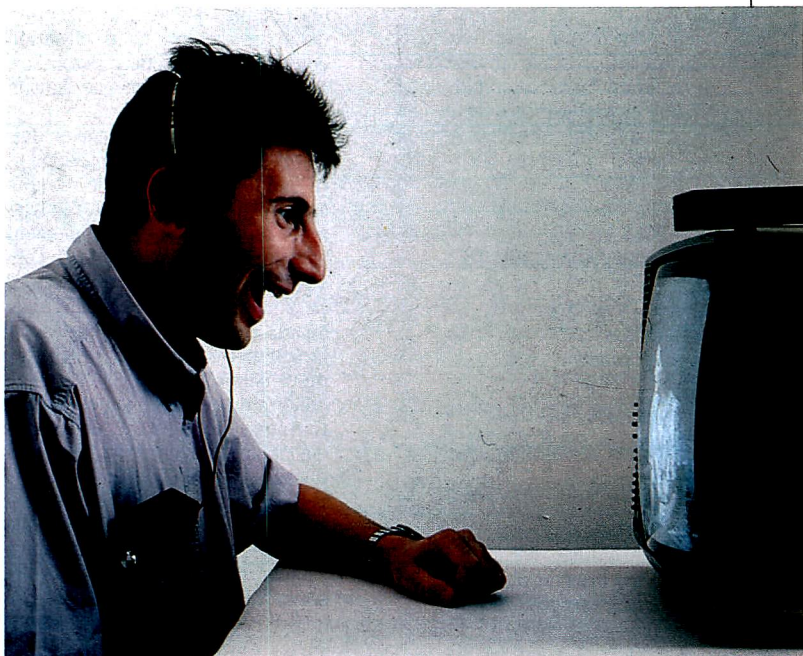
ÉLECTRONIQUE AMUSANTE

Si les casques présentent l'avantage de pouvoir écouter de la musique au volume sonore de son choix sans pour autant en faire profiter le voisinage, le fil les reliant à l'appareil constitue souvent une gêne. Nous nous proposons donc ce mois-ci de remplacer ce support matériel, indispensable à la transmission du signal électrique vers les écouteurs, par un autre, totalement immatériel cette fois, à savoir un faisceau d'infrarouges.

Nous vous avons d'ailleurs déjà proposé, dans ces lignes, de réaliser une barrière infrarouge. Notre électronique détectait alors simplement la rupture du faisceau entre l'émetteur et le récepteur. Ici, le faisceau sera, qui plus est, porteur d'informations. L'électronique sera donc non seulement en mesure de détecter sa présence, mais reconnaîtra également le signal ainsi transmis.

Comme dans tout moyen de transmission, notre réalisation comportera deux éléments bien distincts : l'émetteur et le récep-

Dans notre prochain numéro, cet émetteur aura un récepteur !



teur. Ce mois-ci, nous nous attacherons à la réalisation de l'émetteur. Afin que notre faisceau soit en mesure de transmettre le signal musical, nous avons décidé de le coder en modulation de fréquence, ou, plus exactement, en modulation de fréquence et de taux de remplissage ; type de modulation plus simple pour nous tant à coder qu'à décoder et donnant un résultat tout à fait comparable.

Le cœur de notre émetteur sera un oscillateur calé sur une fréquence, en absence de tout signal, d'environ 40 KHz. De même, le taux de remplissage du signal délivré sera de l'ordre de 1 pour 10. Nous utiliserons un NE 555 pour sa réalisation. Ce composant, qui nous est familier de longue date, sera câblé de manière tout à fait conventionnelle. Nous retrouverons donc deux résistances et un condensateur dont les valeurs détermineront sa fréquence d'oscillation ainsi que le taux de remplissage au repos. Seule nouveauté, nous utiliserons ici sa patte numéro 5. C'est en effet sur cette dernière que nous appliquerons le signal musical par l'intermédiaire d'un condensateur. Toute variation de tension sur cette entrée du NE 555 se traduit effectivement par une modification de la fréquence qu'il déli-

vre en influant sur la durée pendant laquelle sa sortie reste à l'état haut. La durée où il est à l'état bas restant inchangée, le taux de remplissage du signal délivré s'en trouve modifié ; c'est donc bien le but recherché.

Notre codage ainsi réalisé, il ne nous reste plus qu'à le transmettre. Nous utiliserons pour cela trois diodes électroluminescentes infrarouges. Cependant, le NE 555 n'étant pas en mesure de fournir

OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

△ MAGNETIC FRANCE, 11 place de la Nation, 75011 Paris, tél. (1) 43 79 39 88

△ PENTASONIC, 10 boulevard Arago, 75013 Paris, tél. 43 36 26 05

△ T.S.M., 15 rue des Onze-Arpents, 95130 Franconville, tél. 34 13 37 52

△ URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon Suisse.

△ Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

directement une puissance suffisante pour assurer leur bon fonctionnement, un étage amplificateur de courant sera intercalé entre NE 555 et diodes. Ce dernier permettra à notre émetteur d'avoir une portée suffisante pour assurer

une bonne qualité de réception dans des conditions d'utilisation courantes du casque, à savoir être en mesure d'assurer une liaison sur 4 ou 5 mètres.

Le câblage de l'émetteur ne doit pas poser de problème particulier. Le nombre d'éléments le composant reste effectivement relativement réduit. Il faudra simplement prendre bien soin de couper l'ensemble des bandes conductrices de la plaquette sous le NE 555 ainsi qu'aux emplacements indiqués sur le schéma de câblage. De même, on veillera à respecter le brochage du circuit intégré, celui des transistors ainsi que la polarité des diodes électroluminescentes et des condensateurs chimiques.

Enfin, en ce qui concerne l'alimentation de notre émetteur, elle sera assurée par un adaptateur secteur capable de fournir 12 volts sous 300 milliampères.

Henri-Pierre Penel

NOMENCLATURE

$C_1 = 4,7 \mu F$ 12 V

$C_2 = 10$ nF

$C_3 = 100$ nF

$C_4 = 4\,700 \mu F$ 16 V

$I_c = NE\,555$

$T_1 = 2\,N\,2905$ (monté sur "clip" radiateur)

$D_1 = D_2 = D_3 =$ LED infrarouge

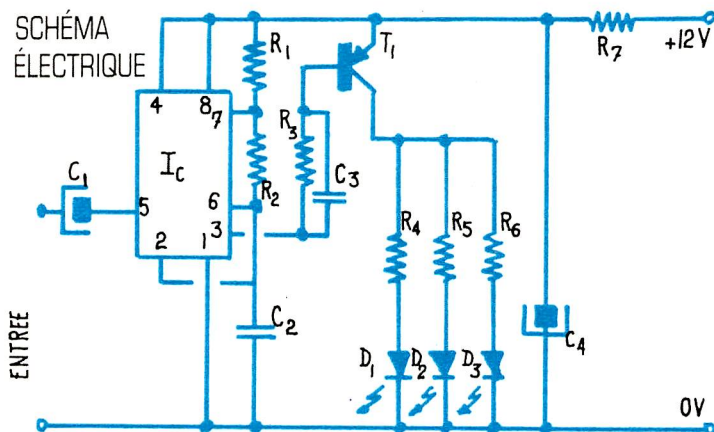
$R_1 = 2,2\,K\Omega$ (rouge, rouge, rouge, or)

$R_2 = 22\Omega$ (rouge, rouge, noir, or)

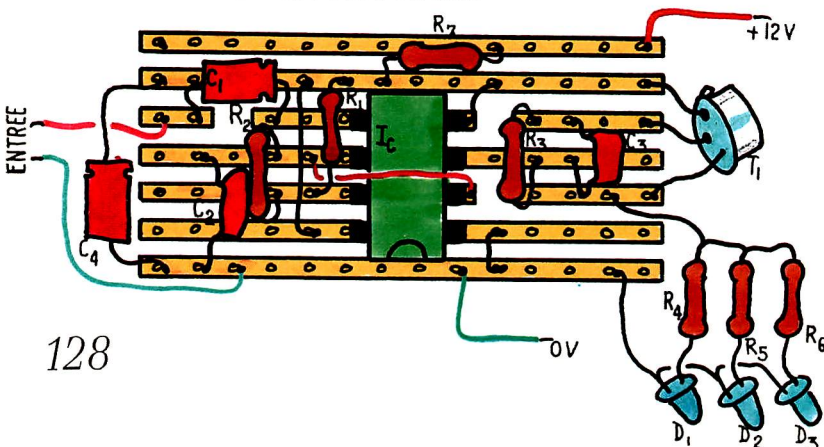
$R_3 = 47\Omega$ (jaune, violet, noir, or)

$R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = 4,7\Omega$ 2 W

SCHEMA ÉLECTRIQUE



IMPLANTATION DES COMPOSANTS



Un capacimètre pour condensateurs chimiques

INFORMATIQUE PRATIQUE

Mesurer la valeur de condensateurs de faible capacité reste une opération relativement simple. Un voltmètre ou un ampèremètre conviennent parfaitement. Pour cela il suffit de les alimenter en courant alternatif puis de mesurer l'impédance du condensateur et d'en déduire sa capacité. Malheureusement, les choses se gâtent dès qu'il s'agit de fortes valeurs, il faut alors soit utiliser un courant très basse fréquence, soit mesurer un courant élevé et, dans les deux cas, des problèmes se posent. Sous de très basses fréquences, il reste délicat d'évaluer l'amplitude des mouvements d'une aiguille, et sous courant élevé les résistances parasites viennent fausser de manière non négligeable la mesure. C'est pour cela que pour les mesures de fortes capacités un tout autre procédé est utilisé, à savoir l'évolution de la tension aux bornes d'un condensateur lorsqu'il est chargé, ou déchargé, sous un courant constant. Rappelons en effet deux lois de bases concernant les condensateurs.

- D'une part : $Q = I.T$, où Q indique la charge du condensateur exprimée en coulombs, I l'intensité du courant en ampères et T le temps en secondes.

- D'autre part : $Q = C.U$, où C est exprimé en farads et U en volts.

De là, il est facile de déduire que : $C.U = I.T$, d'où $C = I.T/U$. Donc pour calculer la valeur d'un condensateur il suffira ici de le charger à courant constant et de chronométrer la durée que met la tension à ses bornes pour évoluer entre deux valeurs données.

Comme bien des bancs de mesure, notre montage exploitera ce principe et devra assurer quatre

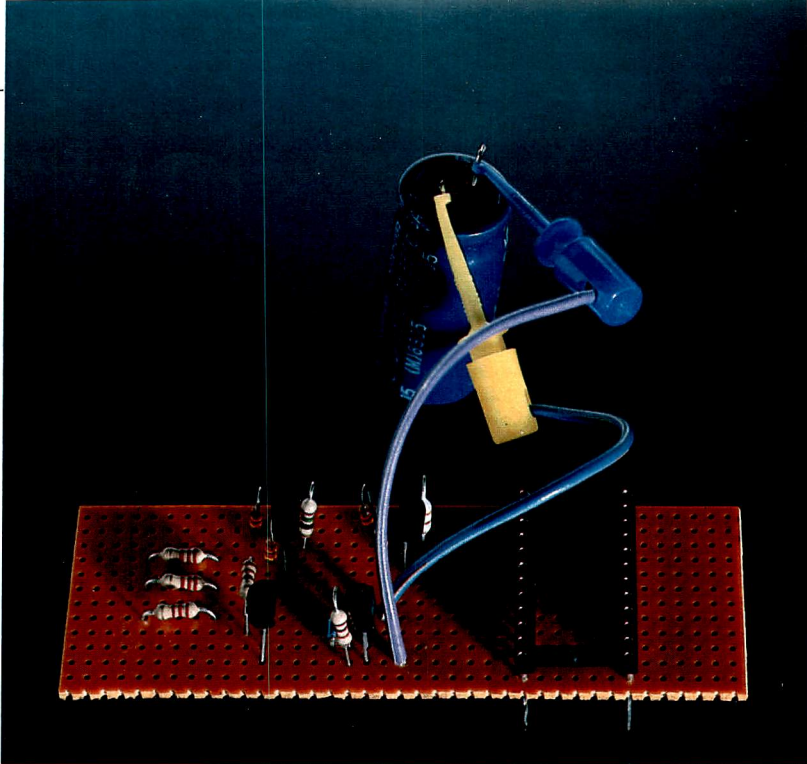
fonctions distinctes. Il nous faudra effectivement disposer d'un circuit de décharge du condensateur, d'un générateur de courant constant, d'un détecteur de seuil de tension et d'un chronomètre.

Le circuit de décharge nous permettra de nous assurer que le condensateur est effectivement totalement déchargé lors du début de la mesure. Il est évident que, du moins pour le procédé que nous avons choisi, si la charge de départ n'était pas nulle la mesure serait erronée. Cette fonction sera assurée par un transistor chargé de "court-circuiter" le condensateur par l'intermédiaire d'une résistance de faible valeur.

Le générateur de courant assurera la charge du condensateur. C'est lui qui nous donnera une référence qu'utilisera le chronomètre pour le calcul final. En fait, nous n'utiliserons pas ici un seul mais deux générateurs de courant. Le premier délivrera un courant constant de 1 milliampère, quelle que soit la tension aux bornes du condensateur, l'autre un courant de 10 milliampères. Nous disposerons donc de deux gammes de mesure. Ici, deux transistors assureront cette fonction.

Le détecteur de seuil de tension commandera l'arrêt du chronomètre lorsque la tension aux bornes du condensateur aura atteint une valeur fixée. Ici encore, un transistor sera utilisé à cet effet.

Enfin, le chronométrage sera assuré par l'ordinateur. De même, c'est lui qui effectuera le calcul final de manière à afficher directement la valeur du condensateur en



microfarads. Ce montage ne comportant que peu de composants, son câblage ne doit pas poser de problème particulier. Mais venons-en à présent à son fonctionnement. Il sera, bien entendu, indispensable de le connecter à l'une ou l'autre de nos interfaces principales, en fonction du microordinateur que vous possédez, afin qu'il soit en mesure de converser avec lui.

Le circuit de décharge sera commandé par la mise à l'état 1 du bit 0 de sortie. Tant que ce dernier sera maintenu en 1 le condensateur sera court-circuité.

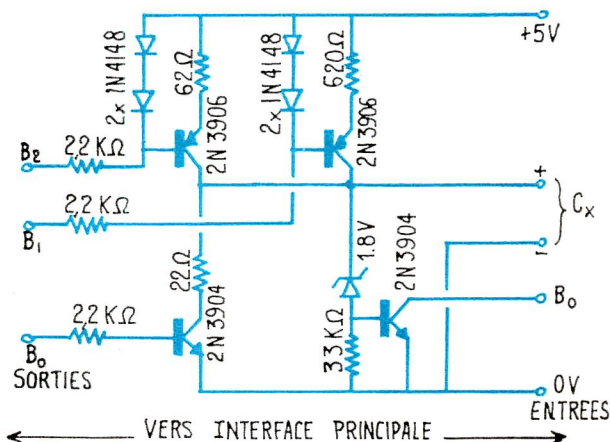
Les générateurs de courant se-

ront pilotés par les bits de sortie 1 et 2. Ici, contrairement au cas précédent, c'est l'état 0 de ces bits qui est considéré comme actif. Une charge sous 1 milliampère sera commandée par la mise à 0 du bit 1, une sous 10 par la mise à 0 du bit 2. De cela on peut déduire l'état des bits 0, 1 et 2 qui seront nécessaires au fonctionnement de notre capacimètre. Comme nous allons le voir, l'ensemble des combinaisons sur trois bits ne sera pas utilisée. En effet pour b2, b1 et b3 respectivement, 111 correspond à la décharge du condensateur, 100 à sa mise en charge sous 1 milliam-

```

10 OUT 255,7
20 CLS: LET VAL=0
30 INPUT "COURANT DE CHARGE (1 OU 10 mA)";C#
40 IF C#>"1" AND C#<>"10" THEN GOTO 30
50 IF C#="10" THEN LET CC = 4
60 IF C#="1" THEN LET CC = 2
70 PRINT "MESURE EN COURS"
80 IF C#="10" THEN GOTO 100
90 IF C#="1" THEN GOTO 150
100 LET F = IN 255
110 IF F = 255 THEN GOTO 200
120 FOR T = 1 TO 10: NEXT T
130 LET VAL = VAL+1
140 GOTO 100
150 LET F = IN 255
160 IF F = 254 THEN GOTO 200
170 FOR U = 1 TO 10: NEXT U
180 LET VAL = VAL+10
190 GOTO 150
200 PRINT "VALEUR Cx: "; VAL/4; "MICROFARAD."
210 OUT 255,111
220 PRINT "TAPER UNE TOUCHE S.V.P."
230 IF INKEY#="" THEN GOTO 230
240 GOTO 10

```



père et 010 à celle sous 10 milliam-pères. Les autres combinaisons de ces trois bits ne seront pas significatives pour nous, car concernant soit un ordre de charge et de dé-charge simultané, qui, bien que ne nuisant en rien au bon fonctionne-ment de notre capacimètre, reste une instruction aberrante, soit à une mise en charge sous 11 mili-ampères, gamme non prévue, sauf si tel est votre choix et que le programme a été modifié en consé-quence, en cas contraire il ne con-duit qu'à une erreur de calcul de l'ordinateur.

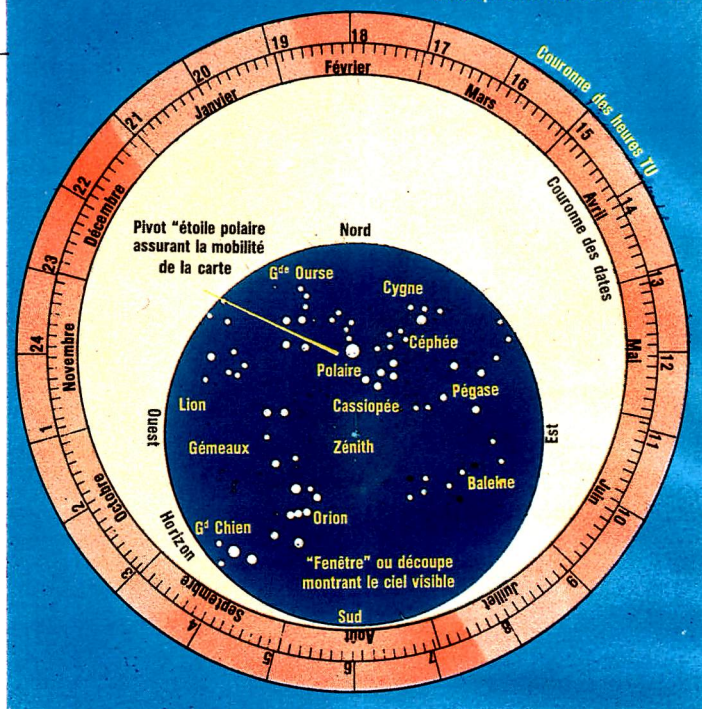
En ce qui concerne la mise en service de notre capacimètre, le seul problème qui se pose reste son étalonnage. En effet, les compo-sants que nous utiliserons ne sont fiables qu'à une dizaine de pour cent. De même, tous les ordi-nateurs n'effectuent pas leur cal-culs, ou, dans le cas qui nous inté-resse, surtout ne gèrent pas forcé-ment leurs communications avec leurs périphériques à la même vi-tesse. Ceci et cela se cumulant, il nous reste impossible de proposer une mesure juste dès la première mise sous tension du montage. Pour remédier à ce problème, le petit programme que nous vous proposons comporte une "boucle vide". C'est elle que nous utilise-rons pour l'étalonnage de l'appareil. Notons que, puisqu'étalon il y a, il faudra bien choisir un conden-sateur-étalon et ce pour chaque gamme. Le plus simple sera d'utili-ser un condensateur neuf et supplé-é de la valeur indiquée sur son boîtier (la tolérance est souvent de 20 %). Néanmoins, même sous cette incertitude, il sera possible de déterminer si le condensateur douteux est à même d'assurer sa fonction ou non.

Pour réaliser notre étalonnage, il faudra jouer sur les valeurs limites que prennent les variables T et U des boucles d'attente. T concer-nant la gamme des valeurs infé-rieures à 100 μ farads, U celles des valeurs supérieures à cette limite.

Pour terminer, précisons que, les courants mis en jeux ici restant très faibles, la qualité des contacts n'aura que peu d'incidence sur le résultat de la mesure. De simples pinces "crocodile" pourront donc parfaitement être utilisées pour la connexion du condensateur à mesurer.

Henri-Pierre Penel

1. Exemple d'une carte mobile du ciel.



Le ciel à la carte

JOURNAL DE L'ASTRONOME

Si août, quoi qu'on en dise, est le mois des vacances par excellence, c'est aussi celui de l'astronomie en famille. Rien de plus normal, lorsque les soirées sont encore douces et qu'il ne fait pas nuit trop tard, que de profiter des circonstances pour admirer en groupe les merveilles du ciel. Aussi, ce mois-ci, nous vous proposons une grande promenade céleste, avec des moyens d'observation simples comme l'œil nu, les jumelles ou un petit instrument, que chacun pourra suivre sans difficulté, quel que soit son niveau.

Les constellations. Le néophyte qui tourne son regard vers la voûte céleste est presque toujours désarmé par la multitude d'étoiles qu'il y découvre. Qu'il se rassure, ce fut aussi le cas des premiers observateurs, il y a bien des siècles, qui, de plus, redoutaient la colère des dieux. Nos ancêtres, sans doute pour s'attirer les bonnes grâces célestes, imaginèrent alors que les dieux étaient à l'image des dieux.

Ce fut l'origine des constellations, assemblages virtuels d'étoiles représentant des figures mytho-

logiques. Dans la réalité, l'imagination et les différences culturelles des peuples jouent un rôle important. Ainsi, la Grande Ourse, qui ne ressemble pas vraiment à un ours, est appelée Grand Chariot par les peuples nordiques, sans plus de raison. Seuls les Chinois du bas peuple font preuve de bon sens en l'appelant casserole.

Toujours est-il que le découpage du ciel en constellations fut trouvé si pratique qu'on le perpétua et même qu'on le continua. De nos jours, le ciel est divisé en 88 constellations, dont une cinquantaine est visible sous nos latitudes. Les noms officiels arrêtés par l'Union astronomique internationale sont latins, tandis que les étoiles les plus brillantes portent une lettre grecque.

Les constellations constituent un "canévas" très commode pour repérer le ou les objets astronomiques, un peu à la manière des départements français. Encore faut-il pouvoir localiser ces constellations. Pour cela, il existe des cartes célestes mobiles qui, grâce à un réglage très simple, permettent à tout un chacun de retrouver les

grandes voies célestes.

La carte mobile. Il y a un grand nombre de modèles de cartes mobiles : en plastique ou en carton, d'une grande précision ou bien simplifiées pour les débutants. Mais toutes sont fondées sur le même principe. Un disque mobile permet de régler la carte en fonction de l'heure et du jour d'observation (*figure 1*). Ce réglage une fois effectué, le ciel, qui est alors visible, apparaît dans une fenêtre matérialisée par une découpe ou un tracé sur transparent. Au plan pratique, pour connaître l'heure TU, on appliquera la règle suivante :

$TU = TC - 1 \text{ h en hiver}$

ou

$TU = TC - 2 \text{ h en été,}$

TC étant le temps civil que nous lisons sur nos montres et nos pendules, hiver ou été signifiant la période d'application de l'heure d'hiver ou d'été.

Voici comment régler une carte mobile. Par exemple, pour observer le ciel le 10 août à 23 heures (heure de la montre), on fait tourner le disque mobile de la carte jusqu'à ce que le 10 août soit en face de $23 - 2 = 21$ heures. C'est tout, la carte est réglée. Il reste à la confronter à la réalité céleste pour identifier les constellations. C'est le second point important qui requiert un peu d'attention.

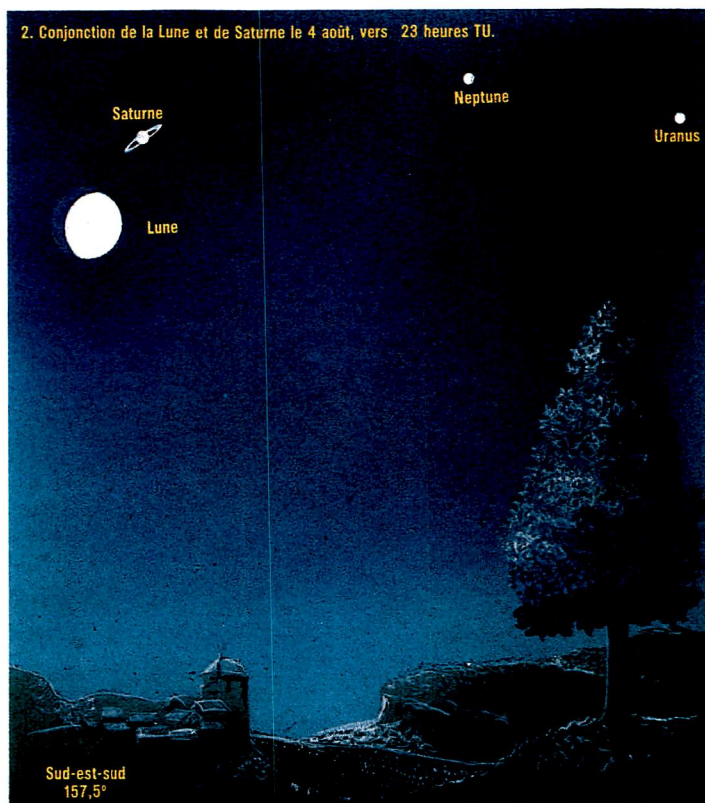
Sous nos latitudes, la découpe délimitant le ciel visible à un instant donné a la forme générale d'un ovale, ce qui correspond à la totalité du ciel visible. Il faut donc bien réaliser qu'il s'agit là d'une projection de la voûte céleste. Le centre de cette découpe représente le zénith, toujours situé au-

dessus de la tête, et le bord est l'horizon théorique du lieu d'observation ; il porte d'ailleurs l'inscription des quatre points cardinaux.

Dans l'absolu, il faudrait tenir la carte au-dessus de la tête, après l'avoir orientée pour pouvoir s'en servir. Bien évidemment, cette solution n'est ni pratique ni confortable. Comme, de toute façon, on n'observe pas tout le ciel à la fois,

voici comment procéder.

En premier, il faut repérer les points cardinaux, une petite boussole tirant d'embaras les indécis. Ensuite si, par exemple, on observe dans la direction du sud, on tiendra la carte verticalement devant soi, en ayant soin de placer l'inscription sud, située en bordure de la découpe, vers le sol. Le ciel visible dans cette position repré-



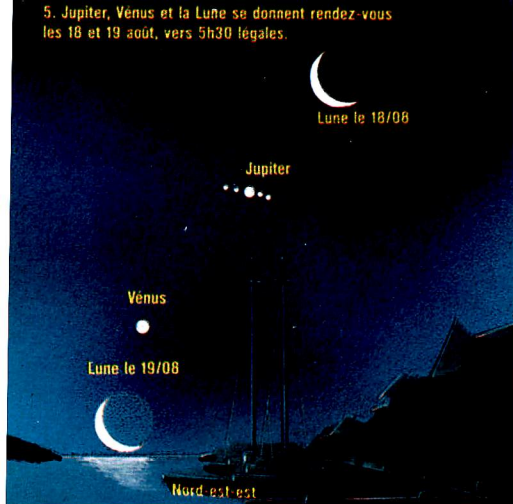
3. Mercure est visible le 11 août, vers 21h30.



4. Jupiter et Vénus sont en conjonction dans le ciel du 13 août, vers 5h30 légales.



5. Jupiter, Vénus et la Lune se donnent rendez-vous les 18 et 19 août, vers 5h30 légales.



6. Mercure et la Lune dans le ciel le 22 août, à 21 heures légales.



sente à peu près la moitié inférieure de la découpe, c'est-à-dire entre le zénith et l'horizon sud. Si, maintenant, on souhaite regarder les constellations situées vers le nord, il faudra, après s'être retourné de 180°, faire de même avec la carte, pour que l'inscription nord se trouve placée vers le sol. On opérera de même avec les autres directions. Bien entendu, il faudra de temps à autre régler à nouveau l'heure, car le temps passe vite et, sans cette précaution, il y aura un décalage entre la carte et le ciel réel.

L'étape observationnelle proprement dite consiste à identifier les constellations dans le ciel grâce à

la carte. On commencera par les plus faciles, c'est-à-dire celles constituées d'étoiles très brillantes. La première une fois reconnue, on passera à la suivante située, si possible, à proximité. Ainsi de suite, on fera du "saute-constellation". Cet exercice répété vous permettra rapidement de connaître les principales constellations. Notons au passage que, pour une fois, il n'est pas nécessaire d'avoir un ciel parfait pour s'y initier. En effet, un ciel partiellement pollué par des lumières parasites, dans le proche environnement des villes par exemple, ne montrera que les plus brillantes étoiles et

évitera au débutant de se perdre, comme dans un ciel excellent des hautes altitudes. En revanche, pour préserver une acuité visuelle maximale, ne pas oublier de s'éclairer avec une lampe rouge, seule à ne pas éblouir.

Principales cartes mobiles.

Les cartes mobiles diffèrent par quelques détails de réalisation. Citons les plus significatives.

"Miniciel", de P. Bourge, est la plus simple de toutes, avec les principales constellations et étoiles. Elle est livrée avec un disque complémentaire indiquant les principaux alignements pour passer d'une constellation à l'autre.

"Planiciel", de J. Villette, est la seule carte mobile agréée par le ministère de l'Éducation nationale. Toutes les constellations visibles de l'hémisphère Nord y figurent ainsi que les principaux objets observables dans un petit instrument d'amateur. Elle peut être complétée par un cahier de travaux pratiques, très pédagogique.

"Ciel 2000", éditée par l'ARALR, comporte plusieurs disques interchangeables de "force" croissante. Le premier concerne l'apprentissage des constellations, les suivants les étoiles doubles, variables, les amas, galaxies et nébuleuses. Ce système de disques interchangeables évite de surcharger la carte principale, qui reste ainsi très claire pour le débutant.

"Sirius", de la Société suisse d'astronomie, est la plus fine et la plus précise, avec des graduations jour par jour et une précision de deux minutes pour l'heure. Elle comporte également un système de coordonnées pour localiser les planètes. Elle offre de nombreuses



7. À minuit, le 31 août, la Lune, Saturne, Uranus et Neptune occupent le ciel.

applications, dont la détermination des heures de lever, de coucher et de passage des astres, mais aussi le pointage d'une monture équatoriale.

Signalons enfin que ces cartes sont utilisables aux latitudes moyennes de la France métropolitaine, soit entre 40° et 51°. En dehors de ces limites, des différences notables de position apparaissent sur l'horizon. On se procurera alors d'autres cartes établies pour des latitudes différentes. Deux petits appareils, le *Stellarscope* et le *Nightstar*, sont prévus pour être employés sous toutes les latitudes du nord au sud ; ils sont toutefois légèrement plus encombrants que les cartes mobiles.

Août au fil des nuits. L'apprentissage des constellations n'empêche pas d'observer les phénomènes astronomiques du mois, bien au contraire. Ainsi, dans la soirée du 1^{er}, le premier quartier de lune sera en conjonction rapprochée avec la rouge Antarès du Scorpion.

Quelques jours plus tard, le 4, vers 23 heures légales, ce sera le tour du trio Saturne, Uranus et Neptune d'être à proximité de la Lune, qui, à deux jours de sa plénitude, brillera de tout son éclat (*figure 2*).

Le 6 aura lieu une éclipse partielle de lune, hélas ! invisible depuis la France métropolitaine. En revanche, d'Asie et depuis l'océan Pacifique, le spectacle mérite une attention particulière. Attention donc si vous êtes notamment aux Seychelles, à La Réunion, à Maurice, en Indonésie, en Nouvelle-Zélande, en Nouvelle-Calédonie, en Australie ou aux Philippines. Voici les heures du phénomène en temps universel :

Entrée dans la pénombre : 11 h 31

Entrée dans l'ombre : 12 h 45

Maximum : 14 h 12

Sortie de l'ombre : 15 h 40

Sortie de la pénombre : 16 h 53.

Mercury, planète toujours très difficile à localiser, sera à son élongation maximale est le 11. On tentera l'observation avec une paire de jumelles. Le Soleil se couchant ce soir-là à 21 h 1, on attendra que la luminosité baisse un peu avant de rechercher Mercury, soit vers 21 h 30 à l'azimut 271°, mais il faudra faire vite car la planète se couche à son tour vers 21 h 58 (*figure 3*).

L'essaim des Perséides, qui four-

nit les plus belles étoiles filantes du mois d'août, connaît son maximum d'activité au cours des nuits du 11 et du 12. Il est actif depuis la fin juillet et le restera encore jusqu'aux alentours du 20 août. Cette année, le dernier quartier de lune qui a eu lieu le 13 ne laissera apercevoir que les météores les plus brillants.

Le 13 précisément, très belle conjonction à environ 6x et vers l'azimut 65°, on remarquera à l'œil nu deux points lumineux très brillants : il s'agira de Vénus et de Jupiter. Moins de six minutes d'arc sépareront les deux planètes, qui pourront être observées en même temps dans un télescope ou une lunette avec un grossissement de 150 fois et plus (*figure 4*) ! Vénus sera d'ailleurs à l'honneur à cette période, car c'est en principe le 10 que la sonde Magellan doit arriver à sa proximité pour procéder à l'analyse de son atmosphère.

Les conjonctions serrées se poursuivront, cette fois, entre la Lune, Jupiter et Vénus dans le petit jour des 18 et 19 (*figure 5*). La troisième décade du mois permettra de repérer Mercury lors de son rapprochement avec la Lune, alors en mince croissant. Il aura lieu le 22 vers 21 heures légales, mais, attention, la Lune se couche vers

21 h 16 (*figure 6*).

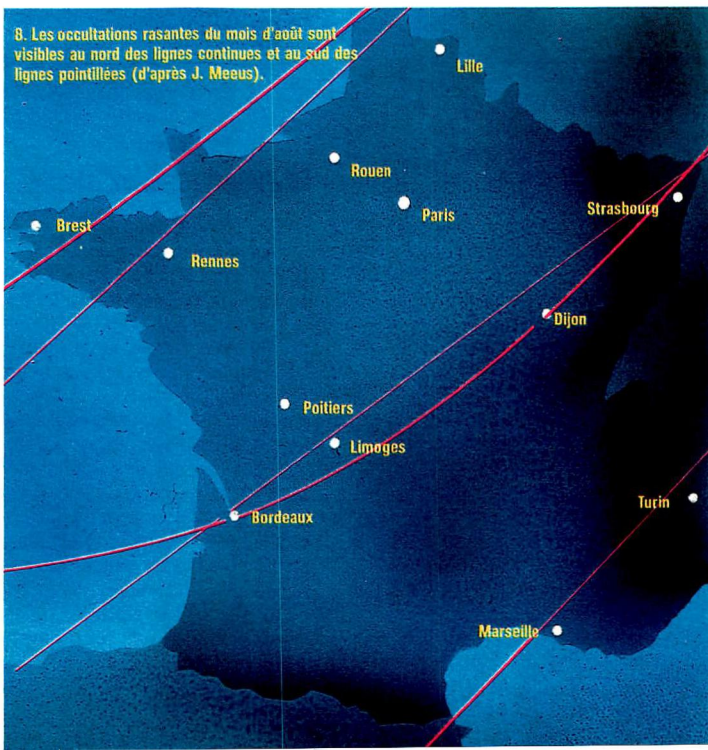
Enfin le 31, le mois se termine par une nouvelle conjonction Lune, Saturne, Uranus, Neptune, à observer vers minuit (*figure 7*).

Occultations rasantes. Un cercle d'occultations rasantes se produire en août entre le 12 et le 31. Rappelons qu'une occultation est le phénomène par lequel la Lune passe devant une étoile. Selon la phase de la Lune, la disparition de l'étoile s'effectue au bord sombre ou au bord éclairé. On dit qu'il y a occultation rasante lorsque l'étoile est située juste au bord du disque lunaire. Pour certains observateurs, l'étoile frôle littéralement la Lune, si bien qu'on peut la voir successivement apparaître et disparaître à travers les découpes des montagnes du bord lunaire.

Ces occultations rasantes ne sont pas visibles de partout. Comme pour une éclipse du Soleil, il y a une zone de visibilité. La carte indique pour chacun de ces phénomènes la limite de la zone de visibilité. En dehors de ces zones, il y a appulse, c'est-à-dire que l'étoile passe très près de la Lune sans toutefois disparaître (*figure 8*).

Yves Delaye ▲

Cartes mobiles de 32 à 410 F à la Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris.



LIVRES

Haroun Tazieff,
Max Derruau

Le Volcanisme et sa prévention

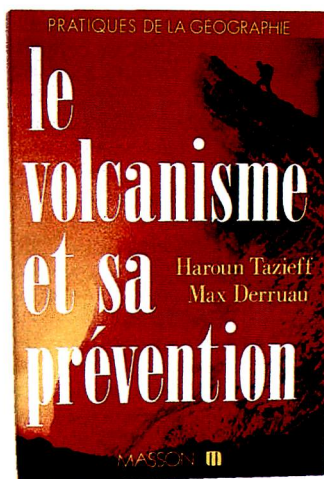
Masson, 256 p., 189 F.

Au fur et à mesure que la connaissance du volcanisme progresse, de nouvelles questions se posent et, paradoxalement, les idées fausses sur le phénomène se multiplient, sans doute, selon les auteurs, à cause de la médiatisation des événements volcaniques aujourd'hui largement couverts par le livre, la photo, le cinéma et, surtout, la télévision.

Ce nouvel ouvrage, qui se propose d'aider à découvrir et à comprendre le volcan en éruption et les reliefs qu'il engendre, est différent des livres publiés depuis quelques années sur le sujet. Écrit par deux spécialistes de disciplines différentes, un géographe, professeur à la faculté des Lettres et des Sciences humaines de Clermont-Ferrand (Max Derruau), et un volcanologue, directeur de recherche au CNRS (Haroun Tazieff), il présente des connaissances qui se complètent et des points de vue qui, parfois, divergent.

Dans une première partie, Derruau traite des constructions volcaniques et de leur devenir : la répartition des volcans ; les éruptifs et leurs constructions ; altération, érosion et déchaussement des volcans ; types de volcans complexes et de régions volcaniques. Dans la seconde partie, Tazieff explique « la montée du magma, les mécanismes de l'éruption, l'importance du diagnostic — à l'instar de ceux qu'élabore la médecine ». Il termine le livre avec quelques exemples d'éruptions pour lesquelles sont développées les conclusions portées, sur le terrain, par des équipes pluridisciplinaires qualifiées.

Si le style des auteurs est diffé-



rent, pédagogique chez M. Derruau, vif et incisif chez H. Tazieff, il est toujours précis et très accessible à un large public. Des schémas et de nombreuses photographies en noir et blanc et en couleurs illustrent directement les explications et les phénomènes décrits.

Roger Bellone

M. Kimura

La Théorie neutraliste de l'évolution

Flammarion, 412 p., 210 F.

La théorie de l'évolution est encore sur le tapis, mais s'enrichit ici des nouvelles hypothèses proposées par une "école neutraliste", dont le chef de file est le chercheur japonais M. Kimura.

En dehors de quelques courants "non évolutionnistes", mais qui ne s'appuient pas sur des arguments scientifiques (créationnisme, par exemple), le phénomène évolutif à l'échelle des temps géologiques n'est plus remis en cause. En revanche, les mécanismes qui en sont responsables restent l'objet de vastes débats et de recherches.

Le modèle darwinien, toujours prédominant dans la pensée scientifique actuelle, est fondée sur les effets de la sélection naturelle, qui revient à favoriser la survie et la descendance des individus les plus adaptés au milieu (exemple des chameaux dans le désert, des ours blancs dans le Grand Nord...). Il a certes été largement affiné depuis la parution en 1859 de *l'Origine des espèces* de Darwin, et en particulier avec les découvertes de Mendel qui ouvraient la voie à la génétique, donnant une forme concrète aux variations pressenties par Darwin (les gènes). Dès lors, en effet, les travaux s'orientèrent vers la transmission par les gènes des caractères des individus et des espèces, de génération en génération.

Mais les gènes subissent des modifications (ou mutations) et on observe alors dans une population des formes différentes de chaque gène (nommées allèles), c'est ce qu'on appelle le polymorphisme génétique. L'étude de leur distribution fait l'objet de la génétique des populations.

Comment se passe l'évolution au niveau des molécules (ADN, protéines), puisque ce sont elles qui sont responsables de tous nos caractères visibles et invisibles ? C'est sur ce point que les sélectionnistes (partisans de la théorie néodarwinienne) et les neutralistes s'affrontent. Pour les sélectionnistes, l'évolution des molécules est régie par les mêmes mécanismes que celle des structures visibles (morphologie, taille des membres, odorat, physiologie, fonctions...). Les mutations sur les gènes apparaissent par hasard et chaque gène mutant possède "une valeur" qui le rend avantageux ou désavantageux. Ils seraient donc ensuite triés par la sélection naturelle.

Pour la théorie neutraliste, la sélection naturelle au niveau des molécules n'aurait que peu d'influence sur le devenir des gènes mutants, qui sont considérés comme neutres ou équivalents. C'est le hasard qui a un rôle prédominant, et le devenir des mutations est largement déterminé par la dérive génétique aléatoire (tri aléatoire des gènes au moment de la reproduction, par exemple, une partie seulement des gènes de chaque parent est transmise à ses enfants), et

seule une minorité chanceuse parviendrait à se fixer. La discussion est fondamentale, car elle porte sur les mécanismes de base de l'évolution à travers les gènes, et ce à une époque où la biologie moléculaire fait tant de progrès.

La théorie neutraliste s'appuie sur deux disciplines, la biologie moléculaire et la génétique des populations, et propose des hypothèses très argumentées sur certains points essentiels. Kimura dit que l'évolution des structures visibles et celle des molécules ne suivent pas les mêmes lois. Il fait alors remarquer qu'en effet il existe un contraste important entre les taux d'évolution des formes visibles et le taux d'évolution des molécules (ADN ou protéines). L'évolution morphologique ou celle des fonctions est caractérisée par l'opportunisme et l'adaptation et présente des taux très variables. Ainsi, on retrouve des formes qui ont très peu changé depuis leur apparition dans un passé lointain, comme le crocodile, la lingule (mollusque) ou le coelacanthé, appelés fossiles vivants, vraisemblablement si bien adaptées que les formes ultérieures n'ont pu les remplacer. A l'opposé, probablement sous l'influence de l'environnement, la taille du cerveau de l'homme a, par exemple, subi des modifications très rapides.

Les études comparatives menées sur les taux d'évolution des protéines ont montré en revanche qu'ils sont à peu près constants selon les différents organismes pour une protéine donnée. Par exemple, le même taux d'évolution a été observé d'après l'étude de la myoglobine (protéine qui a pour fonction le stockage de l'oxygène dans les tissus) chez des mammifères aussi différents que l'homme, le blaireau et le cachalot. Cette observation s'accorde bien avec la théorie neutraliste qui prédit que les mutations s'accumulent avec le temps, indépendamment des facteurs de pression propres à l'organisme étudié.

Kimura soulève ensuite la question essentielle de l'origine du maintien du polymorphisme dans les populations naturelles. Il estime que le polymorphisme est une phase transitoire de l'évolution moléculaire, les allèles évoluant à long terme vers la fixation ou l'éli-

mination. Il ne nie pas totalement l'existence de la sélection, mais il en réduit le rôle; les mutations sont soit neutres, soit légèrement délétères; ainsi, elles sont maintenues par les effets du hasard, ou bien elles sont contre-sélectionnées. En effet, tous les gènes ne sont pas identiques face à l'évolution: il a été montré que les molécules soumises à de fortes pressions évolutives (déterminant des fonctions essentielles) sont moins variables que, par exemple, des gènes qui ne subissent pas de contraintes (les "pseudogènes", gènes "morts", qui sont homologues des gènes normaux mais qui ont perdu leur fonction, sont très variables).

La théorie neutraliste permet d'expliquer facilement que des formes inchangées telles que les fossiles vivants présentent un très fort polymorphisme génétique, ainsi que les espèces vivant dans des environnements très stables, comme le fond des mers, alors que la théorie sélectionniste prévoirait plutôt une homogénéisation.

Dans son livre clé, que nous sommes heureux de lire enfin en français, Kimura détaille sa théorie. Si son travail ne s'adresse pas aux néophytes, une grande partie du livre reste néanmoins accessible à ceux qui possèdent un minimum de connaissances en génétique et, en particulier, en génétique des populations. C'est un "monument", et toute étude sur l'évolution doit maintenant en tenir compte. Si elle a été très controversée à ses débuts (1968), la théorie neutraliste fait actuellement l'objet de nombreux tests sur des bases expérimentales. Certains points, sans doute, sont toujours très discutés, mais cela n'a rien d'infamant pour une théorie.

Anne Blanquer et Claudine Montgelard

**Piero Bianucci
La Lune :
recherche contemporaine,
traditions, prospective**

Bordas, album ill., 334 p., 225 F.

Le contenu scientifique est d'une excellente tenue, le style est celui du journalisme scientifique, non de la pédagogie austère. La lecture en est donc plaisante et facile. La première partie est intitulée "Du mythe

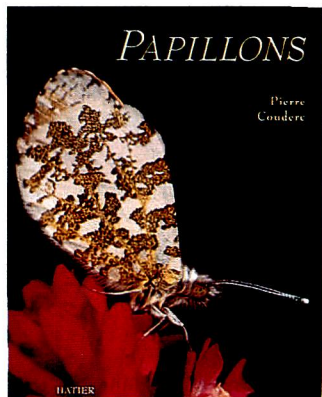
au débarquement des astronautes" et l'essentiel en est consacré aux programmes d'exploration spatiaux, qui culminèrent avec les missions Apollo. La deuxième et la troisième partie, "Aspects et mouvements de la Lune" et "La géologie lunaire", sont des condensés des connaissances actuelles sur la Lune; la quatrième partie, "Observons la Lune", est sans doute la plus originale, car elle guide pas à pas tout astronome amateur qui voudrait découvrir notre satellite; l'auteur indique même les types d'instruments utiles à cette observation. La cinquième et dernière partie est consacrée aux "Autres lunes". L'illustration est d'excellente qualité et l'impression à l'égal. C'est un ouvrage accessible à tous et recommandable en particulier à tous les jeunes piqués de curiosité scientifique.

Gerald Messadié

**Pierre Couderc
Papillons**

Hatier, 199 p., 275 F.

D'abord, un très beau livre de papillons photographiés avec talent. L'auteur avait d'ailleurs reçu l'an dernier le premier prix, catégorie nature, du Salon international d'art photographique de Paris. Ensuite, un document pédagogique extrêmement riche sur la biologie des papillons et un livre de technique photographique.



La soixantaine de papillons présentés sont tous originaires de nos campagnes. En six chapitres, tout est dit sur leurs conditions de vie: "L'observation des papillons, une école de la nature et de la vie"; "De

fascinants et beaux insectes à métamorphoses complètes"; "Après l'accouplement et la ponte naissent de spectaculaires chenilles"; "Des mystérieuses chrysalides apparaissent de mystérieux imagos"; "Mimétisme et survie des papillons dans la nature".

Quant aux amateurs de photos, ils trouveront non seulement les conditions exactes de prise de vue de chaque espèce présentée, mais aussi les conseils généraux sur la photo des papillons dans la nature ou en studio. En particulier, l'auteur montre parfaitement que ce ne sont pas les appareils reflex modernes électroniques qui sont le mieux adaptés, car ils ne sont utilisables que tous automatismes débrayés (mise au point, exposition et flash) afin de laisser place aux réglages manuels ou semi-automatiques et au savoir-faire du photographe.

Roger Bellone

Léon Chertok et Isabelle Stengers **Le Cœur et la raison**

Payot, 286 p., 140 F.

L'ouvrage est sous-titré "L'hypnose en question, de Lavoisier à Lacan". Il s'agit d'une exégèse doublée d'une glose de Freud, et d'autres psychanalystes jusqu'à Lacan essentiellement. Il n'y est pas beaucoup question d'hypnose, sinon pour suggérer qu'elle existe et assurer qu'elle n'est pas une possession diabolique.

G.M.

M. Lothaire

Mots

Hermès, 34 rue Eugène-Flachat,
75017 Paris, 400 p., 675 F.

Cet ouvrage est une singularité. D'abord, l'auteur n'existe pas; c'est un nom collectif, comme Bourbaki, réunissant, il nous semble, des mathématiciens, des logiciens et des linguistes qui s'estiment habitants d'une contrée imaginaire, la Lotharingie; ensuite il a été composé sur un Macintosh; puis il coûte cher; enfin, il est complètement hétéroclite. A côté d'un texte d'André Lichnerowicz sur les maths, que nous recommandons vivement (pour son portrait sarcastique de ce qu'est un mathématicien), il comporte des chapitres de propositions de hautes mathématiques

qui sont difficilement pénétrables, du moins au commun des mortels; nous désignerons comme sommet de l'abstrus le texte, en anglais, d'Imre Simon, *The nondeterministic complexity of a finite automaton*, qui eût déclenché la joie ou la fureur d'Alan Turing. Puis il y a un très bel exemple de ce que peut produire la méthode combinatoire (de Horton-Strahler) utilisée avec l'aide d'un ordinateur (un arbre fractal), et qui laisse d'autant plus rêveur qu'elle est utilisable en topologie et en hydrogéologie. Ajoutez, pour faire bonne mesure, un texte savoureux de Gilbert Gadofre sur "Erasme et le merdier gaulois", et vous obtenez une image approximative d'un des objets les plus aléatoires de l'édition contemporaine. Nous y avons trouvé une citation d'Erasme que nous ne connaissons pas; c'est son conseil à l'humaniste Andrelini d'éviter « de se laisser vieillir dans le merdier gaulois ». En latin, c'est plus savoureux: « *Quid ita te juvat hominem tam nasutum inter merdas gallicas consensescere.* »

G.M.

Mikkel Borch-Jacobsen

Lacan,

le maître absolu

Flammarion, 338 p., 120 F.

Spécimen (à propos du "discours intermédiaire", qui n'en est pas un, puisqu'il est vide): « C'est ce vide qu'il s'agit de révéler, nous le savons. Nous en sommes donc réduits à chercher la parole authentiquement révélatrice du côté d'une parole qui (ne) dirait rien — ni un objet ni un moi —, et qui ainsi dirait le sujet dans son abyssale vacuité. Et c'est bien là, en effet, ce que Lacan appelle la "parole pleine". Celle-ci, à la différence de la parole dite "vide", est pleine de rien. En particulier, elle ne communique aucun message, aucune information, aucun contenu de sens. Au contraire, elle (ne) communique rien. » Donc, la parole pleine est vide, et la vide est vide aussi. Quant à l'ensemble du livre, il est sans doute vide de plein ou plein de vide, nous n'avons pu en décider. Combien d'arbres a-t-on abattu pour imprimer ces considérations? Que fait Antoine Waechter?

G.M.

Vladimir Boukovski URSS : de l'utopie au désastre

Robert Laffont, 288 p., 98 F

Cinq ans après le début de la "perestroïka", l'ancien dissident Vladimir Boukovski parle. Sans illusion et sans faiblesse. Il s'était jusqu'ici imposé le silence pour prendre du recul par rapport aux vertigineux événements qui affectent l'URSS et les pays de l'est de l'Europe.

Son problème: comment faire comprendre la réalité complexe aux "experts" occidentaux qui, bien loin d'aider la Russie, ne font que contribuer à l'enliser encore plus par incompréhension ou par intérêt.

Pour lui, les choses sont claires: pas besoin de rechercher, comme le font les krenlinologues occidentaux, un quelconque déterminisme de l'homme et de l'histoire russes enlisés dans une barbarie séculaire. Fariboles!

Les vraies causes du drame dans lequel la Russie est plongée depuis plus de soixante-dix ans tiennent aux fantômes sanglants de Marx et de son disciple Lénine aujourd'hui perpétués par le Parti.

Le communisme est le responsable du drame dans lequel son pays est plongé et ne parvient pas à s'arracher, comme l'ont plus ou moins bien fait les pays de l'est de l'Europe.

Contrairement à ce que l'on pense en Occident, la "perestroïka" dont Mikhaïl Gorbatchev s'est fait le champion n'est, avec l'outil de la "glasnost", que le moyen de sauver la prééminence du Parti pour continuer à assurer le contrôle de l'empire. Mikhaïl Gorbatchev ne serait pas, selon Vladimir Boukovski, l'homme inspiré désireux d'instaurer la démocratie dans son pays, mais bien au contraire l'homme choisi par le Parti pour le sauver de l'impasse historique dans lequel il se trouve et où il a conduit l'URSS.

La "glasnost" préconisée par Mikhaïl Gorbatchev et dont on voit clairement les limites n'est qu'une illusion à destination de l'étranger pour se procurer les technologies, investissements avantageux et marchandises qui sauveront un régime par ailleurs totalement déconsidéré. Boukovski cite le poète

Evtouchenko qui voit dans la possibilité donnée à la masse immense des "sans parti" pour critiquer les bureaucrates le moyen ultime qu'a trouvé le Parti pour son effort de consolidation et de rénovation de son contrôle du pays.

Le drame, c'est que les "sans parti" n'ont pas encore conscience de leur force historique, sans quoi le régime actuel serait déjà totalement balayé. En fait, souligne Vladimir Boukovski, nous assistons aujourd'hui à une sorte de répétition générale (confirmée, selon lui, par la résurrection des nationalistes et les proclamations de souveraineté des peuples de l'Empire) d'une évolution formidable (pour ne pas dire "révolution"), un peu comme la révolution russe de 1905 a été la répétition générale de celle de 1917.

Seulement, dans la situation actuelle, l'ampleur de la répression sera beaucoup plus importante qu'en 1905. Le rapport des forces de répression soviétiques à la population a été multiplié par 8 depuis Nicolas II. Et la technologie de contrôle des masses a connu un saut qualitatif.

Assurément, estime Boukovski, il y aura un nouveau 1917. Mais, comme la classe dirigeante actuelle regroupe au sein du Parti, forte de ses 18 millions de membres pour une population de 287 millions d'âmes, n'a d'autre choix que de s'agripper au pouvoir, elle devra pour cela commettre de plus en plus de crimes.

Heureusement qu'elle est aidée et soutenue par l'Occident, qui trahit en cela les intérêts véritables des peuples de l'URSS : « Plus puissante est l'aide occidentale, moins les réformes soviétiques sont radicales... plus le régime est répressif. »

D'ailleurs, l'aveuglement de l'Occident est sans borne : ne se fait-il pas le champion de Mikhaïl Gorbatchev au moment même où celui-ci vient de renoncer à prétendre au monopole du parti unique dans son pays, ce qui vient d'être confirmé par le récent et dernier congrès du Parti. Ne vaudrait-il pas mieux que l'Occident joue en URSS une autre carte que de contribuer à prolonger l'agonie d'un système inefficace ? Qu'il accorde, par exemple, plus d'attention aux groupes dits "informels", qui sont

les embryons de restauration de la société civile.

Que l'on soit ou non d'accord avec la thèse de Vladimir Boukovski, il est certain que son ouvrage ne peut laisser indifférent et éclairera le lecteur sur l'extraordinaire complexité de cet événement majeur de la fin du XX^e siècle : l'effondrement de l'utopie communiste.

Jean-René Germain

Pierre Daco Psychologie et liberté intérieure

Marabout, 337 p., 37 F.

Le titre est discutable ; l'ouvrage, qui vaut mieux, expose en termes clairs des données utiles sur les fantasmes, le refoulement de la personnalité, la dépression, la psychanalyse.

L'auteur définit la psychanalyse comme "subversion positive", ce qui est original. En réalité, ce livre est plus coloré de psychanalyse au sens vague de ce mot que de psychologie au sens ordinaire de ce mot ; c'est ce qui explique son côté littéraire. G.M.

J.-P. Mohen

Métallurgie préhistorique

Masson, 230 p., 189 F.

C'est un ouvrage spécialisé, d'introduction à la paléométallurgie, qui devrait passionner tous ceux qui s'intéressent à la fois à l'archéologie et à la naissance de la métallurgie : construction des fours, réalisation des moules et des creusets, techniques d'assemblage, de soudure, de finition, outils, alliages, etc.

On apprend par exemple que le plomb apparut au Proche- et au Moyen-Orient à la fin du IV^e millénaire, ainsi que l'argent, alors qu'on ne connaît pas dans ces régions de mines d'argent. Une critique : l'excessive maigreur des données sur les bronzes d'Asie, et notamment du Siam, qui méritaient pourtant l'intérêt, et une certaine désinvolture à l'égard de points énigmatiques. P. 162, par exemple, l'auteur écrit que les Mochica doreraient le métal à la feuille d'or fine à l'aide de réactions électrochimiques ; comment les déclencheraient-ils ? Un regret : la pauvreté des illustrations. G.M.

Dominique Cardon Guide des teintures naturelles

Delachaux & Niestlé, 400 p., 214 F.

Nous signalions dans notre numéro 873, du même auteur, les *Vers du rouge, Traité des teintures rouges d'origine animale*. L'ouvrage que voici concerne les teintures d'origine végétale. Et en particulier du rouge qu'il y a donc dans le vert.

C'est un guide, riche en anecdotes, en formules chimiques et en références bibliographiques précieuses. On passe sans perte d'intérêt des plantes à flavonoïdes, qui donnent des jaunes éclatants, aux plantes à tanins, qui fournissent les beiges, les gris, les bruns et les noirs.

Les lichens et les champignons occupent un chapitre ; on y apprend que la symbiose champignon-algue au sein du lichen déclenche la formation d'une substance qu'on ne trouve nulle part ailleurs et qui donne des rouges pourpres célèbres : les orseilles, et la teinture de tournesol. Mais la carthame des teinturiers, l'arbre à Campêche, le divi-divi, le lichen à nombril, le rocher épineux méritent aussi le détour.

L'intérêt pour les plantes tinctoriales s'est essouffé avec la découverte des teintures chimiques à base d'aniline, au XIX^e siècle ; la "guerre de l'indigo", qui sévit au Bengale au XIX^e siècle, est bien terminée. Seuls des artisans et des amateurs s'intéressent encore aux pigments végétaux.

La teinture, Dominique Cardon l'explique fort bien, est plus un art qu'une science exacte. Elle exige une bonne préparation des fibres, puis une connaissance approfondie du mordantage, le mordant étant la substance dont on imprègne les étoffes pour leur faire fixer la teinture qui transforme la matière colorante en laque insoluble. Et il faut savoir quel mordant préférer dans tel ou tel cas, alun, tartre, étain, cuivre, fer, chrome (ou, comme dans l'Antiquité, l'urine fermentée).

Un livre à joindre au premier pour les amateurs instruits.

Louis Delplanque ▲

ECHOS DE LA VIE PRATIQUE



PHOTO

Un 24 x 36 à flash circulaire

Dernier-né de Canon, l'Epoca est un appareil compact 24 x 36 d'esthétique très futuriste. Une seule main suffit pour le tenir et toutes les commandes sont groupées sur le dessus de la poignée. Le zoom de forte amplitude, 1 : 2,8-6,6 de 35-105 mm, est à mise au point automatique et à variation de focale motorisée. Le viseur normal se double d'un viseur d'angle (permettant de photographier sans être face au sujet), le premier comporte un correcteur de -2 à 0 dioptrie,

bien pratique pour les porteurs de lunettes. Logé à l'intérieur du bouchon d'objectif, le flash est entouré d'un réflecteur circulaire de bonne dimension, ce qui devrait fournir une lumière moins dure que sur les compacts actuels dotés de flashes miniatures. De plus, pour éviter que les personnages aient les yeux rouges sur les photos, une petite lumière s'allume afin que les pupilles du sujet puissent se fermer avant la prise de vue. Prix : 2 700 F environ.

VIDEO

Un caméscope VHS de 750 grammes

Bien qu'un peu plus grosse qu'une cassette vidéo 8 mm, la cassette VHS.C n'empêche pas la réalisation de caméscopes très compacts. JVC en fait la démonstration en lançant ce mois-ci, au Japon, le



GR-LT5 Vi-deomovie, caméscope de 750 g seulement. Il est doté d'un zoom assurant une variation 6 fois la focale de base, de la mise au point et de l'exposition automatiques.

VIDEO

Un mini-téléviseur à scanner

La firme Epson, spécialisée notamment dans la production de téléviseurs de poche avec écrans à cristaux liquides, vient de lancer un modèle SECAM, l'ET-S300, pesant environ 400 g. Son écran de 8 cm de diagonale est constitué de 121 108 cellules. Ce poste est équipé d'une recherche automatique des chaînes par scanner, ce qui évite des réglages périodiques et offre une grande stabilité d'image. Il fonctionne sur piles ou secteur, s'adapte sur un allume-cigare, se connecte à un magnétoscope ou à un caméscope et peut être équipé d'enceintes. Prix : environ 2 900 F.



Réception ondes courtes sur un autoradio

Jusqu'à présent, les autoradios ne captaient, au maximum, que les grandes ondes (GO), les petites ondes (PO) et la modulation de fréquence (MF). Philips propose aujourd'hui le DC 777, recevant également une large gamme d'ondes courtes (OC) réparties sur 10 bandes étalées. Cet autoradio capte les fréquences de 3 170 kHz à 21 910 kHz, soit de la bande des 13 mètres à celle des 94 mètres.

Lorsque le véhicule sera à l'arrêt, la réception des ondes courtes ne posera sans doute pas plus de problèmes qu'avec un poste classique. En revanche, il n'en sera pas de même en déplacement, avec une antenne pour automobile conçue pour la MF. En effet, les ondes courtes se réfléchissant sur l'ionosphère, elles peuvent faire le tour de la Terre, ce qui permet de recevoir des stations du monde entier ; mais, comme la composition et l'altitude de cette couche varient au cours de l'année, voire entre le jour et la nuit, les stations diffusant en OC changent de fréquences au rythme des saisons et n'émettent pas en permanence au cours de la journée. Pour remédier, un peu, aux conséquences de ces variations, le DC 777 possède une horloge de programmation pour trois stations en OC et l'on peut mémoriser jusqu'à 20 émetteurs sur ces fréquences. Prix : 4 000 F.

Les premiers groupes mondiaux de l'électronique grand public, Matsushita (par le biais de JVC) et Philips, ont créé une société commune, Philips-JVC Vidéo Manufacturing Malaysia SDN, qui sera mise en place fin 1990. Son siège est en Malaisie où elle construira une usine de magnétoscopes VHS dont la production commencera en février 1991. Au début, la capacité sera de 700 000 appareils par an. Les ventes se feront d'abord aux Etats-Unis, puis seront étendues à l'Amérique du Sud.



VIDEO

Des caméscopes ultra-miniaturisés

Le recours à des circuits miniaturisés et, en particulier, à un nouvel analyseur d'images à transfert de charges (DTC) d'environ 8 mm de côté a permis à Sony de créer des caméscopes de poche, CCD TR-45 et TR-75, aux performances élevées. Le premier pèse 690 g et mesure environ 11 × 10 × 16 mm. Le second, plus long de 2 cm, pèse 780 g. Tous deux reçoivent les cassettes 8 mm donnant jusqu'à 2 h 15 de programme. Le TR-45 procure une image de 250 000 points de définition avec un analyseur DTC de 270 000 cellules. Le TR-75 sépare 380 000 points avec un analyseur de 410 000 cellules. Leurs objectifs sont des zooms

automatiques ouverts à 1 : 2, respectivement de 7-42 mm et de 8,5-68 mm de focale. Les deux caméscopes sont dotés d'un nouveau système audio donnant un son stéréophonique de haute-fidélité en FM.

Le modèle TR-75 comporte quelques perfectionnements supplémentaires par rapport au TR-45 : zoom de type "macro", fondus automatiques pour l'image et le son, possibilité de substituer un enregistrement à un autre situé entre deux scènes. Ces caméscopes, actuellement lancés au Japon, seront disponibles en Europe en plusieurs couleurs.

AUDIO

Un lecteur laser de 17 kg

Champion de la miniaturisation, Sony sait aussi construire lourd lorsqu'il s'agit de réaliser un appareil de prestige aux caractéristiques musicales exceptionnelles. Tel est le cas du lecteur de disque compact CD-X 77 ES. Mesurant 47 × 13 × 37,5 cm, il pèse 17 kg et possède un châssis antivibrations grâce à un placage de cuivre et des joues latérales en bois massif. Les composants électroniques sont tous sélectionnés, les contacts sont plaqués or, le convertisseur numérique/analogique traite l'ensemble des informations du signal (technique dite ES 1 bit pulse) et chaque appareil fait l'objet d'un

double contrôle : électronique et par écoute effectuée par des mélomanes. Moyennant quoi ce lecteur est donné avec des caractéristi-



ques exceptionnelles : bande passante de 2 à 20 000 Hz à $\pm 0,3$ dB, distorsion harmonique de moins de 0,0015 %, rapport signal/bruit de 117 dB, dynamique de 100 dB et séparation des canaux de 110 dB. Prix 15 000 F.

AUDIO

Le premier magnétophone à changeur six cassettes

Avec son modèle CT M6R, Pioneer propose un magnétocassette



équipé d'un changeur de six cassettes pouvant ainsi assurer jusqu'à 9 heures de programme musical ininterrompu (en enregistrement et en lecture). L'appareil reçoit tous les types de bande (normal, chrome et métal) et est doté des trois systèmes Dolby atténuateurs des bruits de fond (B, C et HX-Pro). En fin de chaque cassette, le changement de sens de défilement est automatique. La bande passante du Pioneer CT M6R atteint 20-19 000 Hz à -20 dB avec la cassette métal. Poids : 7,2 kg. Prix : 3 470 F.

PHOTO

Presseur céramique dans un 24 x 36 reflex

Kyocera propose aux professionnels le Contax RTS III, 24 x 36 électronique recevant une gamme d'objectifs allemands Carl Zeiss. Au premier abord, ce reflex n'est pas différent des appareils concurrents : il possède un moteur intégré, trois modes d'exposition (automatique avec priorité à la vitesse ou au diaphragme et semi-automatique), un obturateur dont les vitesses s'échelonnent de 32 s à 1/8 000 s, une synchronisation au flash jusqu'à 1/250 s, une mesure de l'éclair de ce flash sur le film, des verres de visée interchangeables, etc.

En revanche, lorsqu'on ouvre le dos de l'appareil, on découvre un dispositif de positionnement de la surface sensible totalement nouveau sur un 24 x 36, doté d'une plaque presse-film en céramique sillonnée par trois fentes. Celles-ci permettent le passage de l'air d'un système d'aspiration destiné à plaquer la pellicule contre le presseur. En effet, à cause de leur support plastique, les films ont toujours tendance à s'incurver et, si l'on en croit les ingénieurs de Kyocera, les presse-film métalliques des appa-



reils actuels ne permettraient pas d'obtenir une planéité parfaite. Dans le Contax RTS III, le système d'aspiration, opérant à toutes les vitesses d'obturation (sauf la pose B) et d'entraînement du film (jusqu'à 5 images par seconde), immobilise la surface sensible contre le presseur juste avant l'ouverture du rideau de l'obturateur et la relâche à sa fermeture.

Autre innovation sur cet appareil : une fonction flashmètre. En déclenchant manuellement le flash avant la prise de vue, un afficheur indique dans le viseur la correction de diaphragme à effectuer pour obtenir une exposition correcte. Le Contax RTS III sera disponible début octobre et son prix n'est pas encore fixé.

VIDEO

Un caméscope anti-bougé

En lançant, elle aussi (voir p. 138), un caméscope VHS-C de 750 g, la firme japonaise Panasonic a pris conscience que la légèreté de l'appareil n'était pas sans inconvénient, car elle favorisait des prises de vues instables, donnant des images dansant sur l'écran. Aussi a-t-elle doté le caméscope d'un dispositif anti-bougé électronique.

L'image qui se forme sur le capteur DTC est divisée en 30 zones et stockée dans une mémoire de trame. Ensuite, un microprocesseur analyse numériquement, pour chacune de ces zones, les vecteurs de déplacement des images. Si le sens de ces déplacements est identique dans presque toutes les zones, il s'agit d'un mouvement voulu (travelling, panoramique, etc.) : l'enregistrement se fait normalement. En revanche, si les vecteurs de déplacement divergent, il s'agit d'un bougé. Pour y remédier, le dispositif ne retiendra et ne transmettra à la bande magnétique que les images où les vecteurs de déplacement sont identiques en se limitant toutefois à 80 % environ de la surface de cette image, celle-ci étant alors agrandie pour remplir totalement le format. Selon les techniciens de Panasonic, ce système réduit de 15 % les effets de bougé, mais fait perdre un peu de définition.

Par ailleurs, la mémoire de trame permet de stocker une image fixe, puis de l'enregistrer durant cinq secondes sur la bande magnétique pour un arrêt sur image.

Tout comme les appareils photo magnétiques, il pourrait aussi s'utiliser pour des images fixes. Disponible au début du mois d'octobre, le NV-S1 coûtera 10 000 F environ.



Kits de réception tous satellites

La firme General Electronic (10/12 rue Ivan-Tourgueniev, 78380 Bougival) vient de mettre sur le marché un ensemble de réception de télévision par satellite permettant de capter 33 chaînes, dont les programmes en D2-MAC Paquet de TDF-1 et TV-SAT. Il s'agit d'équipements au montage facile par déploiement d'éléments articulés. Deux antennes de 75 cm non motorisées permettent une réception après leur orientation définitive. La première antenne doit être pointée vers TDF-1, TV-SAT 2 et Olympus, la seconde vers Astra. Le téléspectateur passe alors d'un satellite à



AUDIO

La plus petite chaîne du monde

Yamaha détenait déjà un record de miniaturisation avec l'ampli-tuner YST-9 (Science & Vie n° 870). Elle y a ajouté un lecteur de disque compact de 360 g et deux enceintes ultra-plates de 750 g l'une, accrochables à un mur, pour créer la chaîne CDX-P7. L'ensemble devient le plus petit système audiophile entièrement télécommandé. L'amplificateur 2 x 6 W est adapté au traitement des basses fréquences. Le tuner possède 18 stations présélectionnées et un système d'accord à boucle de verrouillage de phase et synthèse des fréquences. Le lecteur de disque compact fonctionne sur pile ou avec une batterie rechargeable et peut être connecté sur une chaîne haute-fidélité grâce à un adaptateur secteur. Il bénéficie d'une grande souplesse d'utilisation grâce aux fonctions : lecture aléatoire, programmation de 18 plages, répétiteur, télécommande à fil sur le casque. Prix : 5 500 F.



l'autre par simple pression sur une télécommande.

Trois versions de cet équipement sont proposées :

- Un ensemble comportant seulement l'antenne Astra (utilisable aussi pour Telecom 1C) et un démodulateur satellite (prix : 3 490 F).
- Un ensemble comportant les deux antennes et un démodulateur (prix : 5 950 F). Il permet de capter les émissions PAL, SECAM et D2-MAC Paquet transitant par les satellites Astra 1A, Télécom 1C, TDF-1, TV-SAT 2 et Olympus.
- Un ensemble comportant les deux antennes de 75 cm et un téléviseur 63 GE, PAL/SECAM avec système D2-MAC intégré et tube Planar de 63 cm de diamètre (prix : 9 950 F).

VIDEO

Le S-VHS en SECAM

Avec le camescope Vidéomovie GR-S90S, la firme japonaise JVC lance le premier modèle Super VHS, compatible avec tous les magnétoscopes SECAM vendus en France. Aucun appareil de conversion n'est donc nécessaire, ce qui évite les pertes de qualité d'image. Par ailleurs, ce camescope dispose d'un transformateur spécifique qui, selon le constructeur, empêche de capter la plupart des parasites produits par le moteur et le tambour de tête. Le capteur à transfert de charge analyse l'image en 420 000 points. Très sensible, il permet de

filmer dès 10 lux. Le zoom 8,5 à 68 mm est doté d'une position macro. L'enregistrement audio se fait en haute-fidélité par têtes tournantes. Prix : 15 000 F.





1
UNE ORCHIDÉE IN VITRO
70 F, avec le nécessaire de culture, à l'AFPCO, M. Diguët, 6 allée des Bouvreuils, 93700 Drancy



4
LE TGV-ATLANTIQUE À VOS PIEDS
830 F le coffret chez Virus Champs-Élysées, 84 av. des Champs-Élysées, 75008 Paris

LES OBJETS DU MOIS

3
UN THERMOMÈTRE QUI A DE LA MÉMOIRE
315 F à la Maison de l'astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris



1 En flacon dans son milieu nourricier, une orchidée exotique provenant de semis vous est proposée pour vous initier à sa culture. Au fur et à mesure de sa croissance, qui peut durer quelques années jusqu'à la floraison, il faudra la sortir du flacon puis, périodiquement, la rempoter. Les soins sont peu importants et simples (choix du coin d'appartement ayant une température et une lumière suffisantes, dosage des arrosages...), mais ils devront être suivis régulièrement. Chaque plantule en flacon, obtenue par semis *in vitro*, est adressée par poste avec les conseils de culture et un nécessaire de repotage. Possibilité d'obtenir ultérieurement d'autres conseils ou une aide gratuite par adhésion à l'AFPCO (Association française pour la culture et la protection des orchidées).

Fahrenheit. La prise de température extérieure se fait par une sonde à tête "thermosensitive" reliée au cadran par un petit fil. La sonde pour la température intérieure est intégrée au boîtier. Une fonction "mémoire" offre la possibilité de connaître avec précision les températures extrêmes enregistrées. Cette mémoire surveillera, par exemple, votre congélateur pendant les vacances, en vous informant des éventuelles coupures de courant ayant pu provoquer une décongélation intempestive.

2
IL ROULE VOS CLUBS
5 900 F chez Tunmer, 5 place St-Augustin, 75008 Paris

2 Avec Talisman est né le premier caddie de golf électrique. Léger (13,2 kg) et démontable, il se range facilement dans le coffre d'une voiture. Composé de 3 pièces, il se monte par emboîtement (1,09 x 68 x 93 cm). Son moteur électrique de 180 W avec boîte de vitesses incorporée fonctionne sur une batterie de 12 V qui assure une autonomie supérieure à un parcours de 18 trous. Une seule touche de commande sur la poignée permet de régler la vitesse du caddie sur celle du marcheur. Un voyant lumineux indique l'état de la batterie.

4 300 km/h, c'est la performance du TGV conçu par la société Jouef à l'échelle 1/87^e. Pour réaliser ce jouet prestigieux, il a fallu modifier certains composants classiques des trains électriques. Le châssis, pièce porteuse, est en zamac, alliage métallique que l'on peut mouler comme du plastique. Un volant d'inertie en laiton situé sur l'axe du moteur permet au train de ralentir en douceur, à l'égal du vrai, malgré sa vitesse de pointe. Enfin il dispose de quatre essieux moteurs grâce à une transmission par double cardan, inhabituelle sur les modèles réduits. Toutes les pièces reproduisent fidèlement le TGV blanc, y compris les pantographes et l'éclairage avant et arrière, assuré par des diodes électro-luminescentes jaunes ou rouges, selon la direction de la machine.



3 Sous le nom de "Thermomètre à sonde", la Maison de l'astronomie propose un modèle affichant en même temps la température en deux endroits différents, par exemple à l'intérieur (de -5 à +50°C) et à l'extérieur (de -40 à +50°C) d'un appartement. Ces températures, mesurées au 10^e de degré près, peuvent aussi être obtenues en degrés

5 Cet émetteur-récepteur radio, le Strabo, capte les programmes CB, mais peut aussi communiquer avec un deuxième poste du même type. Doté de 80 canaux (40 AM, 40 FM), il balaye toute la bande CB — de 26,960 à 27,410 MHz. Sa fonction émetteur-récepteur, sur les longueurs d'ondes comprises entre 26,695 et 27,407 MHz, permet aussi l'accès aux réseaux d'entraide des automobilistes (canaux 9, 19, 27, etc.). Sa portée de 6 km en AM (4 km en FM) en fait un instrument puissant. Le Strabo est agrémenté d'un voyant de contrôle des piles, d'un signal d'appel et d'un réducteur de bruit. Il est homologué par France Télécom.



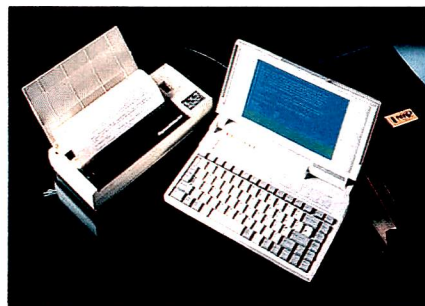
5

LA RADIO DES AUTOMOBILISTES

1 495 F, au Catalogue
de l'homme moderne,
Chemin du Marais,
BP 7,
94375 Sucy-en-Brie Cedex

6 Le dernier des microordinateurs portables de Toshiba, le T 1000 XE, comporte un disque dur de 20 Mo, pèse 2,7 kg et tient malgré tout dans une serviette (25 x 31 x 4,5 cm). Doté d'un microprocesseur 80 C 86 classique, il renferme également une horloge-calendrier temps réel sauvegardée par la batterie. Sa mémoire vive (RAM) est de 1 Mo extensible à 3 Mo. Il est équipé d'un écran à cristaux liquides (résolution de 640 x 400 points) orientable et réglable en contraste et en luminosité. Enfin, le clavier inclut un bloc numérique et 12 touches de fonction. Le T 1000 XE fonctionne sous MS-DOS et est compatible avec une imprimante ou un lecteur externe de disquettes. Il est alimenté sur secteur ou sur batterie rechargeable garantissant environ trois heures d'autonomie.

7 Le géant de l'horlogerie japonaise, Seiko, vient de présenter le Scubamaster, montre-ordinateur pour la plongée sous-marine. Deux modèles déjà présentés dans *Science & Vie* (n° 862, juillet 1989) offraient des performances comparables, mais le Scubamaster propose en outre un tableau de récapitulation des données. Il se déclenche au contact de l'eau et enregistre toutes les informations relatives à la plongée : profondeur, durée, temps de décompression, alarme sonore, vitesse de remontée et paliers, altitude, date et heure. La fonction tableau de plongées utilise 17 combinaisons différentes de profondeurs et de durées de décompression, fondées sur les normes de la marine américaine et préprogrammées dans l'instrument. En fonction de ces données et des exercices déjà effectués, l'utilisateur détermine donc à quelle profondeur il peut encore plonger, pour combien de temps et avec quel rythme de décompression. La mémoire de cette montre enregistre les données de 30 plongées.



6

PUISSANT ET PORTABLE

17 990 F chez
les revendeurs Toshiba

7

UN ORDINATEUR DE PLONGÉE

au Japon seulement
pour l'instant





8

**PREMIÈRE VISIONNEUSE
CD-ROM**

Disponible seulement
au Japon
pour l'instant



9

UN TÉLÉPHONE AUTOCOLLANT

11 500 F
chez Technique Sécurité,
72 rue Pouchet,
75017 Paris

10

ÉCRIVEZ SUR SON ÉCRAN

25 000 F
chez les revendeurs Victor
et dans les magasins
spécialisés

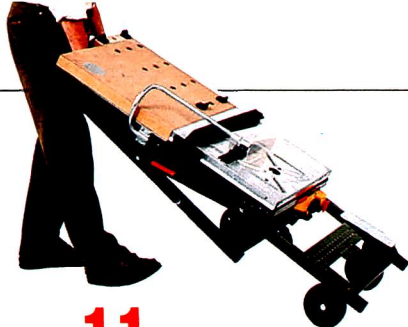


LES OBJETS DU MOIS

8 Pour la première fois, un constructeur, Panasonic (groupe Matsushita), a créé une visionneuse portable et compacte (environ 50 cm de large dont la moitié pour l'écran à cristaux liquides) permettant la lecture des CD-ROM (disques compacts informatiques pour l'édition de données ou de documentation). Un clavier permet la recherche des documents et l'affichage de données sur l'écran. L'appareil (Panasonic KD-M 101) devrait faciliter l'utilisation individuelle du CD-ROM, y compris en voyage.

9 La version portable du téléphone de voiture se révèle pratique et astucieuse puisqu'elle permet de parer à tout risque de vol (il suffit de l'emporter avec soi), mais elle présente du même coup le risque de transformer l'appareil en projectile au moment d'un freinage brusque. Pour pallier cet inconvénient, la société Technique Sécurité propose un modèle, le Barphone, vendu en kit, qui se fixe par adhésif dans l'habitacle du véhicule. Compact et léger (il ne pèse que 1,7 kg) il peut mémoriser jusqu'à 99 numéros et se branche sur l'allume-cigare. Pour son utilisation hors véhicule, l'appareil se transforme en portable grâce à une batterie autonome.

10 La société Victor introduit le Gridpad, premier mini-ordinateur (23,5 × 31,4 × 3,6 cm, 2 kg) reconnaissant l'alphabet manuscrit. L'utilisateur écrit en majuscules, directement sur l'écran à cristaux liquides, avec le crayon électronique. Un convertisseur analogique numérique et un logiciel de reconnaissance de caractères permettent l'affichage immédiat du texte. De plus, le Gridpad peut enregistrer des dessins ou des plans. Il est compatible PC sous MS-DOS 3.3. Doté d'un processeur 80 C 86 à 10 MHz et d'une mémoire vive de 1 Mo, ainsi que de cartes amovibles équivalentes à 1 Mo, sa mémoire ROM (Read Only Memory) est de 512 Ko. En option, ce bloc-notes électronique



11

UN ÉTABLI PLIABLE
995 F dans les magasins
de bricolage

accepte modem, clavier, disque dur 20 Mo et lecteur de disquettes. Sur batterie, son autonomie est de huit à dix heures.

11

Le Pionier de Wolfcraft est un établi bien peu encombrant une fois plié (1,35 × 0,50 × 0,25 m). Mais malgré ses faibles dimensions, il offre tout de même de nombreuses possibilités telles que fraisage, sciage, rabotage, etc. Le Pionier regroupe en fait deux établis : un plateau métallique pivotant (40 × 50 cm) avec butée parallèle et capot protecteur, pour le sciage et le fraisage ; un plateau en bois massif épais de 40 mm, résistant aux chocs, équipé d'un étau avec enclume (diamètre 80 mm) et aménagé pour le placement de mâchoires de serrage (jusqu'à 55 cm). Le Pionier dispose d'un mécanisme pliant avec roues de transport, d'une plaque d'appui au sol et d'une étagère de rangement. Il convient à la plupart des machines électro-portatives.

12

Pour réduire ou agrandir des formes géométriques au millimètre près, un industriel britannique a réalisé Rollertec, un double décimètre à fonctions multiples. Il est composé d'une règle munie d'une échelle de réduction, avec perforations pour insérer une pointe de crayon, et d'un tube contenant une spirale graduée à roulettes. L'échelle de réduction est destinée à tracer des figures géométriques de taille variable. La spirale, en déplaçant la règle sur la feuille ou par simple pivotement, permet de prendre des repères sur des courbes ou des lignes droites et s'utilise alors comme équerre, compas et té, pour tracer des lignes parallèles, des angles, des cercles ou des ovales. Disponible en deux tailles vendues ensembles.

13

Le télécopieur individuel est né. Parmi les premiers modèles, le Radiofax conçu par Radiotel peut aussi servir de téléphone à part entière. Mesurant 30 × 24 × 8,5 cm et



13

UN TÉLÉCOPIEUR PORTABLE

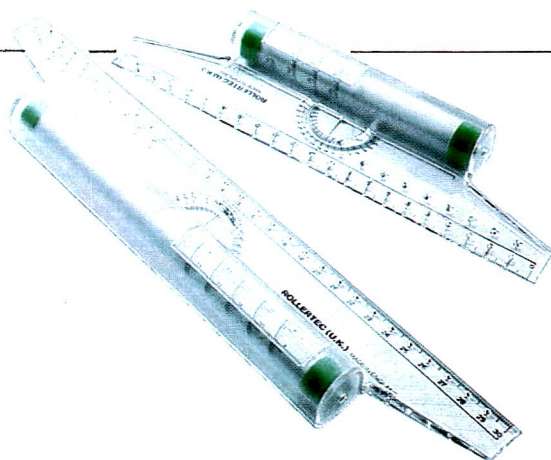
16 500 F environ,
dans les centres Radiotel
et 4 boulevard Saint-Martin,
75010 Paris

pesant moins de 5 kg, ce télécopieur transmet un document au format 21 x 29,5 cm en 25 secondes. Il est doté d'un écran de 32 caractères qui affiche le numéro appelé et informe sur la transmission en cours. Sa mise en route est extrêmement simple, une fiche secteur et une prise téléphone permettent de l'employer immédiatement. De plus, il peut être connecté à un radiotéléphone. Dans ce cas, il sera directement alimenté en 12 volts et sera parfaitement utilisable dans une voiture. Il est agréé France Télécom.

14 Semblable à un vélo sans roues dont le guidon a été remplacé par un système de rames, tel est le DP-Argometer 14-3800. En fait, c'est un appareil de mise en forme physique permettant de faire travailler en même temps les jambes et les bras en pédalant et en ramant. Utilisable en appartement, où il occupe environ 1 m² au sol, cet appareil est équipé d'un tableau de bord numérique pour vérifier la durée d'un exercice, la cadence, la distance fictive parcourue et la vitesse. Pour l'information cardiovasculaire, on surveille aussi la fréquence des pulsations et la dépense des calories.

Aspirateur et machine à laver à capteurs. Le Canister 7 de Matsushita distingue les impuretés, poussières, peluches, poils, etc. Il adapte alors automatiquement sa puissance à l'état du sol. Le contrôle de ces opérations est géré par un microordinateur incorporé. Quant à la machine à laver, également de Matsushita, elle sélectionne parmi 600 programmes un type de lavage en fonction de l'état des vêtements, de leur poids et du type de détergent utilisé.

Les textes des Echos de la vie pratique ont été réalisés par Roger Bellone, Pierre Courbier, Lionel Dersot, Laurent Douek, Habib Eljari et Christine Mercier.



12

UNE RÈGLE QUI ROULE

100 F au rayon outillage
du BHV, rue de Rivoli,
75004 Paris



14

UN VÉLO À RAMES
4 900 F chez Tuner,
5 place St-Augustin,
75008 Paris

HISTOIRE TRISTE DE MONTCHANIN

(suite de la page 98)

res, en Charente, aujourd'hui fermée.

Puis, Roussel-Uclaf, Elf, Peugeot, Aerospatiale, Blancomme, Pennaroya, Black et Decker, SIRA, Alsthom, Fiat, les Avions Marcel-Dassault, Renault, Vallourec, Atochem, Finorga ont alimenté Montchanin. Jusqu'à Olida, qui y déposa des tonnes de résidus de graisses, l'institut Mérieux, qui y mit, en 1987, des chargements entiers de boues issues de l'extraction de protéines du sang, Givaudan Suisse, qui y entreposa les boues de sa station d'épuration. Car c'est une des caractéristiques des décharges que de recevoir des déchets de déchets !

Ciba-Geigy mérite une mention particulière pour sa fidélité à Montchanin, du début jusqu'à la fin. A tel point que lorsque le directeur technique de la décharge, M. Di Placido, quitta son poste en 1986, juste avant que l'exploitation s'intensifiât, il fut remplacé par un cadre de Ciba-Geigy, M. May. Les déchets affluaient de l'usine d'Aigues-Vives, mais aussi de Bâle, en Suisse, et de Grenzach, en RFA. Il s'agissait, d'après les bordereaux, de scories, de mâchefers, de boues et de cendres d'incinération. A défaut des 41 fûts, peut-être avons-nous à Montchanin récupéré leurs cendres ? C'est, en effet, dans l'incinérateur de Ciba-Geigy, à Bâle, que la dioxine de Seveso a été détruite en 1985.

Et comment détailler les chargements de ces norias de camions qui arrivaient directement de Suisse et surtout d'Allemagne, par le biais de collecteurs de déchets ? Deux d'entre eux, connus dans le Bade-Wurtemberg notamment, semblaient particulièrement actifs ; il s'agissait de Franz Seifermann, à Rheinau, et de l'entreprise MGW (Mittelbadische Sonderabfall Entsorgungs), à Rastatt. Dès 1983, ils "approvisionnaient" régulièrement Montchanin. D'abord modestes, leurs livraisons devinrent principales. Pour preuve : en 1987, Montchanin reçut 84 400 t de déchets étrangers, dont 75 900 t en provenance du Bade-Wurtemberg. Rien d'illégal à cela, tout juste un peu de désinvolture. Mais pourquoi les industriels de la région Rhône-Alpes ne disposent-ils, eux, d'aucune décharge ? Et pourquoi ceux du Bade-Wurtemberg, qui sont dans le même cas, viennent-ils "se soulager" en France ? Et pas seulement à Montchanin ! Il est vrai que même à 300 F la tonne nous sommes beaucoup moins chers.

Ces déchets étrangers contenaient essentiellement, disent les bordereaux, des boues pelletables, contenant notamment des déchets organiques. Les déchets de peinture entrent dans cette catégorie, avec les solvants qu'ils contiennent. Relevons au passage la finesse exquise des règlements, qui interdisent l'entrée en décharge de solvants, mais permettent celle de boues riches en solvants. L'astuce

consiste, on l'aura compris, à mélanger les solvants encombrants avec n'importe quel autre déchet pâteux ! Que recouvre par ailleurs l'appellation "matériaux souillés" ou mieux encore "chiffons souillés" ? C'est par dizaines de milliers de tonnes que Seifermann en exporte. Bien que l'industrie en utilise énormément, le point mérite d'être éclairci.

Les inspecteurs de la Direction régionale de l'industrie et de la recherche, chargés du contrôle de toutes ces expéditions, sont bien obligés de reconnaître que des malversations n'auraient pas été impossibles. Pour surveiller quelque 2 000 établissements classés en Bourgogne, ils sont six ! D'ailleurs, comment vérifier ? Lorsqu'un exploitant de décharge demande une autorisation préalable pour importer 1 000 ou 2 000 t de "matériels souillés" et qu'il fournit la liste (c'est obligatoire) des industries où il les collecte, l'administration se trouve en présence d'un palimpseste ; car une centaine de petites entreprises allemandes, du garage à la fabrique de métaux en passant par d'autres récupérateurs de déchets, figurent sur cette liste. Seifermann y ajoute ses propres déchets ! Quand on sait que ce courtier doit répondre en Allemagne de plusieurs milliers d'infractions, on peut s'inquiéter.

L'administration possède bien des doubles des bordereaux d'entrée sur la décharge. Mais comment vérifier qu'il n'y en aurait pas davantage ? Si l'exploitant introduit en cachette d'autres déchets, il n'y a guère que lui qui le sache. Et le fait qu'il ait exploité trois autres décharges en même temps ne simplifie pas les choses : il s'agit de la décharge de Dardilly, dans le Rhône, fermée en 1982, après que l'on se fut aperçu qu'une source remontait directement sous la décharge, noyant les quelque 100 000 m³ de déchets qui y avaient été enfouis ! Les deux autres sites sont le centre de Lissieu, dans la région lyonnaise, et celui de Saint-Aubin-Charolais en Bourgogne. Or, il faut savoir que l'administration française est très cloisonnée ; la DRIR de Bourgogne n'a pas autorité sur la région Rhône-Alpes. Aussi le petit jeu qui consistait à se renvoyer les déchets d'un centre à l'autre, comme ce fut notamment le cas entre Lissieu et Montchanin, ne pouvait-il que brouiller les pistes ! Les habitants de Montchanin disent que les chauffeurs de certains camions téléphonaient avant de franchir les portes de la décharge, pour ne pas risquer de tomber sur un inspecteur.

L'exploitant n'a été pris en défaut qu'à deux reprises. En 1980, un inspecteur a surpris l'enfouissement de "cartons mouillés" en dehors de l'emplacement prévu. Mais ces cartons contenaient en fait du Malathion et ne devaient à cette époque atterrir que dans l'alvéole du programme expérimental. La deuxième infraction est plus récente. C'est au cours des fouilles demandées par la population dans un endroit écarté de la décharge, dans le dessein de

retrouver les fameux 41 fûts, que l'on a extrait quelque 700 m³ de détritus divers, sur une parcelle qui n'était pas autorisée à les recevoir. Probablement a-t-on débordé un peu de la partie destinée aux ordures ménagères !

Le site est actuellement fermé, mais le danger, on l'a vu, reste présent et futur. La population, qui s'est mobilisée au sein d'une association, l'ADEM (elle a déjà bloqué la voie du TGV !), demande qu'on supprime cette décharge. Est-ce envisageable ? L'Académie nationale de médecine, consultée par le ministère de la Santé, a estimé, le 15 mai dernier, que cette solution aggraverait considérablement les nuisances durant plusieurs années. Le Conseil supérieur d'hygiène publique de France a rendu un avis similaire le 30 mai dernier. Il n'y a guère qu'aux Etats-Unis qu'on envisage de vider totalement une ancienne décharge (comme à Love Canal), soit, ici, un million de tonnes de matériaux représentant plus de 40 000 camions ! Pour Montchanin, chacun s'accorde, au sein de l'administration, à préférer la neutralisation, c'est-à-dire l'encapsulation des déchets par des coulées de béton sur les parois latérales et une couverture de toute la surface par un matériau étanche. Il faudra, bien sûr, récupérer les jus ainsi que les gaz qui pourront être brûlés par des torchères.

Même si l'élimination des déchets était possible sans risques, où mettrait-on les déchets de Montchanin ? Personne n'en veut, sans parler du coût d'une telle opération. L'ANRED (1) l'a estimé grosso modo à près de 650 millions de francs. La seconde solution, elle, réduirait le coût à environ 25 MF. Mais qui paiera ? Déblais-Service a été transformée en société à directoire et a ouvert son capital, d'abord en 1986, à la société de travail intérimaire Ecco, qui en a acquis 25 % pour 9 MF, puis fin 1987 à la société Esys, une filiale d'ELF-Aquitaine, qui s'en est réservé 35 %.

En mai 1988, la société Esys a augmenté ses parts en prenant la majorité du capital, 55 %. Tout le monde n'y a sans doute pas perdu. Mais pourquoi Esys-Elf a-t-elle acheté une décharge où les problèmes commençaient à apparaître ? A tel point qu'une visite d'inspection générale avait été demandée le 6 mai 1988 par le ministère de l'Environnement... Bref, M^r Vergès a accepté de défendre les intérêts des Montchaninois. En attendant le verdict, le préfet de Saône-et-Loire a lancé à travers le monde un appel à proposition pour la réhabilitation du site. Les entreprises intéressées ont jusqu'au 3 septembre pour se signaler. **Jacqueline Denis-Lempereur**

(1) INSA : Institut national des sciences appliquées ; cet organisme fut chargé de la surveillance du programme expérimental.

(2) DDASS : Direction départementale des affaires sanitaires et sociales.

(3) BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières.

(4) ANRED : Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets.



Votre solitude, c'est uniquement dans votre tête

Puisqu'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 pouvez connaître : découvrir des personnes dont le caractère, défini par une véritable étude psychologique, s'harmonise avec le vôtre.


La science vous passionne, un progrès dans un domaine aussi essentiel ne peut pas vous laisser indifférent.

"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).

Sur un échantillon de 6 000 personnes ayant déclaré s'être connues ainsi, on a relevé 5 fois plus de mariages réussis que dans la vie courante.

Pour recevoir une documentation complète, faites 36 15 Code ION sur votre Minitel ou retournez le coupon ci-dessous à

 Veuillez m'envoyer gratuitement et sans engagement, sous pli neutre et cacheté, votre livret d'information en couleurs.

M., Mme, Mlle

Prénom Age

Adresse

■ 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 (1000) rue du Marché-aux-Herbes 105 BP 21

Tél. : 511.74.30

■ GENEVE (1206) 4, route de Florissant.

Tél. : (022) 46.84.88.

SV 34



Ion International

UNE LIBERTÉ EN PLUS.

Pictor International

L'UNIVERS FAIT DES VAGUES

(suite de la page 19)

projet qui a de quoi donner des cheveux blancs à plus d'un physicien et d'un technicien...

Mais c'est une certitude pour tous, le jeu en vaut la chandelle. Que va-t-on découvrir dans ces télescopes d'un nouveau type ? Nul ne le sait exactement, mais, si les espoirs ne sont pas déçus, l'Univers va se montrer sous un jour nouveau et, pour la première fois, le ciel va devenir complètement transparent. En effet, comme nous l'avons dit au début de cet article, la principale source d'informations sur les phénomènes célestes est la lumière. Or, celle-ci est déviée, absorbée, retardée, déformée, dénaturée lors de son voyage à travers la matière de l'Univers. A l'inverse, les ondes de gravitation sont parfaitement insensibles à la matière et traversent l'Univers sans rien perdre de leur caractère originel et de leur information.

La question devient alors : quelle est la nature et l'originalité de ces informations ? Les scientifiques en ont une idée depuis la découverte en 1974 du système binaire PSR 1913+16. Cet objet très particulier est un système de deux étoiles en rotation l'une autour de l'autre, dont l'une est un pulsar (étoile à neutron). Cette étoile très massive tourne sur elle-même à la vitesse de 17 tours à la seconde et envoie des faisceaux d'onde radio à la manière d'un phare cosmique (voir *Science & Vie* n° 866). En mesurant avec grande précision les temps de ces clignotements, une décroissance de la période de rotation a été constatée. Restait à comprendre ce ralentissement : ce que le physicien français Thibault Damour de l'Institut des hautes études scientifiques a interprété de façon précise et rigoureuse comme une perte d'énergie due à l'émission d'ondes gravitationnelles.

Une étude qui s'impose comme la première preuve (indirecte) de la réalité des vagues de l'Univers, et par la même occasion une nouvelle confirmation de la théorie de la relativité générale. La voie est donc ouverte à l'étude des phénomènes les plus violents de l'Univers, et notamment les fameux trous noirs. Ces objets quasi mythiques sont de gigantesques concentrations de matière qui exercent une attraction si forte qu'ils se comportent comme de véritables cannibales de l'espace. Qu'une étoile vienne à passer à sa portée et la voilà irrémédiablement aspirée dans ce puits sans fond. Pourtant ces objets qui nous paraissent si familiers n'existent que sur les feuilles débordant d'équations de nos physiciens ! Ni la réalité de tels phénomènes ni à plus forte raison les mécanismes internes qui entrent en jeu n'ont pu être approchés par l'observation. L'espoir que constitue la détection d'ondes de gravitation en provenance de trous noirs est

donc immense. Pour certains il serait possible de connaître ainsi la masse et la vitesse de rotation de ces objets célestes, et d'en apprécier l'évolution. Des informations du même ordre pourront être accumulées sur les autres phénomènes violents dont nous avons parlé : supernovae, étoiles doubles ou étoiles à neutrons.

Un autre grand espoir des chercheurs concerne ce qu'on pourrait appeler le Saint Graal de l'astronomie et de la physique réunies : l'unification des quatre forces fondamentales de l'Univers. Pour résumer, disons qu'il existe quatre forces qui, à elles seules, organisent le monde tel que nous le voyons : la force électromagnétique (qui maintient les électrons autour des noyaux), la force faible (qui intervient dans la radioactivité), la force forte (qui maintient la cohésion des noyaux atomiques) et la force gravitationnelle (qui fait tomber la pomme de l'arbre et tourner les planètes autour du Soleil). Par ailleurs, les physiciens supposent que dans les tout premiers instants de l'Univers, ces quatre forces aujourd'hui distinctes n'en formaient qu'une seule.

La compréhension de cet état originel se fait par la recherche des particules qui transmettent ces forces (ou interactions). En découvrant, il y a quelques années, les bosons W et Z dans l'accélérateur européen du CERN, les physiciens ont réussi à unifier la force électromagnétique et la force faible (on parle aujourd'hui d'interaction électro-faible). Pour continuer l'œuvre unificatrice il faut maintenant découvrir la particule — baptisée graviton — censée transporter la force de gravitation. Or, les accélérateurs terrestres se révèlent impuissants devant une telle tâche. Et l'on se tourne, ici encore, vers les ondes de gravitation, car, dans la théorie de la relativité générale, le graviton ne peut être que la représentation corpusculaire d'une... onde de gravitation.

Et ce n'est pas tout ! Concernant la dernière force de l'Univers encore à élucider, c'est-à-dire la force forte, les ondes de gravitation peuvent aussi nous aider à éclaircir leur mystère. En effet, les étoiles à neutrons en formation qu'elles vont nous permettre d'observer semblent se comporter comme de gigantesques noyaux atomiques où l'interaction forte joue le rôle primordial. Les interféromètres qui doivent être prochainement construits feront donc office de véritables microscopes de l'espace, et l'Univers deviendra un laboratoire des conditions extrêmes. Un véritable rêve de physicien !

De l'infiniment petit à l'infiniment grand, la détection des ondes de gravitation semble donc nous promettre des découvertes révolutionnaires et une avancée dans la connaissance dont on ne peut dire aujourd'hui où elle va nous mener.

Jean-François Robredo

ATTENTION AU NOUVEAU RADAR ROULANT

(suite de la page 109)

mise en service de l'appareil, le feu rouge était "grillé" en moyenne 350 fois par tranche de 24 heures. Au bout de deux mois d'utilisation, il ne l'était plus "que" 150 fois. L'appareil, tout en permettant à la maréchaussée de remplir la tirelire des contraventions, avait donc joué son rôle dissuasif. Vint la période des vacances et les quelques automobilistes parisiens restants gardèrent en revanche, en septembre, la bonne habitude de respecter le feu ; ceux qui rentraient avaient oublié la présence de l'appareil : de nouveau plus de 300 infractions par jour, jusqu'à ce que la raison revienne pour faire tomber le taux à 75. Afin de vérifier l'effet "peur du gendarme", l'appareil fut volontairement déconnecté durant deux mois. Les résultats obtenus furent sensiblement identiques à ceux recueillis lors des vacances : on se remettait à griller le feu.

Le fonctionnement du Multafot est simple. Il utilise deux sources d'informations. La première provient tout simplement de l'armoire électrique de commande des feux. La tension prélevée sur le contact correspondant à la lampe du feu rouge lui indique l'instant où elle s'allume et commande donc la mise en veille. La seconde concerne la détection de passage des véhicules. Pour cela, une boucle d'induction magnétique de détection, tout à fait comparable à celles utilisées pour commander l'ouverture automatique de certaines portes de garage, est noyée dans la chaussée au niveau du passage piétons. Quand le feu est rouge, si la présence d'un véhicule est détectée sur la boucle, la photo est prise. En fait, l'appareil ne prend pas une photo mais deux. Car il se peut qu'un automobiliste se soit arrêté un peu loin mais ait néanmoins respecté le feu. En comparant les deux photos prises à une seconde d'intervalle, il sera donc facile de lever le doute et de confirmer ou non l'infraction.

Ici encore, on utilise un film photographique. Un boîtier, porté par un mât, est donc équipé de deux puissantes flashes et un appareil photographique y est logé. Tout comme dans le cas du radar, diverses indications sont gravées sur la pellicule lors de la prise de vue : nombre de véhicules en infraction, date, heure, code d'identification du carrefour, temps depuis lequel le feu était au rouge et enfin numéro de la photo. Pour faire obstacle au vandalisme, le Multafot est équipé d'un boîtier à l'épreuve des balles et placé relativement haut ; un moteur électrique permet de le faire descendre le long du mât pour toute intervention de maintenance. Interventions d'ailleurs relativement fréquentes puisque le chargeurs de film ne comporte que 450 vues et, à raison de deux photos par constat, il se vide très vite...

Henri-Pierre Penel

DIPLOMES DE LANGUES

anglais allemand espagnol italien

Visez européen !

Assurez-vous la maîtrise d'au moins deux langues étrangères, et une compétence linguistique opérationnelle, sanctionnée par des diplômes officiels :

- o Examens européens de langues
- o Chambre de Commerce Etrangères
- o Université de Cambridge

Examens, diplômes, préparation tous niveaux accessible à tous, dans toute la France... Tout est dans la documentation complète (et gratuite !) de :

LANGUES & AFFAIRES, sce 5057
35, rue Collange - 92303 Levallois.

Tél. : (1) 42.70.81.88

NOUVEAU MICRO-ESPION TX 2007

240 F
SEULEMENT

GARANTI 3 ANS

UNE OREILLE PARTOUT!

Pour tout surveiller, tout découvrir, tout savoir, à distance et discrètement.

TRÈS SIMPLE : une pile 9 volts à brancher, c'est tout !

Dès lors, il émet pour vous

TRÈS DISCRET : très petit, sans fil, sans antenne si nécessaire, fonctionne sans bruit.

TRÈS EFFICACE : il vous retransmet en direct tous les bruits, les conversations de l'endroit où il est placé. Vous recevez cette émission à distance (jusqu'à 5 kms et plus !) sur un **SIMPLE POSTE DE RADIO** en FM, auto-radio, radio K7, walkman FM, chaîne stéréo, etc., et vous entendez tout, tout !

Capte un chuchotement à 10 m

TRÈS, TRÈS UTILE... pour surveiller enfants, malades, magasins, bureaux, maisons, garages, et résoudre tous les problèmes de vols, détournements, extorsions, etc.

UNE VRAIE RADIO-LIBRE (20 kms) : documentez-vous, renseignez-vous, soyez à l'écoute de tout.

TECHNIQUE : fréquence 88-108 Mhz - Alimentée en 9V 3 volts uniquement

Pile 9 volts

Air 30 F

ESSAYEZ VITE CET APPAREIL, MEILLEUR RAPPORT QUALITÉ-PRIX : plus de 100 000 APPAREILS VENDUS À CE JOUR

(nous sommes fabricants, nous fournissons administrations, police, armée, ambassades, directives, garderies, tous professionnels, etc.)

COMMANDEZ AUJOURD'HUI

BON DE COMMANDE CI-DESSOUS

Par téléphone 24 h/24 **91 92 39 39** - Téléphone **91 42 14 35** - Télécopie **402 440** - Email **discret et rapide**, **RECOMMANDÉ** M7

Par correspondance. **BON DE COMMANDE**

à découper ou recopier et retourner vite à :

Laboratoires PRAGMA - BP 26 - 31 Rue Jean-Marlin - 13351 Marseille Cedex 5

NOM : _____
PRENOM : _____
ADRESSE : _____
CODE POSTAL : _____ VILLE : _____
PAYS : _____
SV 08 90

☐ Oui, envoi immédiat TX 2007 (préciser quantité) au prix unitaire de 210 F + 15 F recommandation urgent
☐ _____ Prix 9 volts (à inclure) au prix de 20 F l'unité
☐ Joignez votre catalogue complet 100 produits originaux au prix de 20 francs
☐ C'est un règlement du total _____ francs par
☐ FACTURE SVP
☐ C'est un ☐ Mandat Ligne ☐ Mandat International + 30 F
☐ Exécutez-le moi en CONTRE-REMBOURSEMENT
Je paie de 25.00 F es d'us du facteur

EXTRATERRESTRES, FAITES-NOUS UN SIGNE !

(suite de la page 23)

de la bioastronomie : la détection de signaux intelligents provenant d'une civilisation avancée. L'ensemble des bioastronomes sont confiants : tôt ou tard nous en recevrons. Les participants ont fait état de progrès dans deux axes de cette branche.

En premier, l'accroissement des moyens de détection. Le programme d'écoute Mega SETI est bien avancé et démarrera comme prévu en octobre 1992. Par rapport aux moyens actuels, Mega SETI représente une sensibilité accrue d'un facteur 100 et un nombre de canaux "écoutés" multiplié par 10 000 ! Autrement dit, dès les trois premières minutes de sa mise en service, on recueillera autant d'informations que tout au long des trente dernières années !

Le récepteur à 10 millions de canaux est en construction ; déjà les maquettes de laboratoire fonctionnent. Le premier récepteur sera mis en place sur le grand télescope d'Arecibo à Porto Rico, et on étudie une collaboration franco-américaine pour en installer un second au grand radiotélescope de Nançay. Les études en cours visent maintenant, d'une part, à déterminer quelles fréquences choisir pour avoir un maximum de chances, d'autre part à peaufiner les programmes informatiques des ordinateurs qui auront la charge de trier les signaux reçus pour en extraire celui qui ne serait pas d'origine naturelle. Notons que l'un des grands soucis des bio-radioastronomes reste les parasites d'origine terrestre, qui s'accroissent exponentiellement, dus aussi bien aux émissions des fours à microondes qu'aux multiples satellites de télécommunication.

Second axe de progrès : l'extension du nombre de programmes de recherche SETI (*Search for Extra Terrestrial Intelligence*, recherche d'une vie extraterrestre intelligente). Plus de 60 ont été recensés dans le monde, confirmant ainsi que la bioastronomie est sortie du ghetto où elle se trouvait dans le passé et qu'elle fait figure désormais de science à part entière.

Et s'ils existent vraiment... Depuis le symposium de Lanslevillard, la bioastronomie s'est enrichie d'un sixième secteur, consacré à l'aspect ... sociologique de la question. En d'autres termes : que faire en cas de découverte d'un signal intelligent ? La confiance dans les programmes SETI et Mega SETI est si grande que les bioastronomes ont été amenés à se demander très sérieusement ce qu'il conviendrait de faire en pareil cas. Comment annoncer la nouvelle ? Par qui ? A qui ? Ces questions ont désormais une réponse. Un protocole a été mis au point et agréé par l'Académie internationale d'astronautique, l'Union astronomique internationale et l'Institut international des lois de l'espace (**voir encadré**

p. 22). La commission 51 de bioastronomie travaille désormais à accroître le nombre de signataires de ce protocole et aussi à l'établissement d'un autre protocole, visant à décider ce qu'il conviendra de faire après la découverte : doit-on répondre au signal et, si oui, que dire ?

Pour Jean Heidmann, bioastronome français et organisateur de ce symposium, l'important est maintenant de mettre sur pied un réseau mondial de surveillance, capable de démarrer dès la détection du premier signal. Il conviendra en effet, à ce moment-là, d'enregistrer le signal en permanence sans en perdre une seconde. L'idée est lancée ; il faut qu'elle aboutisse d'ici à 1992.

Il restera, bien entendu, à interpréter le message. La plupart des bioastronomes pensent que cela ne devrait pas poser de problème. Aussi le mot de la fin revient-il sans doute à Ben Finney, du département d'anthropologie de l'université d'Hawaï, qui fit remarquer que la modestie est de rigueur là aussi, car, jusqu'à présent, on n'a toujours pas réussi à traduire l'écriture de la civilisation primitive de l'île de Pâques, pourtant de race humaine ! A l'invitation de Frank Drake, le père de la bioastronomie, le prochain symposium se réunira en 1993, en Californie, un an après le démarrage de Mega SETI. Souhaitons que ce soit pour faire le point sur la découverte du premier signal !

Yves Delaye

4 000 CADRES POUR L'AGRO-ALIMENTAIRE

(suite de la page 119)

En marge de la recherche appliquée (nouveaux produits, contrôle, procédés techniques, emballage, conservation), les plus grosses firmes mènent des programmes de recherche fondamentale. Unilever (Pays-Bas) étudie, par exemple, le rôle des acides gras essentiels dans la prévention des maladies cardio-vasculaires. Fait nouveau, les coopératives, jusqu'à présent peu portées à faire de la recherche, se mettent elles aussi à recruter des chercheurs.

D'autres fonctions tendent à se développer, comme la logistique, qui réduit les délais d'acheminement des produits, tout en améliorant leur qualité. Les logisticiens se recrutent parmi les ingénieurs et les diplômés des écoles de commerce.

Les entreprises n'hésitent pas à faire appel à de jeunes diplômés : en 1989, ceux-ci ont représenté 28 % du recrutement des cadres. A noter qu'ils sont surtout embauchés par les entreprises de plus de 1 000 salariés, où ils représentent un tiers des nouvelles recrues. Les salaires proposés peuvent être inférieurs à ceux des autres secteurs industriels. C'est pourquoi l'APEC se plaint d'avoir parfois du mal à intéresser les candidats. **Isabelle Bourdial**

• Rendez-vous en octobre pour les métiers de l'informatique.

LA MYSTIQUE BIOLOGICO-MARINE

(suite de la page 53)

per le choléra. Goureviev renchérit : les enfants nés dans la mer nagent au milieu de la tempête protégés par les dauphins. Ils sont ouverts et généreux. Etc. Quand on a une audience de croyant, il n'y a pas de limite à l'inspiration...

Pour l'instant, aucune observation sérieuse, aucune statistique ne vient appuyer ces balivernes. Ce qui, pour elles, est le meilleur moyen d'échapper à toute évaluation de caractère scientifique. Les journées de Fontevault ont, du reste, vu d'autres dérapages. L'illustre Jacques Benveniste était là : la mémoire de l'eau fait bon ménage avec l'eau accoucheuse. Un universitaire de Novosibirsk, V্লাй Kaznatchiev, féru de parapsychologie, a relaté ses expériences de transmission extrasensorielle. Des bactéries qu'il cultive en bocal étanche contaminent des bactéries enfermées dans un autre bocal séparé du premier par une lame de verre...

Dans *L'Eau et les rêves*, le philosophe des sciences Gaston Bachelard a décrit les fantasmes que l'élément liquide fait jaillir des profondeurs de notre cerveau. S'il avait pu les connaître, la mémoire de l'eau et les primates aquatiques auraient enrichi sa réflexion. Vue dans une perspective sociopsychologique, la méthode Tcharkovski est assurément digne d'étude. Ce qui ne peut faire oublier les inquiétudes que suscite son éventuelle diffusion, liée à une exploitation médiatique et à une publicité bien organisées. Ses protagonistes ont voulu rapprocher l'immersion forcée des nouveau-nés et des tout jeunes bébés, avec de longues périodes d'apnée, de l'apprentissage précoce de la natation tel qu'il est pratiqué par la FNNP (Fédération nationale de la natation préscolaire). Dans la revue *Aquatica*, un des responsables de la fédération, le psychologue de l'enfance Daniel Zylberberg, qui a assisté l'an dernier au colloque de Londres, démolit cette imposture. Les enfants du *Grand Bleu*, écrit-il, sont effectivement bleus, « bleus de peur, bleus de pleurs et d'asphyxie limite... Ces pratiques ne reposent sur aucune base, ni scientifique ni pédagogique. Toutes les pédagogies autoritaires, directives et violentes, forment des individus souvent agressifs, parfois inhibés, très sûrement névrosés et rarement heureux... En présentant Tcharkovski, Michel Odent disait de lui qu'il est comme un mythe, une légende, un rêve. Après avoir vu son travail, après l'avoir entendu, ce rêve pourrait devenir un cauchemar. Tcharkovski doit être rangé au rayon des mauvais bateleurs, faiseurs de tours de force et d'escamotage ».

Michel Rouzé

(1) Tout le monde peut louer ces amphithéâtres : 3 000 F la séance pour l'amphi de 200 places ; 13 000 F pour celui de 2 000 places.

UNE ÉNIGME SOUS LA MÉDITERRANÉE

(suite de la page 66)

reliefs importants, ont pu être, eux, des déserts de sel pendant une période assez longue. On pense aujourd'hui que l'intermittence de l'alimentation en eau océanique semble plutôt liée aux fluctuations du niveau des océans qu'aux facteurs tectoniques. A chaque apport océanique, doit-on imaginer de soudaines et gigantesques Niagars ou seulement des crues de certaines "rivières" marines ?

Vers la fin du Messinien, le domaine méditerranéen, encore isolé, se serait transformé en lac-mer, conséquence des apports d'eau douce liés certainement à l'intensification des pluies. Enfin, les communications entre la Méditerranée et l'Atlantique ont été brutalement et définitivement rétablies. Une formidable inondation qui devait reformer "la plus bleue des mers" pour le bonheur, d'actualité, de 82 millions de riverains permanents et de 120 millions d'estivants.

Aujourd'hui, la Méditerranée paraît stable. Mais, sous l'influence du mouvement des plaques continentales, elle se recroqueville doucement entre l'Afrique et l'Europe.

Muriel Martineau

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 7105, 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois, Tél. : (1)42.70.73.63



BON D'INFORMATION GRATUITE

à compléter et retourner à ICF, service 7105
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Veuillez m'envoyer à l'adresse ci-dessous, la documentation complète sur votre méthode.

Nom :

Adresse :

.....

NOUS SOMMES TOUS DES SYMBIOTES

(suite de la page 29)

Margulis, élue membre de la prestigieuse National Academy of Sciences, est entrée dans les rangs des grands théoriciens de la biologie. En tant que tel, elle n'hésite pas à se lancer dans des spéculations hardies. La symbiose, dit-elle, continue d'être un puissant moteur de l'évolution. Tout comme le développement du système nerveux a permis un haut niveau de collaboration entre les descendants des premiers microbes, la science et la culture humaines ont permis aux systèmes nerveux individuels de se rejoindre dans un groupe synergétique, qui a donné lieu à l'émergence de la technologie moderne. Et ce n'est pas fini.

En septembre prochain, huit personnes vont s'installer dans "Biosphère II", en écosystème clos, sorte de serre fermée installée dans l'Arizona, pour y vivre pendant deux ans en isolation physique complète de l'écosystème terrestre (2). L'objectif annoncé est de créer une capsule autonome qui permettrait à la vie humaine d'ensemencer d'autres planètes du système solaire.

L'idée n'est pas nouvelle. "Biosphère II" est une "propagule", fondamentalement semblable au spore bactérien conçu par la nature pour affronter un environnement hostile et y transporter la vie, c'est-à-dire les gènes. L'homme moderne n'est pas le premier à lancer des propagules. Cela fait partie de la stratégie de la vie depuis des centaines de millions d'années.

Alexandre Dorozynski

(2) Voir *Science & Vie* n° 854, p. 38 : "Biosphère II, planète de poche".

L'INFORMATIQUE DE LA LOGIQUE FLOUE

(suite de la page 49)

Dans des domaines plus proches de nos préoccupations habituelles, on peut noter une transmission automatique et un anti-blocage de freins chez Nissan, un zoom autofocus chez Canon ou un contrôleur de trafic chez Matsushita ; ce dernier a même réinventé l'eau tiède avec un mélangeur chaud/froid à logique floue qui permet de se doucher sans jamais se glacer le dos ni se brûler les doigts.

Bien entendu, les Américains ont maintenant pris en marche le train qu'ils avaient lancé et plusieurs constructeurs se sont mis à la logique floue. C'est ainsi que la toute nouvelle société Infralogic a mis sur le marché une unité centrale de calcul (FC110) qui comprend le microprocesseur, la banque de données, le compilateur et l'interpréteur, le tout conçu et créé pour la logique floue. L'ensemble se programme d'ailleurs en langage C-Flou. C'est donc une carte polyvalente, adaptative et extrêmement souple.

Le Microelectronics Center, en Caroline, a de son côté mis au point un microprocesseur dont les 680 000 transistors peuvent traiter 580 000 inférences de logique floue par seconde, ce qui constitue, à l'heure actuelle, un record de vitesse. Et il faut ajouter que, si la NASA, par exemple, s'intéresse à ces microprocesseurs, le plus gros client reste le Japon.

En pratique, les processeurs à logique floue s'imposent peu à peu dans toutes les applications où ce qu'on peut appeler le tour de main, au sens propre, reste très difficile à remplacer par un ordinateur conventionnel. C'est donc surtout dans la robotique et le contrôle des machines — y compris celles de l'électroménager — qu'ils trouvent leur pleine utilité.

Jusqu'ici, les systèmes de contrôle en temps réel (c'est-à-dire réagissant à l'instant même pendant tout le déroulement des opérations) se heurtaient toujours à la barrière des performances : à quelle vitesse le système peut-il répondre à la donnée d'entrée avec la donnée de sortie appropriée ? Or, la logique floue améliore considérablement les performances d'un système informatique, ne serait-ce que parce qu'elle accepte aussi bien les entrées ou sorties numériques que les analogiques.

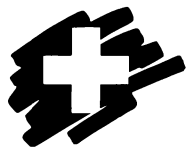
Par ailleurs, elle simplifie beaucoup l'architecture du système et permet d'avoir un contrôle des machines plus précis tout en utilisant à l'entrée des capteurs moins précis et donc meilleur marché. De plus, le contrôle obtenu se révèle plus doux, plus fin et plus efficace. Finalement, le résultat se rapproche donc de ce que feraient deux mains commandées par une tête bien faite, ce qui suffit amplement à justifier l'intérêt de cette formule.

Renaud de La Taille

PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas).

Couverture : S. Brugnier/Ciel et Espace ; p. 2/3 : L. Douek - I. Python - DR - Bellavia/Réa - G. Rivet - M. Payonard/Rapho - NAI/Ciel et Espace - Canadair ; p. 11 : NASA/JPL ; p. 12/13 : I. Correia d'après NASA ; p. 14/15 : I. Correia ; p. 17 : DR ; p. 18 : P. Giger - DR ; p. 19 : DR ; p. 21 : AAT/Ciel et Espace ; p. 22 : R. Sabatier ; p. 23 : Maurette/Ciel et Espace - A. Cirou/Ciel et Espace ; p. 25 : ND-Violet ; p. 26 : Department of Biology Boston ; p. 27 : R. Howard ; p. 28/29 : D. Roussel - A et J. Six ; p. 30/31 : R. Bellone - M. Danegger/Jacana ; p. 32/33 : I. Python ; p. 34/35 : J.M. Labat/Jacana - G. Lacz/Sunset ; p. 36 à 39 : I. Python ; p. 40/41 : W. Coupon/Courtesy of J. Hopkins ; p. 42 à 45 : C. Witt-Deguillaume ; p. 47/49 : R. Sabatier ; p. 50 : V. Bagrianski/Actuel - Krasemann/Sunset ; p. 53 : Bagrianski/Actuel - Ivaldi/Jerrican ; p. 54/55 : J. Guillard/Scope - G. Rivet ; p. 56 à 59 : I. Correia ; p. 60/61 : Pelletier-Lattes/Gamma - Jacana ; p. 62 à 65 : I. Correia ; p. 66 : P. Lestienne ; p. 67 : DR ; p. 69 : F. Perri ; p. 70/71 : J.P. Roset/Orstom - Lajoux/Rapho ; p. 75 : Jacana ; p. 77 : DR ; p. 80 à 83 : C. Lacroix ; p. 85 : Boeing ; p. 86/87 : C. Lacroix ; p. 89 : Canadair ; p. 90/91 : M. Soler ; p. 92/93 : R. Dufour - DR ; p. 95 : Damoret/REA - R. Dufour ; p. 97 : DR ; p. 99 à 105 : N. Papamiliadès - DR ; p. 106/107 : L. Douek ; p. 109 : Préfecture de Police ; p. 113 : A. Hart-Davis/Science Photo Library ; p. 114/115 : I. Python ; p. 117 : R. Sabatier ; p. 121 : M. Toscas/Gal 27 ; p. 122 à 124 : M. Roux-Saget ; p. 127/129 : M. Toscas/Gal 27 ; p. 130 à 133 : M. Roux-Saget ; p. 134 à 137 : M. Toscas/Gal 27 ; 142 à 145 : E. Malemanche - DR.



MEDECINS SANS FRONTIERES I R A N

APRES LA GUERRE, LA TERRE EN COLERE.

Il faisait nuit lorsque la première secousse a bouleversé l'Iran.

A Paris, on ne parlait alors que de 700 morts.

D'heure en heure, le bilan s'est alourdi. Il s'alourdira encore: des morts, plus de 10 000 aujourd'hui, et **des centaines de milliers de blessés**, de personnes qui se retrouvent au milieu des décombres. Des villes entières sont tombées. **La terre est en colère.**

Dès minuit, jeudi 21 juin, Médecins Sans Frontières a envoyé des équipes sur place.

Vendredi, **deux avions sanitaires spéciaux affretés par Médecins Sans Frontières sont arrivés en Iran**, avec à leur bord:

- 50 tonnes de matériel de secours
- 25 Médecins Sans Frontières.

Médecins Sans Frontières est déjà aux côtés des victimes qui manquent de tout: soins, abris, eau potable. **La terre est en colère.**

POUR SOIGNER, NOUS AVONS BESOIN DE VOUS

AIDEZ-NOUS EN ENVOYANT VOS DONS A:

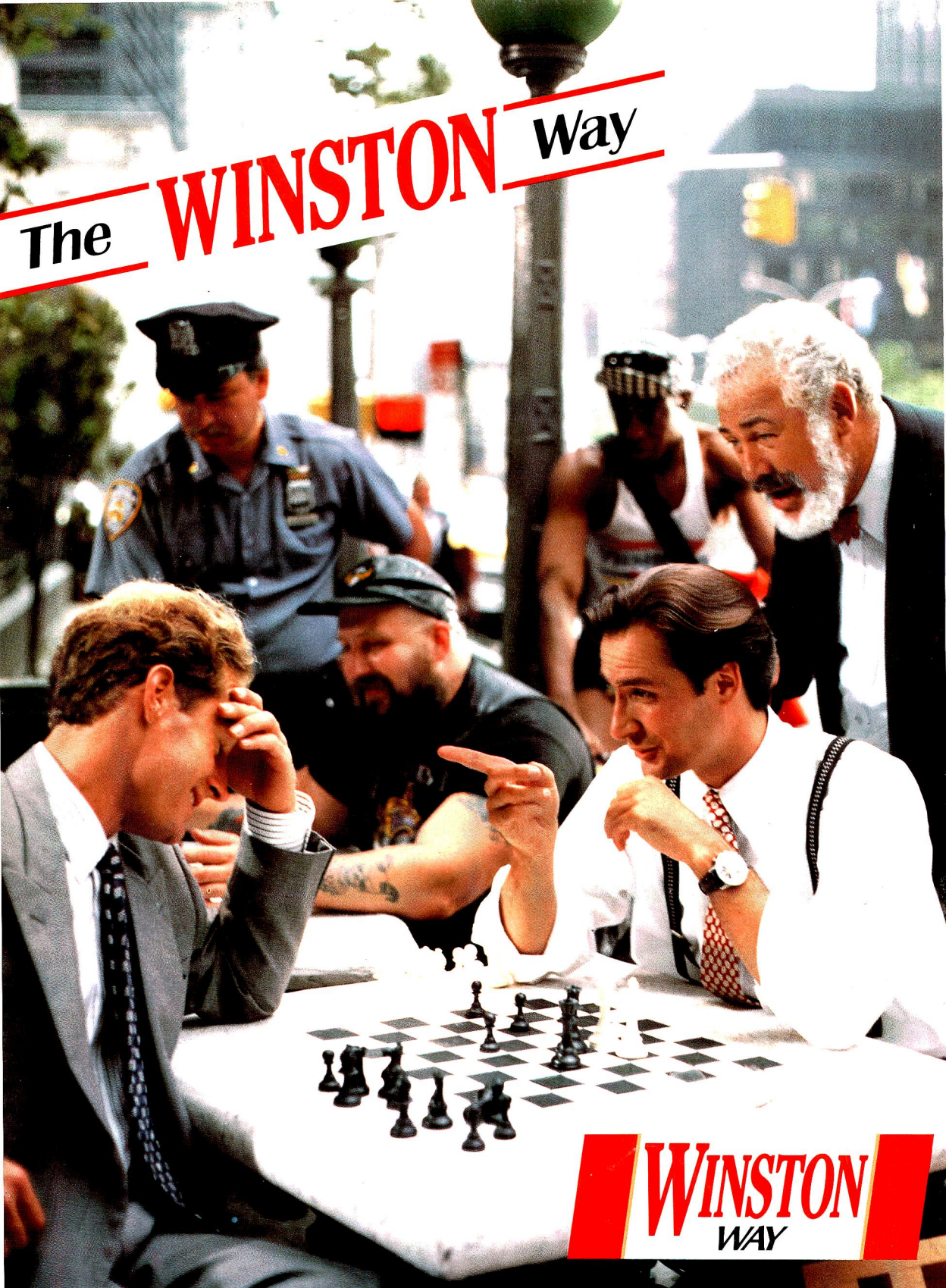
MEDECINS SANS FRONTIERES
OPERATION IRAN
8, RUE SAINT SABIN - 75011 - PARIS

NOM - PRENOM :

ADRESSE:

MONTANT DE VOTRE DON:

CCP 4060 U PARIS OU PAR CARTE BANCAIRE SUR MINITEL: 36 15 CODE MSF



The **WINSTON** Way

WINSTON
WAY

36.15 WINSTON. LA VILLE SUR LE BOUT DES DOIGTS.